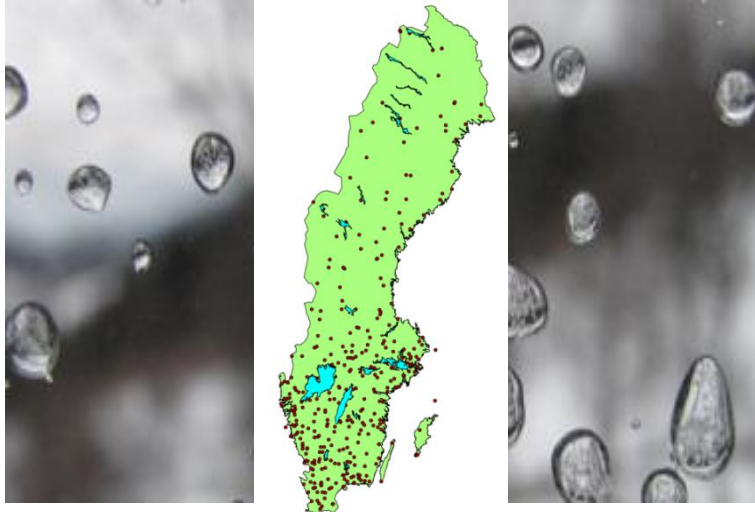


## Trender i kvävenedfall över Sverige 1955-2011



Författare: Karin Hansen, Gunilla Pihl Karlsson, Martin Ferm, Per Erik Karlsson, Cecilia Bennet<sup>1</sup>, Lennart Granat<sup>2</sup>, Veronika Kronnäs, Claudia von Brömssen<sup>3</sup>, Magnuz Engardt<sup>1</sup>, Cecilia Akselsson<sup>4</sup>, David Simpson<sup>5</sup>, Sofie Hellsten, Annika Svensson

B2119  
Oktober 2013

<sup>1</sup>SMHI

<sup>2</sup>Privatperson, tidigare MISU

<sup>3</sup>Sveriges lantbruksuniversitet (SLU)

<sup>4</sup>Lunds universitet (LU)

<sup>5</sup>Meteorologisk Institutt (Norge) & Rymd- och geovetenskap, Chalmers

Rapporten godkänd

<p><b>Organisation</b> IVL Svenska Miljöinstitutet AB</p>	<p><b>Rapportsammanfattning</b></p>
<p><b>Adress</b> Box 21060 100 31 Stockholm</p>	<p><b>Projekttitel</b> Trendanalyser för kvävenedfallet över Sverige – underlag för miljömålsarbetet</p>
<p><b>Telefonnr</b> 08-598 563 00</p>	<p><b>Anslagsgivare för projektet</b> Naturvårdsverket</p>
<p><b>Rapportförfattare</b> Karin Hansen, Gunilla Pihl Karlsson, Martin Ferm, Per Erik Karlsson, Cecilia Bennet, Lennart Granat, Veronika Kronnäs, Claudia von Brömssen, Magnuz Engardt, Cecilia Akselsson, David Simpson, Sofie Hellsten, Annika Svensson</p>	
<p><b>Rapporttitel och undertitel</b> Trender i kvävenedfall över Sverige 1955-2011</p>	
<p><b>Sammanfattning</b> Se nedan</p>	
<p><b>Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren</b> Nederbörd, kvävenedfall, trender över tid, våtdeposition, torrdeposition, framtida mätningar</p>	
<p><b>Bibliografiska uppgifter</b> IVL Rapport B2119</p>	
<p><b>Rapporten beställs via</b> Hemsida: <a href="http://www.ivl.se">www.ivl.se</a>, e-post: <a href="mailto:publicationservice@ivl.se">publicationservice@ivl.se</a>, fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm</p>	

# Innehållsförteckning

Innehållsförteckning .....	1
Förord.....	2
Sammanfattning.....	3
Abstract.....	6
1. Bakgrund .....	9
2. Syfte och mål.....	10
3. Våtdeposition till öppet fält .....	11
3.1 Tidsserier av nederbördsmätningar 1955-2011 .....	11
3.2 Insamling, analys och kvalitetskontroll av nederbördsdata .....	11
3.2.1 Insamling av nederbördsprov .....	11
3.2.2 Analys av kväve i proven.....	13
3.2.3 Kvalitetskontroll av nederbördsdata .....	14
3.3 Kvävenedfall i nederbörd inom olika regioner.....	15
3.4 Orsaker till trender i våtdepositionen.....	18
4. Torrdeposition till skogen .....	19
4.1 Mätningar av det totala kvävenedfallet till skog .....	20
5. Kvävenedfall uppskattad med MATCH-modellen .....	23
5.1 Beskrivning av MATCH-modellen.....	23
5.2 Jämförelse mellan MATCH och observationer.....	26
5.3 Våt- och torrdeposition 1960-2011 .....	30
6. Trender i kväveemission och kvävenedfall .....	32
6.1 Trender i kväveemission och kvävedeposition - litteraturen.....	32
6.1.1 Trender i kväveemission i övriga Europa .....	32
6.1.2 Trender i kvävedeposition i övriga Europa .....	34
6.2 Statistisk analys av trender - metod .....	36
6.3 Trender i våtdeposition .....	36
6.3.1 En översikt av de statistiska analyserna.....	36
6.3.2 Analys av kvävenedfall 1955-1989.....	37
6.3.3 Analys av kvävenedfall 1990-2009.....	43
6.4 Trender i MATCH-modellerade data.....	48
7. Variation mellan stationer inom de tre områdena .....	52
8. Diskussion .....	55
9. Slutsatser .....	60
10. Rekommendationer för övervakningen .....	61
11. Referenser .....	64
Bilaga 1 – Mätplatser och tidsperioder.....	68
Bilaga 2 – Kvalitetskontroll och borttagning av avvikande mätplatser i äldre data .....	70
Bilaga 3 – Stationsvis nederbördsmängder .....	71
Bilaga 4 – Resultat från statistiska Mann-Kendallanalyser.....	72
Bilaga 5 – Statistisk analys av MATCH-data.....	78
Bilaga 6 – Statistisk analys med SMHI-nederbörd .....	80
Bilaga 7 – Namn, region, nätverk och län på mätstationer.....	82

## Förord

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, härnäst kallat IVL, har på uppdrag av Naturvårdsverket (miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning*) utfört projektet ”Trendanalyser för kvävenedfallet över Sverige – underlag för miljömålsarbetet”. I projektet har även SMHI, SLU, Lunds universitet, Chalmers och Norges Meteorologisk Institutt deltagit. Projektet initierades våren 2013.

I uppdraget har ingått att samla alla svenska data vad gäller nederbördskemiska mätningar för åren 1955 till 2011 samt att analysera eventuella trender för kvävenedfallet med nederbörden över Sverige. Parallellt har våt- och torrdeposition av kväve beräknats med MATCH-modellen för alla aktuella mätstationer och jämförts med mätdata. Trender över tid för både mätdata och modellerade data har utvärderats statistiskt med Mann-Kendall metodik. En litteratursökning där övriga arbeten vad gäller trendanalyser av kväveemissioner och depositioner i Europa sammanfattats har även genomförts i projektet. Framtida utvecklingsbehov för att uppskatta kvävenedfallet till Sverige på bästa tänkbara sätt diskuteras kortfattat i relation till utvärdering av miljökvalitetsmålen.

Stockholm 2013-11-01

Björne Olsson  
Enhetschef,  
Naturresurser & Miljöeffekter

## Sammanfattning

IVL har i samarbete med SMHI, Sveriges lantbruksuniversitet, Norges Meteorologiska Institut, Chalmers samt Lunds universitet utfört trendanalyser av kvävenedfallet med nederbörden över Sverige. Även trender i torrdepositionen av kväve har i en begränsad omfattning analyserats. Uppdraget har finansierats av Naturvårdsverket, med syfte att förbättra underlaget för att följa upp miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning*.

En ny, unik databas har etablerats, innehållande nederbördsmängder och -kemi för alla tidigare mätningar inom Sveriges gränser. Databasen sträcker sig tillbaka till 1955 och innehåller mätningar av våtdeposition för 362 mätplatser i Sverige. Beräkningar har gjorts av kvävenedfallet med nederbörden, både för nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) och ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), baserat på uppmätta koncentrationer samt månadsvisa nederbördsmängder, dels uppmätta i stationsnäten, dels inhämtade från SMHI.

Parallellt har kvävenedfallet uppskattats med MATCH-modellen med två olika simuleringar. En del av detta arbete har utförts i ett separat projekt "Återanalys av beräknad kvävedeposition med MATCH modellen" (överenskommelse Nr. 501 1213) som SMHI har utfört på uppdrag av Naturvårdsverket och denna rapport omfattar även slutrapportering av detta projekt. I denna studie har inte den så kallade "Sverigemodellen" av MATCH (som används av SMHI inom miljöövervakningen) använts utan MATCH-modellen har använts i två olika simuleringar utifrån olika uppskattningar av klimat och emissioner.

Resultaten från mätningarna av kvävenedfall med nederbörden i tre områden av Sverige (norra, sydöstra och sydvästra Sverige) visar att våtdepositionen av oorganiskt kväve ( $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ ) i dagsläget är högre än nedfallet vid starten av mätningarna år 1955. Observationerna visar tydligt att variationen mellan både mätplatser och år är stor inom regionerna. Data behövs därför från tillräckligt många stationer för att representera de stora variationerna mellan åren och mätplatserna.

På grund av icke-monotona trender i nedfallsdata har observationer och modellresultat analyserats med Mann-Kendall metodik för en rad konsekutiva 10- och 20-årsintervall inom perioden 1955 till 2011.

Nedfallet av oorganiskt kväve ( $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ ) med nederbörden till Sverige ökade på ett statistiskt säkerställt sätt under 20-årsperioden 1970-89 i sydvästra Sverige, men inte i övriga regioner. Under perioden 1970-89 finns en säkerställd ökning av nedfallet av  $\text{NO}_3^-$  för norra Sverige, men detta grundar sig på resultat från endast en mätplats. Koncentrationerna av kväve i nederbörden förändrades inte under perioden, däremot ökade nederbördsmängderna både i norra och sydvästra Sverige, vilket kan förklara det ökade kvävenedfallet. För perioden före 1970 finns endast 10-årsperioder analyserade. Under perioden 1960-69 fanns en säkerställd ökning av nedfallet av oorganiskt kväve i sydvästra Sverige. Dessutom ökade  $\text{NO}_3^-$  och  $\text{NH}_4^+$  var för sig under olika perioder i sydvästra och sydöstra Sverige. Det är säkerställt att dessa tidigare öknings av kvävenedfallet i huvudsak berodde på en ökad koncentration i nederbörden, inte på ökade nederbördsmängder.

Under 20-årsperioden 1990-2009 skedde ingen statistiskt säkerställd förändring av nedfallet av olika kväveformer med nederbörden, varken i norra eller sydvästra Sverige. I sydöstra Sverige minskade nedfallet med nederbörden av olika kväveformer däremot på ett statistiskt säkerställt sätt. Koncentrationerna av oorganiskt kväve i nederbörden minskade under 20-årsperioden i både sydvästra och sydöstra Sverige. Denna minskning av koncentrationerna skedde under perioden 1990-99. Det finns inga säkerställda förändringar av nederbördsmängderna under perioden 1990-

2009. För de två enskilda 10-årsperioderna under 1990-2009 erhöles inga statistiskt signifikanta trender vad gäller kvävenedfall i de tre områdena.

Det samlade nedfallet av kväve innefattar förutom nedfallet med nederbörden även torrdeposition. Torrdepositionen, uppskattad med två olika metoder (MATCH-modellen och strängprovtagare), beräknas i nuläget uppgå till 30 % av den samlade kvävedepositionen i sydvästra Sverige men minskar i andel mot norra Sverige. För vissa biologiskt inaktiva ämnen kan beräkningar av nettokrondropp, det vill säga krondropp subtraherat med våtdepositionen, ge ett mått på torrdepositionen. Torrdepositionen av kväve går dock inte att uppskatta rakt av med denna metod, eftersom det sker ett upptag av kväve direkt i trädkronorna. Kväve från deposition kan dessutom omvandlas redan i trädkronorna från en form till en annan, vilket gör att det krävs att även organiskt kväve analyseras i nedfallsproverna. Under antagandet att trädkronornas direkta kväveupptag varit konstant under mätperioden, visar en analys av nettokrondroppet av kväve, inklusive organiskt kväve, inga belägg för att torrdepositionen av kväve förändrats på ett betydande sätt under de senaste 12 åren. Om man istället antar att trädkronornas direkta kväveupptag minskat, skulle dock även torrdepositionen ha minskat. Specifika mätningar av torrdepositionen av kväve har bedrivits under en period 2003-08, samt startats upp igen 2013. Dessa mätningar har dock ännu bedrivits under för kort tid för att trender i det samlade kvävenedfallet (torr- + våtdeposition) skall kunna analyseras. Sammantaget ger tillgängliga empiriska data inga belägg för att den totala depositionen av kväve, inklusive torrdepositionen, har minskat under de senaste 12 åren. Trender i torrdepositionen bestämd med MATCH-modellen har inte utvärderats i denna studie.

Trender i kvävenedfall beräknade med MATCH-modellen är till mycket stor del styrda av trender i de emissioner som används av spridningsmodellen. Den ena MATCH-simuleringen (TRENDMATCH) har använt indata från observerad meteorologi tillsammans med emissioner bestämda inom EMEP-programmet (The European Monitoring and Evaluation Programme) medan den andra (KLIMATMATCH) använder meteorologi från en klimatmodell och emissioner sammanställt för Representative Concentration Pathway 4.5 (RCP4.5). Den med TRENDMATCH modellerade depositionen visar nedåtgående trender för såväl  $\text{NO}_3^-$  som  $\text{NH}_4^+$  från 1990 till 2009 i alla regioner. Resultaten från KLIMATMATCH visar inte lika tydliga trender, beroende på att de historiska emissionerna i RCP4.5 databasen både visar upp- och nedåtgående trender för perioden. Jämförelsen mellan trender i observerade mätdata och TRENDMATCH visar att trenderna i modellerade data har starkare signifikanser och, för vissa stationer, visar starkare nedgång jämfört med observerade data. Det kan bero på en mindre variation i modellerade data (som representerar medelvärden för modellerade rutor över Sverige), jämfört med observerade (som visar nedfallet på en viss bestämd plats), men det kan också bero på ofullständiga processer i modellen som påverkar beräkningarna av kvävenedfallet över Sverige eller, slutligen, på brister i indata.

De till stor del uteblivna generella, statistiska trender i kvävenedfall med nederbörden i Sverige stöds av jämförbara resultat från studier från övriga Europa. Litteraturgenomgången visar att nedfallet av kväve med nederbörden oftare är oförändrat än minskande vid mätplatser i Europa under den senaste tjuoårsperioden.

Med undantag för sydöstra Sverige finns det ingen generell statistiskt signifikant nedgång av kvävenedfallet med nederbörden över Sverige de senaste 20 åren, trots att koncentrationerna av kväve i nederbörden har minskat och nederbörden i sig inte har ökat signifikant under samma period. Detta kan bero på att minskningen i kvävekoncentrationerna är liten i förhållande till mellanårsvariationen, i synnerhet vad gäller variation i nederbördsmängder eller att kvävenedfallet inte har minskat signifikant, trots rapporterade minskande emissioner. Det kan också bero på att kväveemissionerna från de källor som är av vikt för kvävenedfallet över Sverige inte har minskat i

samma utsträckning som för Europa som helhet, eller på att de tidsserier för emissionsberäkningar som görs i olika länder inte är konsistenta eller korrekta. Det kan dessutom vara så att stationsnätet som utgör basen för övervakningen är för glest, för att svaga trender ska kunna urskiljas ur de naturliga mellanårsvariationerna. Ett glest stationsnät gör också att generella trender i nedfall inom mindre områden (exempelvis på länsnivå) inte kan analyseras eftersom det blir för få mätstationer i varje län för att täcka upp variationen i länet. Det rekommenderas att länen använder sig av resultaten från den nationella regionuppdelningen (norra, sydöstra och sydvästra Sverige) samt eventuellt av enstaka stationer i länet som exempel, när kvävenedfallet i länet ska belysas. Länen bör i framtiden samverka och bidra till att omfattningen på mätningarna blir tillräcklig för att bedöma tidsutvecklingen av kvävenedfallet i det egna länet.

Det finns ett stort behov av mer forskning inom området kvävedeposition. De atmosfärskemiska förhållandena har förändrats på ett dramatiskt sätt under den senaste 20-årsperioden, med en kraftigt minskande förekomst av svavel i atmosfären. Detta påverkar i vilka former som kväve transporteras och därmed dess uppehållstid i atmosfären och hur långt de transporteras. Ytterligare metodutveckling behövs när det gäller att mäta torrdepositionen av kväve där särskilt lockprovtagare och strängprovtagare behöver utvärderas ytterligare.

Dagens mätstationer är inte utlagda med målet att kvantifiera heltäckande trender i nedfallet för regioner. Ytorna har valts mer som exempel på utvecklingen av nedfallet till olika sorters skog i länet. Oregelbunden finansiering i mätnäten har dessutom lett till många ändringar över tid i stationerna, vilket lett till att enbart vissa stationer har långa tidsserier.

För att uppnå precision och statistiskt kunna säkerställa förhållandevis små förändringar i kvävenedfallet, i storleksordningen 20 % under en period av 20 år (en % per år), är det nödvändigt med nederbördskemiska mätningar av våtdepositionen vid ett stort antal platser runt om i landet. En genomgång av utformningen av ett framtida mätnät för kvävenedfall, som också utgör basen för övervakningen, bör utföras. En sådan genomgång bör till exempel inkludera en statistisk analys av det optimala antalet mätstationer och deras bästa möjliga placeringar. Dessutom bör genomgången inkludera möjligheten att bevara redan existerande stationer, med långa tidsserier genom en långsiktig finansiering.

## Abstract

On behalf of the Swedish Environmental Protection Agency, IVL Swedish Environmental Research Institute has, in cooperation with SMHI, Swedish University of Agricultural Sciences, Chalmers, Norwegian Meteorological Institute and Lund University, conducted trend analyses of nitrogen (N) bulk deposition in Sweden. Furthermore, trends in dry deposition of N to spruce forests have to some extent been analysed. The project was financed by the Swedish Environmental Protection Agency in order to improve the background material to assess changes in the environmental objective *Only natural acidification*.

A new, unique database has been established which holds precipitation amounts and chemistry for all earlier bulk precipitation measurements in Sweden dating back to 1955. Calculations of inorganic N deposition to open field has been performed both for nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) och ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), based on concentrations and monthly precipitation amounts, both measured and projected by SMHI. In parallel, N deposition, both wet and dry, has been estimated by the use of two different simulations with the MATCH model. In this study, the so-called Match-Sweden model has not been used (used by SMHI in the environmental monitoring).

The results from a large amount of measurement stations distributed in three regions of Sweden (northern part, south eastern part and south western part) shows that the wet deposition of inorganic N today never reaches the lower levels observed in 1955. It is evident that the variation between measurement stations and years is large within the regions. Data are therefore needed from a large enough number of stations in order to represent the large variations.

Because of non-monotone time trends in measurement data observations as well as estimated deposition data from MATCH have been analysed by Mann-Kendall statistics in consecutive 10- and 20-years periods within the period 1955 to 2011.

The bulk deposition of inorganic N in Sweden increased significantly in the period from 1970-89 in the south western part of Sweden. No other significant trends were observed. The concentrations of N in precipitation did not change over the period while the precipitation amounts increased significantly both in the south western part as well as the northern part of Sweden which explains the increased N deposition. Before 1970, only 10-years periods were analysed. From 1960-69, a significant increase in the deposition of total inorganic N was observed in the south western part of Sweden. Also,  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NH}_4^+$  increased in different periods in the south western and south eastern part of Sweden. These increases in deposition were solely the result of increased concentrations in precipitation since precipitation amounts did not change significantly.

From 1990 to 2009 the bulk deposition of inorganic N decreased significantly in the south eastern part of Sweden, but not in any other parts of Sweden. During the shorter 10-year periods within this longer 20-years period no trends were apparent. Also, the concentrations of inorganic N decreased significantly in both the south western and south eastern part of Sweden from 1990-99. No significant changes in the precipitation amounts occurred.

The total N deposition includes both N in wet deposition and dry deposition. In the south western part of Sweden today, the dry deposition accounts for c. 30% of the total N deposition estimated with two different methods (MATCH-model and Teflon string surrogate surfaces). The fraction of dry deposition decrease to the north of Sweden compared to the total deposition. For some biologically inactive substances, the dry deposition in forests can be calculated as the total throughfall deposition minus the wet deposition. For N, this method is inaccurate, since there is an uptake of N in the canopy. Also, the different species of N are converted into each other in the canopy, which means that organic N must also be analysed in throughfall. If canopy



uptake of N is assumed constant over a 12-year measurement period, an analysis of the net throughfall of total N deposition (including organic N) to the forest shows no trends in the dry deposition to the forest. If instead the assumption is made that the uptake of N in tree canopies has decreased over the years, then it is possible that the dry deposition has also decreased. Direct measurements of the dry deposition of N using teflon string surrogate surfaces have been carried out in the period 2003-2008 and have started again in 2013. There are not yet enough data from these measurements for trends in the total N deposition to be analysed. Thus, available data give no evidence that total N deposition, including dry deposition, has decreased the last 12 years. Trends in dry deposition estimated by the MATCH model have not been evaluated in this study.

Trends in N deposition estimated by the MATCH model is largely ruled by the trends in emission used by the distribution model. In one simulation (TRENDMATCH), data from observed meteorology was used in combination with EMEP's (The European Monitoring and Evaluation Programme) emissions; the other one (KLIMATMATCH) has used data from a climate model along with emissions from Representative Concentration Pathway 4.5 (RCP4.5). The modelled deposition by TRENDMATCH showed decreasing trends for both  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NH}_4^+$  from 1990 to 2009 for all regions. The results from KLIMATMATCH show less significant trends, possibly depending on the opposing trends in historic emissions of  $\text{NO}_y$  and  $\text{NH}_x$  in the RCP4.5 database during the period. A comparison between trends in the modelled depositions (with TRENDMATCH) and the measured bulk depositions shows stronger significance in the decrease of deposition modelled with TRENDMATCH. This may be explained by the smaller variation in the modelled data (which represent averages for regions) than in the observed data (which shows deposition in a certain spot), but there may also be incomplete processes in the model and errors in model input data that influence the N deposition to Sweden.

The partly missing statistical trends in N deposition are backed up by similar studies in Europe. Literature studies demonstrate that time series of N deposition to open fields in the last 20 years in many parts of Europe more often show lack of trends in deposition than decreases.

Except for in the south eastern part of Sweden, it is not possible to detect any general statistically significant trends in bulk N deposition in all of Sweden during the last 20 years despite that concentrations of N in precipitation have decreased significantly. A possible explanation could be that the decrease in N deposition is small compared to the between years variation. Another explanation could be that the N emissions from more important sources to Sweden have not decreased to the same extent as in the rest of Europe. Also, the time series of calculations of emissions from different countries in Europe are possibly inconsistent and incomplete because of the difficulties in estimating the N emissions. Furthermore, the extent of the monitoring network (number and location) might be too sparse to distinguish weak trends from the large year to year variations. A sparse network of experimental stations will likewise not allow a trend analysis within smaller areas such as separate counties since too few stations will not truthfully cover the variation in the county. The counties are recommended to use the results for the three regions of Sweden (northern part, south eastern part and south western part) along with single stations within the counties.

A need of more research is evident within the field of N deposition. The large changes in the atmospheric circumstances during the last 20 years with especially largely reduced sulphur emissions and depositions probably also influences the transportation and residence time of N in the atmosphere. Furthermore, a large demand for method development in establishing dry deposition to forest ecosystems is apparent with thorough evaluation of wet-only samplers and surrogate surfaces as e.g. Teflon string surrogate samplers.

In order to be able to confirm comparatively small changes in the N wet deposition, such as one per cent per year, a continuing monitoring program of wet deposition with a large amount of measurement plots strategically placed around Sweden will be necessary. With statistical methods it is possible to establish how many measurement plots will be necessary to obtain a certain precision in the estimates.

# 1. Bakgrund

Nedfallet av kväve över Sverige har stor betydelse för försurning och övergödning. De miljökvalitetsmål som främst berörs av nedfallet av kväve är *Bara naturlig försurning* och *Ingen Övergödning*. I samband med fördjupad utvärdering av miljömålen har det uppmärksammats att mätningar, analys, modellering samt rapportering av kvävenedfallet inom miljöövervakningen i Sverige har utförts och använts på olika sätt av olika avnämare. Det råder med andra ord oklarheter i hur miljöövervakningsdata vad gäller kvävenedfall tolkas och används av olika användare.

I Sverige mäts nedfall av kväve i dag via nederbörden inom tre stora miljöövervakningsprogram: EMEP, Luft och Nederbördskemiska Nätet (LNKN) och Krondroppsnätet (KD). Därutöver finns tidigare data från EACN-nätet (från 1955) samt ett antal längre tidsserier av punktmätningar gjorda inom programmet Integrerad Monitoring (IM). Dessa program kan huvudsakligen uppvisa mätningar i längre perioder med intresse för Miljömålsuppföljningen.

Beräknade emissioner av kväveoxider inom EMEP för EU27 (Schulz m.fl., 2013; Klein m.fl., 2011; Monks m.fl., 2009) visar på minskande emissioner de senaste 20 åren, även om det inte har gjorts någon osäkerhetsanalys av data. Reduktionen i emissioner från 1990 till 2000 har uppskattats till 32 % för oxiderat kväve ( $\text{NO}_y$ ) och 23 % för reducerat kväve ( $\text{NH}_3$ ). För åren 1990-2010 blev nedgången uppskattningsvis 47 % för  $\text{NO}_y$  och 28 % för  $\text{NH}_3$ .

Våtdepositionen av  $\text{NH}_4^+$  verkar däremot inte ha minskat i samma utsträckning. Statistiskt signifikanta nedåtgående trender har tidigare inte kunnat påvisas i kvävenedfallet för nederbörd i två av nätverken – LNKN- och KD-näten (Pihl Karlsson m.fl., 2012). Det tycks därför inte råda någon linjär proportionalitet mellan emissioner av kväveföroreningar och våtdepositionen. Detta har diskuterats i den vetenskapliga litteraturen. Frågan är viktig för att förstå orsaken till eventuella trender samt att prognostisera framtidigt kvävenedfall utifrån beslutade åtgärder.

Det finns därför behov av ytterligare analyser och diskussion av data och användning av dessa samt möjligheter till förbättringar utifrån historiska och existerande nätverk av mätningar.

Som en del i detta finns det behov av att göra trendberäkningar av kvävenedfallet på öppet fält vid alla både historiska och nuvarande mätstationer i Sverige från alla mätprogram, samt att uppskatta trender i nedfallet med MATCH-modellen. Dessutom ser vi här också på trender i krondropp till skogen.

## 2. Syfte och mål

Projektet har följande syften:

- Att sammanställa befintliga kvävenedfallsdata från de olika nederbördsnätverk (EACN, EMEP, KD, IM och LNKN) som funnits från 1950-talet till nutid i en gemensam databas. För att få en kontinuerlig tidsserie i olika delar av Sverige från 1955 fram till nu, selekteras och harmoniseras data. Nederbördsmängd och halter av ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) och nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) tas fram;
- Att fördjupa de statistiska analyserna av de befintliga kvävenedfallsdata, inklusive att undersöka möjligheterna för om nedfallsdata baserat på nederbördsdata från SMHI ger ett annat resultat;
- Att, utifrån databasen, analysera tidsutvecklingen av uppmätt kvävenedfall över Sverige (med fokus på de senaste tjugo åren), samt jämföra denna med observationer i andra delar av Europa;
- Att jämföra observerad tidsutveckling i nedfallsdata med modellerad våt- och torrdeposition framtagna med spridningsmodellen MATCH med olika uppskattningar av kväveemissioner i Europa och beskrivningar av klimatet under perioden.
- Att diskutera möjliga orsaker till trender (eller uteblivna trender) i kvävenedfallet över Sverige;
- Att diskutera de problem som finns i dagsläget vad gäller övervakningen av kvävenedfallet över Sverige utifrån dagens dataunderlag och ge förslag på förbättringar i relation till behov från olika avnämare och uppföljningen av miljömålen.

## 3. Våtdeposition till öppet fält

### 3.1 Tidsserier av nederbördsmätningar 1955-2011

Nedfallsmätningar av  $\text{NO}_3^-$  via nederbörd har genomförts sedan 1749 (Eriksson, 1952). Regelbundna analyser av det årliga nedfallet startade dock inte förrän mitten på 1800-talet då även  $\text{NH}_4^+$  mättes. De första mätningarna som publicerats i Sverige är från Flahult år 1909 (von Feilitzen och Lugner, 1910).

År 1955 skapades ett internationellt nätverk av mätstationer med benämningen EACN (European Atmospheric Chemistry Network). Data från 1955 finns från 29 platser i Sverige. EACN-data har digitaliserats och sparats hos Meteorologiska Institutionen, Stockholms Universitet (MISU). Under 1960- och 70-talen byttes många provplatser och insamlingsutrustningar ut. Ofta refereras dessa data som IMI-nätet (International Meteorological Institute in Stockholm). PMK-nätet tillkom ungefär 1983 (Naturvårdsverkets Program för övervakning av MiljöKvalitet). IVL tog över det vid halvårsskiftet 1991 och det kallas sedan dess Luft- och Nederbördskemiska Nätet (LNKN). Det Europeiska nätverket EMEP (The European Monitoring and Evaluation Programme) startade 1978. De första mätningarna inom Krondroppsnätet (KD) startade i södra Sverige 1985. Krondroppsnätet bedrivs på uppdrag av främst luftvårdsförbund, länsstyrelser och Naturvårdsverket vid drygt 60 platser i Sverige. Nätverket Integrerad Monitoring (IM) tillkom 1996 och består nu av fyra stationer. Luft-, nederbörds- och krondroppsmätningar vid trädgränsen i den svenska fjällvärlden pågick på fyra platser mellan november 2002 och december 2008 (Höghöjdsprojektet). Förutom dessa 7 nätverk finns diverse nederbördsdata från olika projekt på IVL.

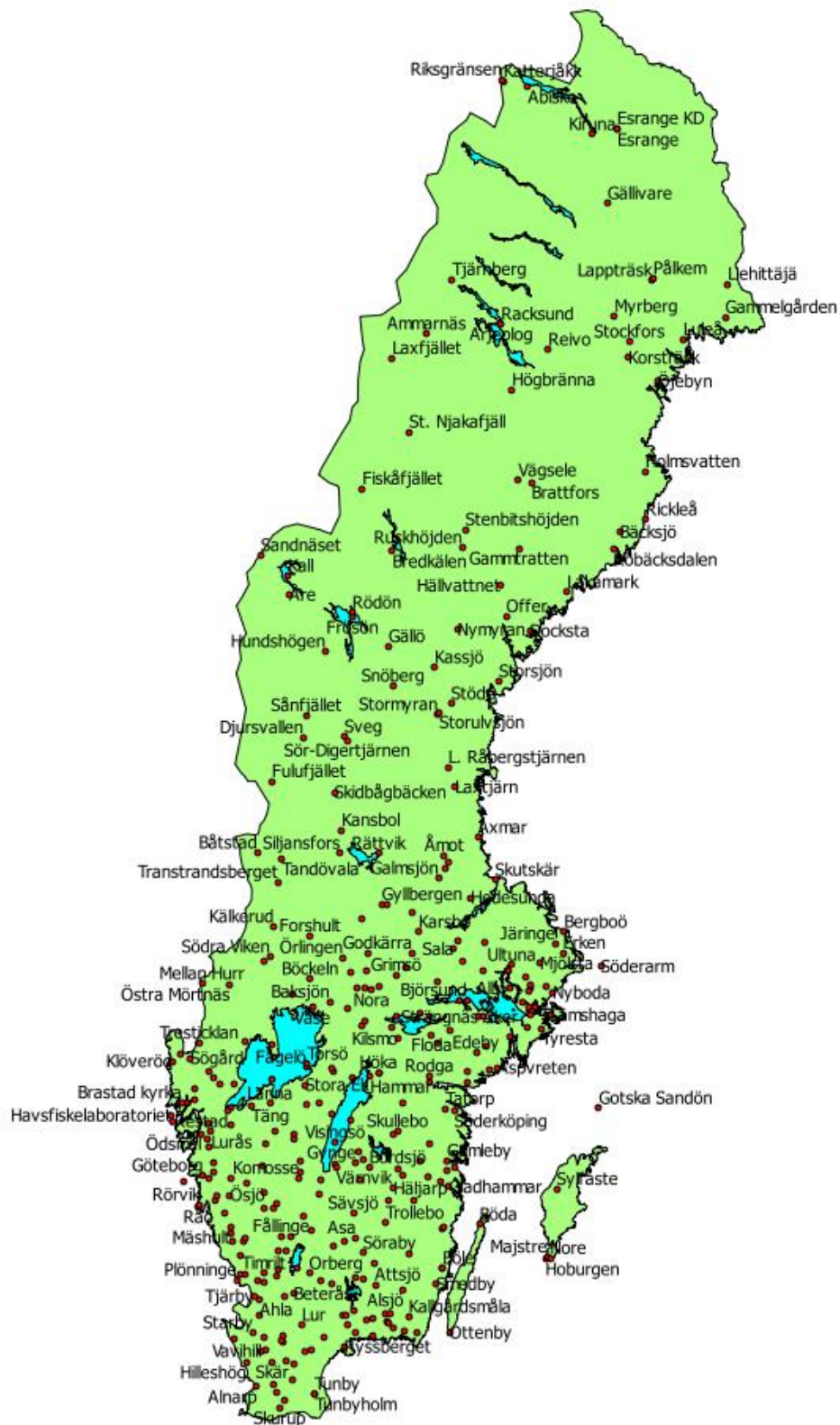
Data från dessa nätverk har samlats i en översiktlig nederbördskemisk databas som skapats inom detta projekt. Totalt 362 mätplatser är representerade i databasen som täcker åren 1955 till 2011. En karta över alla platser visas i Figur 3.1 och tidsperioder för när de olika mätplatserna (med mer än 8 års mätningar) har varit aktiva visas i Bilaga 1. Antalet mätplatser som funktion av tiden framgår av Figur 3.2. Krondroppsnätets tillkomst 1985 syns tydligt i antalet mätplatser. Mellan 1990 och 2000 var antalet mätplatser som störst, därefter sjönk antalet mätplatser kraftigt. Samtliga mätningar bedrivs på månadsbasis förutom EMEP-mätningarna som gjorts på dygns-, vecko- eller månadsbasis. Alla data i databasen är omvandlade till månadsmedelvärden. Korrigerade (för höjd och annan topografi) och interpolerade nederbördsmängder är inhämtade från SMHI (framtagna enligt PTHBV-modellen, tillgängliga via luftwebben (<http://luftwebb.smhi.se>)) och införda i databasen. Kompletta data finns till och med kalenderåret 2011. Ungefär åtta procent av nederbördsmätningarna i databasen är gjorda med locksamlare (se avsnitt 3.2.1).

### 3.2 Insamling, analys och kvalitetskontroll av nederbördsdata

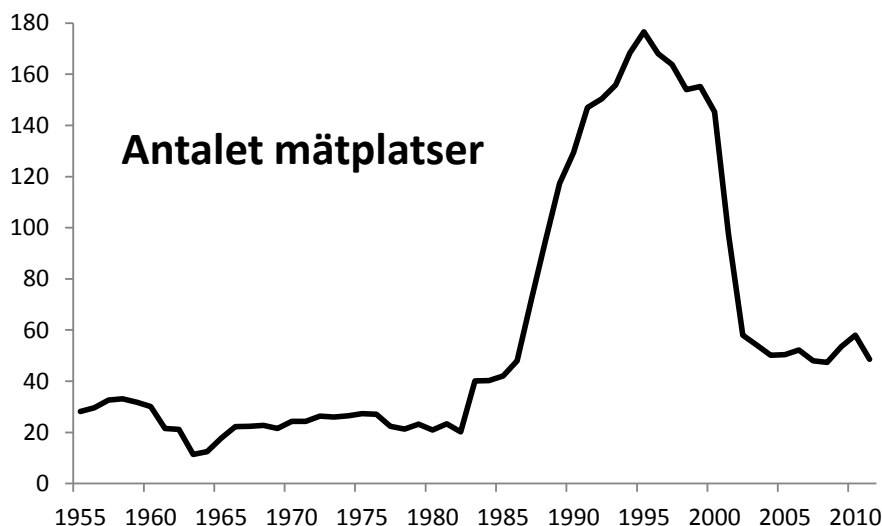
#### 3.2.1 Insamling av nederbördsprov

Nederbörd insamlas oftast i öppna runda uppsamlare i form av en tratt. En öppen insamlare brukar kallas bulksamlare. De flesta svenska mätningarna är gjorda med olika typer av bulksamlare. Om dessa monteras i marknivå blir de lätt kontaminerade av jordpartiklar från omgivningen. För att undvika detta placeras insamlarna därför i regel en bit över marken på en lättåtkomlig höjd. Detta påverkar tyvärr vindfältet ovanför insamlarens mynning så att snö eller långsamt fallande droppar i viss utsträckning missar insamlaren. Den uppmätta

nederbördsmängden som används till att beräkna nedfallet blir därigenom inte helt korrekt. Problemet ökar med vindhastigheten, varför nederbördssamlaren bör placeras på en vindskyddad plats. Då riskerar man å andra sidan en påverkan från närliggande träd.



Figur 3.1. Karta över alla mätplatser som någonsin funnits i de existerande nätverken (EACN, LNKN, KD, EMEP och IM).



Figur 3.2. Antalet mätplatser för våtdeposition i Sverige för olika år.

Det är inte bara regn, snö och hagel som hamnar i insamlaren. Även dimma och luftburna partiklar kan deponeras där. För att förhindra detta används ibland så kallade locksamlare. Ett lock täpper då för utrustningen när det inte faller nederbörd. Locksamlare började användas 1978 i Sverige.

Vid en del stationer har vindförhållandena inte varit optimala för mätning av nederbörd och dessutom har insamlarna som använts inom depositionsnäten inte alltid varit utformade optimalt för mätning av nederbördsmängder. En ny nederbördsprovtagare som liknar SMHI:s bästa nederbördsräknare ”Nederbördsräknaren” (Ferm, 2007) började därför användas under 2009. Sedan slutet av 2012 finns den nya nederbördsprovtagaren på samtliga nu aktiva mätplatser inom LNKN, KD och IM.

Både nederbördsdata från de uppmätta stationerna samt nederbördsdata från SMHI har använts när depositionen beräknades för att jämföra nederbördsmängdens inflytande på eventuella tidstrender i depositionen. Man bör dock beakta att nederbördsmängderna kan variera kraftigt även på en mycket kort sträcka, så att använda nederbördsmätningar som inte är från samma plats som mätningarna av kvävekoncentrationer i nederbörden kan innebära en extra osäkerhet vid beräkningen av deposition.

### 3.2.2 Analys av kväve i proven

Det finns huvudsakligen tre former av kväve i nederbörden,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  och organiska kväveföreningar. Organiska kväveföreningar kan även vara partikelbundna i nederbörden och svåra att provta på ett representativt sätt. Organiskt bundet kväve har mätts tillsammans med  $\text{NH}_4^+$  som Kjeldahl-N inom IM och KD. Halten organiskt kväve är, utom på vissa platser i norra Sverige, liten i förhållande till oorganiskt kväve. Den har inte tagits med i databasen.  $\text{NH}_4^+$  i nederbörd kommer från  $\text{NH}_3$  som är en primär luftförorening som främst kommer från jordbruket.  $\text{NH}_3$  kan även reagera med sura ämnen och bilda partiklar som sedan tvättas ut i molnen.  $\text{NO}_3^-$  i nederbörd kommer från salpetersyra antingen direkt eller efter det att salpetersyran bildat partikulär  $\text{NO}_3^-$ . Det finns inga direkta emissioner av salpetersyra till luft, utan salpetersyran bildas i atmosfären när kvävedioxid oxideras. Oxidationen är relativt långsam. Kväveoxiderna är föga vattenlösliga medan salpetersyran är mycket vattenlös.

Samtliga analyser har antingen utförts på Ultuna Lantbrukshögskola (fram till 1962), MISU eller på IVL. Fram till 1973 analyserades  $\text{NO}_3^-$  vid destillation med Devardas legering och reaktion med Nessler's reagens. Därefter användes på MISU automatisk kolorimetrisk metod med sulphanilamid och N-(1-Naphtyl)-etylen-diamin fram till 1985 varefter jonkromatografi användes. På IVL har  $\text{NO}_3^-$  analyserats med jonkromatografi sedan nederbördsanalyserna startade inom EMEP 1978.  $\text{NH}_4^+$  analyserades med destillation följt av reaktion med Nessler's reagens från 1955 till 1973. Därefter använde MISU en automatiserad kolorimetrisk metod med indofenolblått till 1987. På IVL har  $\text{NH}_4^+$  hela tiden analyserats genom att NaOH tillsatts till provet varefter gasformig ammoniak diffunderat genom ett membran till en vattenlösning vars pH-ändring registrerats. Från början gjordes det med en jonselektiv elektrod och efter ca 1986 (IVL) och 1987 (MISU) gjordes det med FIA (Flow Injection Analysis) där pH ändringen registrerades som färgändring (indofenolblått) hos en indikator.

Detektionsgränsen för  $\text{NH}_4^+$  är 0,02 mg N  $\text{l}^{-1}$ . 3,5 % av nederbördsdata är under detektionsgränsen. Detektionsgränsen för  $\text{NO}_3^-$  har varierat mer i tiden och mellan olika mätnät. Den är som högst 0,04 mg N  $\text{l}^{-1}$ . 2 % av nederbördsdata är under detektionsgränsen. Vid beräkningar av depositionen har halva detektionsgränsen använts för dessa data.

### 3.2.3 Kvalitetskontroll av nederbördsdata

Ett problem när det gäller våtdeposition av kväve är att undvika  $\text{NH}_4^+$ -kontaminering från fågelspillning.  $\text{NH}_4^+$  i nederbörd kommer i Europa huvudsakligen från stallgödsel, främst från nötkreatur (Ferm, 1998). Gödsel avger  $\text{NH}_3$  i stallar, under lagring samt i samband med spridning på åkrar. Att skilja denna  $\text{NH}_4^+$  från den som kommer från fågelspillning som hamnat direkt i insamlaren är svårt med hjälp av de analyser som ingår i nätverken. Vid provtagningen i fält kan man ibland se att det finns fågelspillning i tratten som inte sköljts ned av regnet. I vissa fall är halten av  $\text{NH}_4^+$  mycket större än  $\text{NO}_3^-$  plus två gånger sulfathalten på mol basis, så att det inte råder något tvivel om att provet är kontaminerat av fågelspillning. Fågelspillning observeras främst under april till september. Fågelspillning ger även upphov till förhöjda halter kaliumjoner i provet. Kaliumförorening av prover kan också komma från pollen som hamnat i insamlaren. Pollen i proverna observeras främst under perioden maj-juni. Kontaminerade prover som upptäcks i fält har i regel tagits bort, men i enstaka fall där halten av  $\text{NH}_4^+$  är avvikande stor har prov raderats. Prover som har kontaminerats har strukits innan de levererats till databasen. Data har dock inte strukits i databasen då det kan vara faktiska värden som är höga beroende på andra faktorer, till exempel starkt förorenad luft från storskaliga bränder i Ryssland (Karlsson m.fl., 2013).

Genom åren har flera olika bulkuppsamlare använts med olika utformning och gjorda i varierande material. Tidigare utförda undersökningar av effekterna av de olika uppsamlarna på kvalitén av de uppmätta kvävehalterna i EACN-nätverket har visat på att det inte spelar någon signifikant roll vilka bulksamlare som har använts.

Det har framkommit problem med att locksamlarna på senare tid samlar in en mindre nederbördsvolym jämfört med vad som uppmätts med andra metoder (Pihl Karlsson m.fl., 2012) eller jämfört med de nederbördsvolymerna som SMHI beräknar för platsen ifråga (Persson och Södergren, 2013). Författarna beräknade att för perioden 2006 till 2009 insamlades med locksamlaren endast 26 % av den nederbördsmängd som SMHIs griddade analyser ger för samma plats. Motsvande värden för locksamlare vid respektive Vavihill och Råö var 69 och 70 %. Motsvarande jämförelser mellan SMHIs griddade analyser och nederbördsvolymerna uppmätta vid Norska nederbördskemiska stationer, där nederbördsvolymerna uppmättes varje dygn, gav en mycket god överensstämmelse. I studien av Pihl Karlsson m.fl. (2012) exkluderades resultaten från locksamlare helt från analyserna av trender för kvävenedfall. I denna studie rapporterar vi



resultaten separat, med eller utan data från locksamlare. Även i denna studie har dock resultaten från locksamlarna uteslutits när de presenteras i slutsatser och i kartform.

Vissa stationsplaceringar kan skilja sig från mängden, exempelvis kustnära mätplatser och stationer på hög höjd i fjällen. En del data och mätplatser visade sig avvika efter noga analys av kvävehalterna i relation till omkringliggande mätplatser. Särskilt de äldre stationerna (före 1983) har utvärderats. En kort genomgång av analys samt redovisning av borttagna stationer finns i Bilaga 2. Dataanalys och trendberäkningar görs sedan på den reviderade mängden stationer efter bortplockning. Avvikande data och stationer har dock inte plockats bort från nederbördsdatabasen.

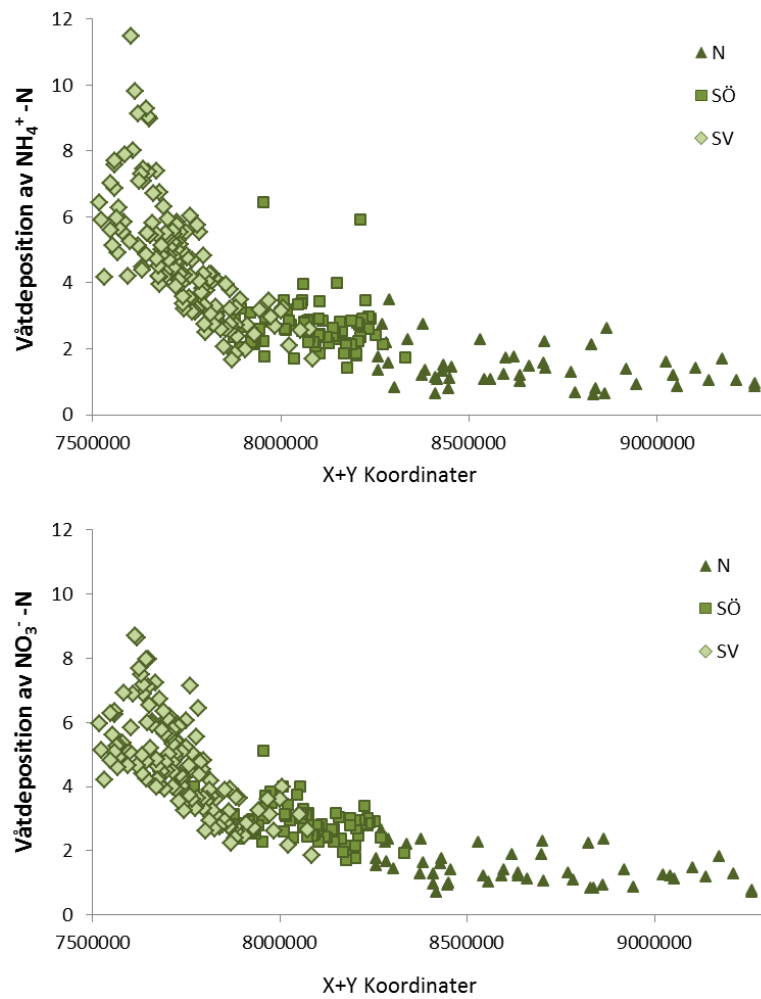
### 3.3 Kvävenedfall i nederbörd inom olika regioner

I nederbördsdatabasen har stationernas placering beskrivits med X- och Y-koordinater och har indelats länsvis med länsbokstäver från Länsstyrelsernas hemsida 2013. En undersökning av depositionsgradienterna längs Sverige visar på en öst-västlig gradient i södra Sverige som blir tydligast när man avbildar depositionen mot en kombinerad X-Y koordinat (Figur 3.3). Depositionen är klart högre i sydvästra Sverige än i sydöstra och norra Sverige. Det deponeras ungefär samma mängd  $\text{NO}_3^-$  som  $\text{NH}_4^+$ .

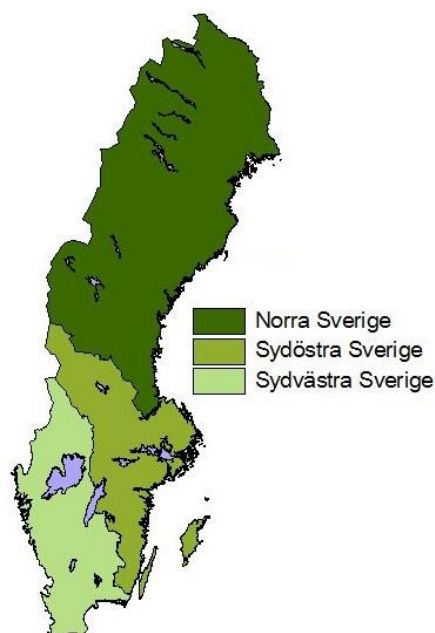
Här görs därför en uppdelning av stationerna i de tre områden som har använts i den fördjupade utvärderingen av miljömålen och som grundar sig på länen. De tre områdena representerar norra (N), sydöstra (SÖ) och sydvästra (SV) Sverige (Figur 3.4). Det finns flest mätplatser i sydvästra Sverige, följt av sydöstra och norra Sverige (Tabell 3.1).

I alla tre regionerna ses att våtdepositionen av oorganiskt kväve ( $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ ) är högre i dag än nedfallet var vid starten av mätningarna år 1955 (Figur 3.5). Det är tydligt från de tillgängliga data från alla stationer att variationen mellan både mätplatser och år är stor (Figur 3.5). Det är också tydligt att mätningarna upphörde vid många mätplatser i början av 2000-talet (se även Figur 3.2 och Bilaga 1). Figur 3.5 bör tolkas med försiktighet vad gäller förändringar över tiden eftersom ytor har tillkommit och avslutats vid olika tidpunkter och det har skett geografiska förskjutningar inom nätverken med tiden. I område sydväst avslutades exempelvis fyra av de fem platser som visade på högst nedfall år 2000 till året efter.

Data visar att trender i tidsserierna från 1955 till nutid är icke-monotona och detta har lett till att observationer och modellresultat (MATCH) har analyseras i två separata perioder före och efter 1990 för en rad konsekutiva 10- och 20-årsintervall inom perioden 1955 till 2011 (Se kapitel 6 om trendberäkningarna).



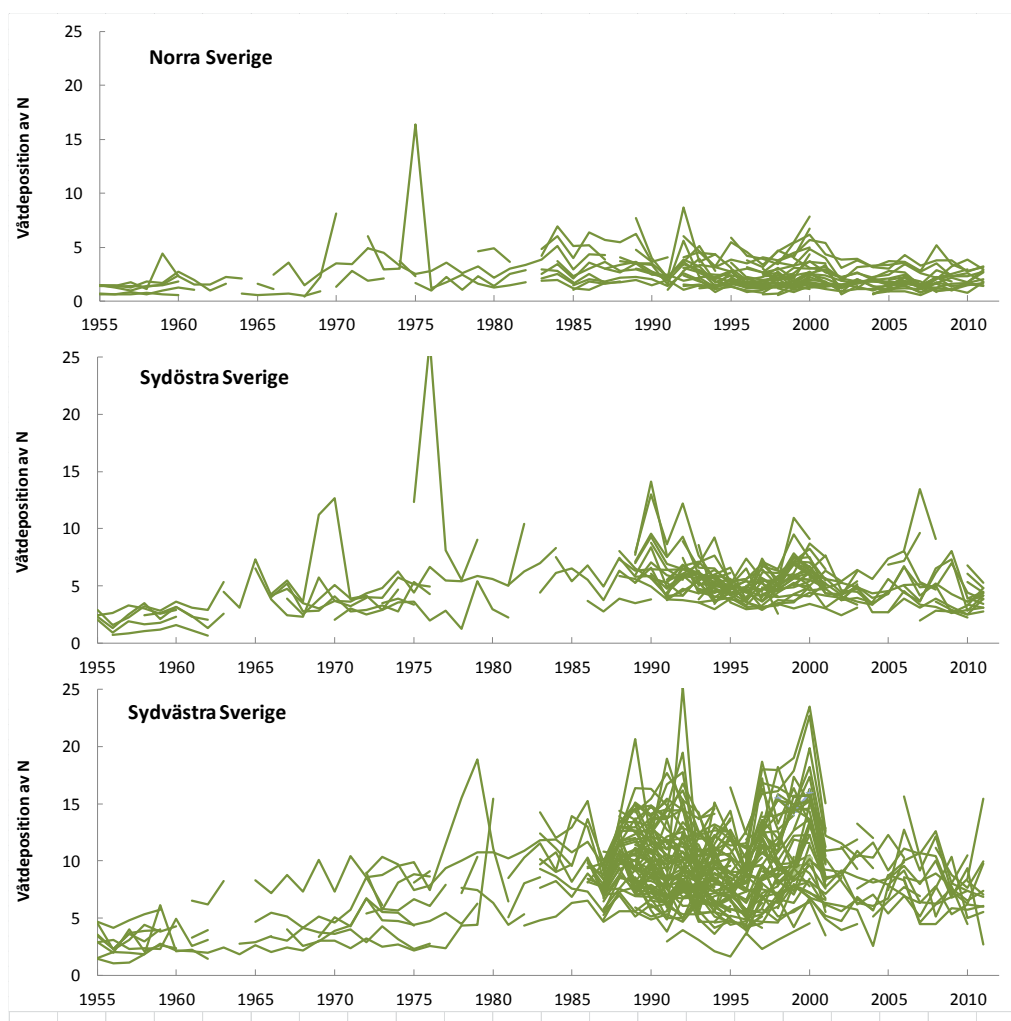
Figur 3.3. Aritmetriska medelvärden av våtdepositionen av NH<sub>4</sub><sup>+</sup> och NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (kg ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>) för perioden 1990-2000 då flest mätningar fanns. Mätningarna är uppdelade på de tre områdena N, SÖ och SV.



Figur 3.4. Uppdelning av Sverige i de tre områdena norra (N), sydöstra (SÖ) och sydvästra (SV) från den fördjupade utvärderingen av miljömålen.

Tabell 3.1. Antal mätplatser uppdelat på områdena (och län) N, SÖ och SV. Stationer med mer än 8 års mätningar ingår i trendanalyserna.

Område	Län inkluderat med Länsbokstav	Antal stationer totalt Bulkprovtagare	Antal stationer med $\geq 8$ års data Bulkprovtagare (Bilaga 1)	Antal stationer med Lockprovtagare
N	Västernorrlands län, Västerbottens län, Norrbottens län, Jämtlands län, Gävleborgs län Y, AC, BD, Z, X	78	46	8
SÖ	Kalmar, Gotland, Östergötland, Örebro, Uppsala, Sthlm, Södermanland, Västmanland, Dalarna H, I, E, T, C, A, B, AB, D, U, W	115	44	8
SV	Skåne, Blekinge, Halland, Kronobergs län, Jönköpings län, VG län och Värmland L, M, LM, K, N, G, F, O, S	169	83	13

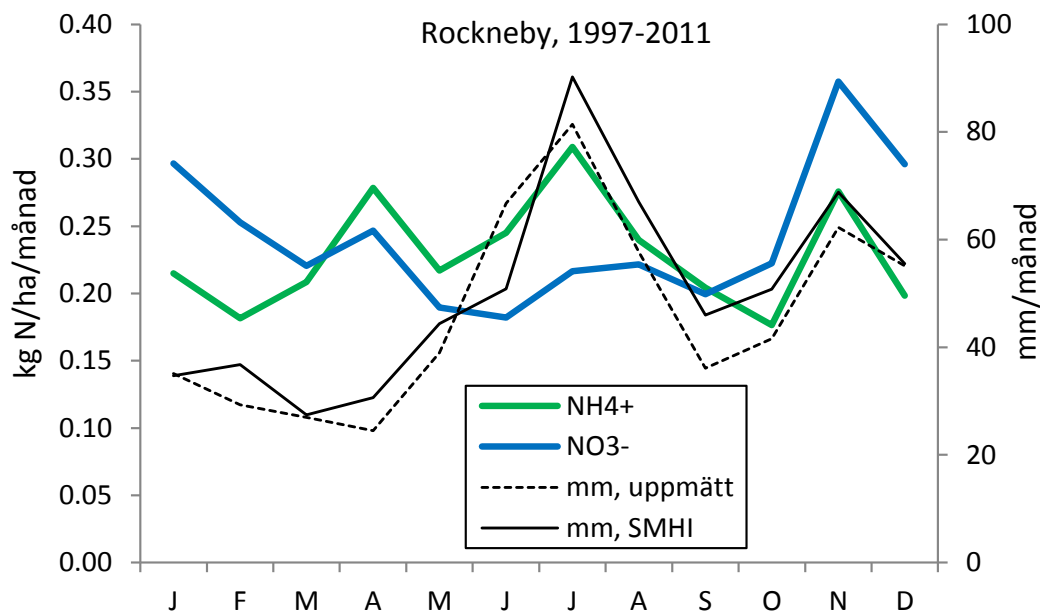


Figur. 3.5. Våtdeposition av oorganiskt kväve ( $\text{NO}_3 + \text{NH}_4^+$ ) ( $\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ ) för mätstationer i de tre områdena N, SÖ, och SV från 1955 till 2011. Mätplatser med mindre än fem års data är inte medtagna.

### 3.4 Orsaker till trender i våtdepositionen

$\text{NH}_4^+$  i nederbörd kommer huvudsakligen från uttvättning av luftburen gasformig ammoniak eller partikelbunden  $\text{NH}_4^+$  i molnen. Den kan även komma från uttvättning av luften under molnen när nederbörden faller till marken. På samma sätt kommer  $\text{NO}_3^-$  i nederbörd från uttvättning av luftburen salpetersyra eller partikulär  $\text{NO}_3^-$ . Det finns inga direkta källor till partikelbundet  $\text{NH}_4^+$  och  $\text{NO}_3^-$ , utan dessa bildas genom reaktion mellan respektive gasform och sulfat- eller havssaltspartiklar. Emissionerna av  $\text{NH}_3$  kommer i Europa till största delen från djurhållningen inom jordbruket. Salpetersyran kommer från en relativt långsam oxidation (timmar till dagar) av  $\text{NO}_y$  i atmosfären. Kväveoxiderna bildas i förbränningsprocesser och kommer från trafik och fasta förbränningsanläggningar.

Man kan skönja ett samband mellan nederbördsmängd och kvävedeposition (Figur 3.6). Kvävedepositionen i april avviker dock och kan bero på höga emissioner av  $\text{NH}_3$  på grund av spridning av gödsel på åkrarna samt en snabbare bildning av salpetersyra på grund av en hög halt oxidanter i luften. Man observerar ofta hög deposition av  $\text{NH}_4^+$  på våren (april-maj) trots att nederbördsmängderna inte är så höga då. Nederbördsmängderna brukar vara störst på sommaren (juli).

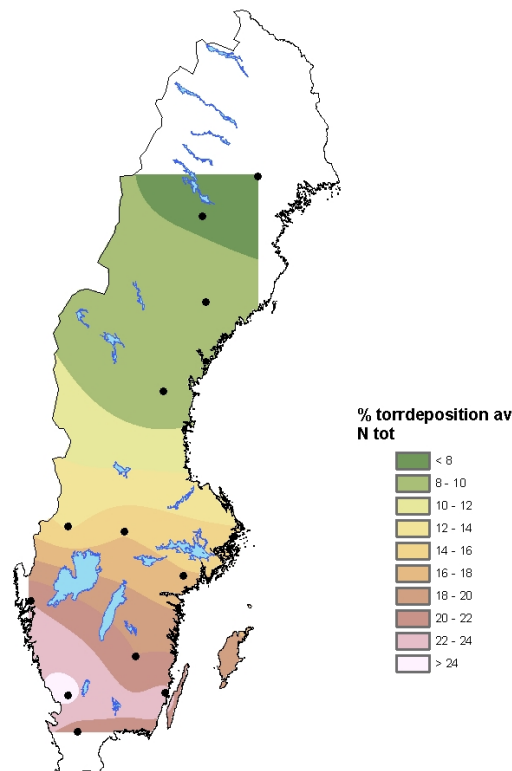


Figur 3.6. Medelvärde av våtdeposition av  $\text{NH}_4^+$  och  $\text{NO}_3^-$  ( $\text{kg N ha}^{-1} \text{månad}^{-1}$ ) på stationen Rockneby samt uppmätt och interpolerad nederbörd ( $\text{mm/månad}$ ) som funktion av månad över perioden 1997-2011.

För att få en uppfattning av hur emissionerna påverkar depositionen visas hur emissionen i olika länder påverkar depositionen i Sverige (Figur 6.1). Dessa modellberäkningar är kontroversiella eftersom sambandet mellan emissionen från en viss plats och depositionen till en annan plats inte är linjär. Det medför att summan av alla länders bidrag till depositionen på en viss plats inte nödvändigtvis blir 100 %. Figur 6.1 visar tydligt att depositionen av  $\text{NH}_4^+$  till stor del härstammar från Sverige och våra närmsta grannländer medan depositionen av  $\text{NO}_3^-$  kommer från mer avlägsna kväveoxidkällor. Vi har således större möjligheter att påverka depositionen  $\text{NH}_4^+$  än depositionen av  $\text{NO}_3^-$  genom att minska våra utsläpp.

## 4. Torrdeposition till skogen

Tidigare analyser med s.k. strängprovtagare indikerar att torrdepositionen kan stå för en betydande del av det samlade kvävenedfallet till skogen, i sydvästra Sverige upp mot 25 % medan andelen är under 10 % i norra Sverige under 2000-talet (Figur 4.1). MATCH-modellen uppskattar att andelen torrdeposition är 30 % av det totala kvävenedfallet (se Kapitel 5.3) i sydöstra Sverige medan andelen torrdeposition är ungefär 20 % i norra Sverige.



Figur 4.1. Beräknad andel av torrdepositionen till det samlade årliga nedfallet av oorganiskt kväve (%) till barrskog över Sverige under 2000-talet. Från Karlsson m.fl. (2011).

Traditionellt beräknas det samlade atmosfäriska nedfallet av olika ämnen till skog via våt- och torrdeposition genom att använda krondroppsmätningar. För vissa biologiskt inaktiva ämnen såsom svavel och havssalt fungerar detta förhållandevis bra (Parker, 1983). För biologiskt aktiva ämnen, såsom olika kväveformer och baskatjoner fungerar detta mindre bra, eftersom det finns en interaktion med trädkronorna för dessa ämnen (Ferm, 1993; Adriaenssens m.fl., 2012).

Det atmosfäriska nedfallet av ett visst ämne uppmätt som krondropp (TF) utgör summan av torr- (DD) och våtdeposition (WD) plus vad som utsöndras ifrån blad och barr (läckage, CL), minus vad som tas upp direkt i blad och barr samt av de organismer som lever på barren (upptag, CU), minus avgång till atmosfären (A) (Ferm, 1993).

$$TF = DD + WD - CU + CL - A$$

Om CU, CL samt A vore försumbara kan man förvänta sig att TF är större än WD.

Det kan även ske omvandlingar mellan olika former av kväve i trädskronorna (Ferm, 1993). Detta innebär att nedfallet av en viss form, till exempel  $\text{NO}_3^-$ -N, synbarligen kan förändras över tid, men att det beror på att  $\text{NO}_3^-$ -N har omvandlats till organiskt kväve i trädskronorna.

På grund av vad som beskrivits ovan är det svårt att dra slutsatser om torrdeposition av kväve till skogen, baserat på mätningar av krondropp och våtdeposition. När det gäller kväve kan man anta att läckaget är försumbart (Bengt Nihlgård, personlig kommunikation). Vidare kan avgången till atmosfären sannolikt antas vara försumbar. Man kan då förenkla ekvationen ovan:

$$\text{TF} - \text{WD} = \text{DD} - \text{CU}$$

Om man dessutom antar att upptaget är konstant över tiden kan man dra slutsatsen att om differensen mellan krondropp och våtdeposition är konstant över tid, då har också torrdepositionen varit konstant. Antagandet att upptaget varit konstant över tid har en viss relevans eftersom träden (gran) vid mätplatserna inom KD under de senaste 20 åren varit 30-70 år gamla och därmed fortfarande är i en aktiv tillväxtfas.

## 4.1 Mätningar av det totala kvävenedfallet till skog

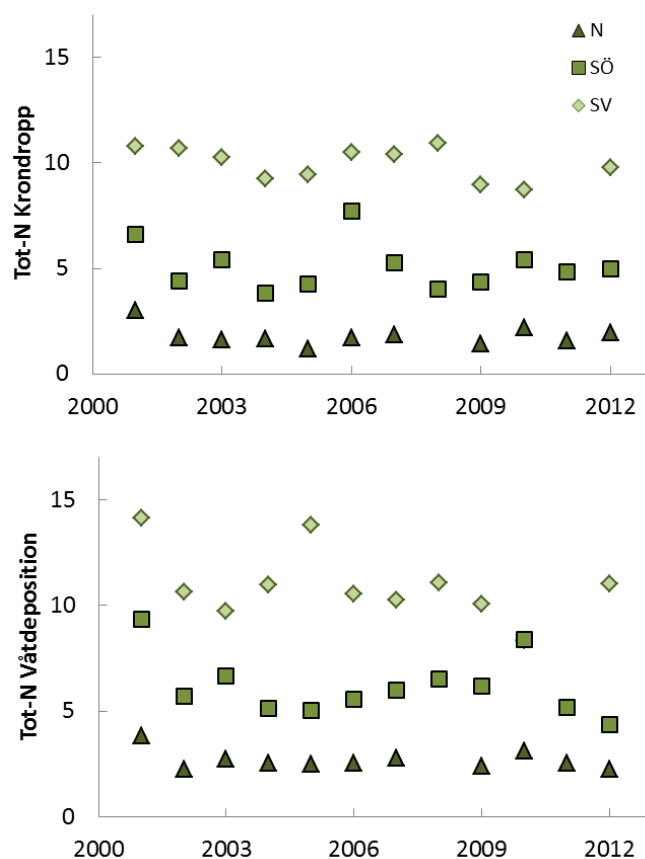
Data har analyserats från tio mätplatser inom KD där alla de viktiga formerna av kväve, det vill säga  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{NH}_4^+$ -N samt organiskt kväve (org-N) har mätts i våtdeposition och som krondropp. Med dessa mätningar får vi ett samlat mått på det totala kvävenedfallet som våtdeposition och som krondropp, oberoende av omvandling mellan olika kväveformer, men påverkat av kväveupptag i trädskronorna. Våtdepositionen är beräknad genom att kompensera för den mindre del torrdeposition som sker till provtagarna på öppet fält. Torrdeposition till provtagarna har bestämts i fleråriga försök där insamlingstrattar har placerats under tak (Karlsson m.fl., 2011). Beräkningarna av våtdeposition och krondropp är gjorda som medelvärden för mätplatser inom de tre områdena (Figur 3.4).

Det totala kvävenedfallet i krondropp och i våtdeposition är som väntat störst för sydvästra Sverige och minskar succesivt åt öster och norr (Figur 4.2). Tidstrenderna vid mätplatserna utvärderades med Mann-Kendall metodik. Ingen statistisk säkerställd nedgång av kväve i krondropp kunde fastställas.

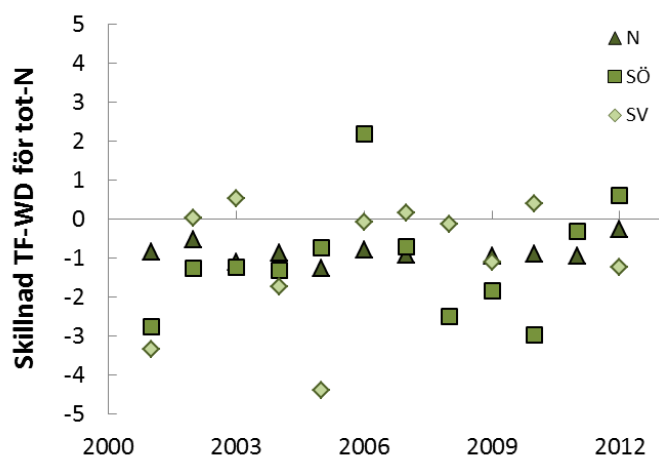
I de flesta fall är skillnaden mellan nedfall som krondropp och våtdeposition negativ (Figur 4.3), vilket förklaras med ett kväveupptag direkt i trädskronorna som är större än torrdepositionen. För sydvästra Sverige ligger krondropp-våtdeposition nära noll för sex av totalt 11 tillgängliga års data. Detta tyder på att upptaget kompenseras av torrdeposition av kväve för dessa år. För sydöstra Sverige antar krondropp-våtdeposition huvudsakligen negativa värden vilket tyder på att torrdepositionen av kväve är mindre än upptaget. Spridningen för båda dessa områden i södra Sverige är dock stor mellan åren. För det nordliga området ligger skillnaden mellan krondropp och våtdeposition relativt konstant alla år på värden runt  $-1 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ . Eftersom torrdeposition av kväve i detta område sannolikt är mycket liten (MATCH beräknar att torrdepositionen av  $\text{NO}_3^-$ -N +  $\text{NH}_4^+$ -N i norra Sverige är cirka  $0,5 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$  för perioden 2000-2011 (Figur 5.7 och 5.8)), tyder detta på att upptaget i norra Sverige ligger runt  $1 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ .

Det finns inga tydliga tecken på att skillnaden mellan krondropp och våtdeposition förändrats över den 12-åriga mätperioden. Om antagandet gäller att upptaget varit konstant över perioden, tyder detta på att torrdepositionen av kväve inte förändrats på ett betydande sätt över perioden. Om man istället antar att upptaget minskat med tiden, allt eftersom träden blivit äldre, kan en konstant skillnad mellan krondropp och våtdeposition dock förklaras med en minskad

torrdeposition. Mätningarna i norra Sverige, där torrdepositionen av kväve är låg, ger dock inga belägg för att upptaget minskat under perioden, i varje fall inte i detta område. MATCH antyder också att torrdepositionen i norra Sverige inte ändrats nämnvärt under perioden 2000-2011 (Figur 5.7 och 5.8).



Figur 4.2. Årligt nedfall av kväve som krondropp samt som våtdeposition ( $\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ ) till öppet fält i perioden 2001-2012. Beräkningarna inkluderar alla former av kväve, det vill säga  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  och organiskt kväve. Våtdepositionen är beräknad utifrån bulkdepositionen till öppet fält, kompenserat för torrdepositionen till insamlingssträttarna. Antalet mätplatser som ingår i beräkningarna är 3, 2 och 5 för respektive område N, SÖ och SV. Värden för ett visst år är endast beräknade om data finns för alla platser.



Figur 4.3. Årliga skillnader i nedfall av totalt kväve ( $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4^+\text{-N} + \text{org-N}$ ) ( $\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ ) mellan krondropp och våtdeposition till öppet fält. Se Figur 4.2 för övrig information.

Före 2001 finns tyvärr inga mätningar av organiskt kväve, vilket, på grund av omvandlingar i trädkronorna mellan olika kväveformer, gör att tidigare data på krondropp inte är jämförbara med de senare. I de mätningar som redovisats ovan föreligger ca 30 % av kvävet i krondropp som organiskt kväve. Det atmosfäriska nedfallet av organiskt kväve antas ligga runt 20-30 % av det totala kvävenedfallet i norra Europa (Cape et al., 2012). Därför gör vi inga analyser av förändringar av nedfallet av oorganiskt kväve för dessa tidsperioder.



## 5. Kvävenedfall uppskattad med MATCH-modellen

### 5.1 Beskrivning av MATCH-modellen

MATCH behandlar utsläpp av luftföroreningar, hur luftföroreningarna omvandlas och sprids i atmosfären och slutligen deponeras. Utsläppen (mängd och rumslig fördelning) tas från externa databaser men MATCH fördelar dessa i höjden och med olika säsong- eller dygnsvariation beroende på vilken typ av emissioner det är (emissionsdatabasen skiljer mellan kraftverk, fordonstrafik, vedeldning, etc.). Processerna i atmosfären (omblandning, transport, kemisk omvandling och nedfall) beror på meteorologiska variabler och ofta även på halterna av andra ämnen. För en utförlig beskrivning av systemet hänvisas till Robertson m.fl. (1999) eller Andersson m.fl. (2007).

I den så kallade ”Sverigemodellen” som används av SMHI inom miljöövervakningen kombineras storskaliga MATCH-simuleringar över Europa med högupplösta simuleringar över Sverige samt observationer av spårämnen i luft och nederbörd för att bestämma mängden kväve som deponeras till Sverige och hur stor andel som kommer från källor utanför Sverige (Persson m.fl., 2004). I denna studie har Sverigemodellen inte använts; MATCH resultaten används direkt –utan anpassning till observationer.

MATCH är en tredimensionell Eulersk, off-line spridningsmodell. Eulersk innebär att atmosfären delas in i ett antal lådor; storleken på lådorna brukar benämnas modellens horisontella respektive vertikala upplösning. Den horisontella upplösningen är i denna studie ca 50 km × 50 km (0,44° × 0,44°). Den vertikala upplösningen minskar från några tiotals meter närmast marken till några hundra meter i modellens översta lager – som är ca 6 km över markytan. Modellen beräknar således medelvärden över förhållandevis stora volymer och förväntas därför bara reproducera observationer som representerar dylika regionala medelvärden. Off-line innebär att modellen inte beräknar sin egen meteorologi, utan hämtar information från en tredimensionell meteorologisk modell (väderprognosmodell, klimatmodell eller analysystem).

I denna studie har vi använt modellresultat från två olika modelluppsättningar. KLIMATMATCH är data som tagits fram inom CLEO-projektet (Engardt och Langner, 2013); dessa simuleringar börjar redan 1960 (och fortsätter upp till 2100). TRENDMATCH är simuleringar framtagna specifikt för denna studie, konsistent meteorologi och emissioner finns endast från och med 1980. Indata till simuleringarna kommer från olika meteorologiska modeller samt emissioner från två olika databaser (Tabell 5.1). Genom att använda två olika modelluppsättningar illustreras osäkerheten i indata och hur det påverkar modellresultaten.

TRENDMATCH använder indata från observerad meteorologi tillsammans med emissioner framtagna inom EMEP-programmet (The European Monitoring and Evaluation Programme), medan KLIMATMATCH använder meteorologi från en klimatmodell samt ett scenario över emissioner sammanställt för Representative Concentration Pathway 4.5 (RCP4.5). RCP 4.5-emissionerna bygger på en inventering (Lamarque m.fl., 2010) som inte använder nationella uppskattningar utan beräknar emissioner med samma metoder för alla länder; huvudsyftet har varit att få en lång sammanhängande griddad global emissionsdatabas.

Långsiktiga förändringar av temperatur, nederbörd och vind beaktas i båda simuleringarna eftersom vi i denna studie använder meteorologi som ändrar sig över perioden. Notera att båda simuleringarna är inbördes konsistenta. Modellversion, meteorologi och emissioner har i respektive fall hämtats från en och samma källa så eventuella trender beror inte på skifte i metodik eller indata.

De två modelluppsättningarna körs på identiskt modellområde (se Figur 5.2) och använder liknande versioner av MATCH. CLEO-versionen (KLIMATMATCH) har något sämre vertikalupplösning än återanalysversionen (TRENDMATCH), som drivs av ERA-Interim. ERA-Interim meteorologin är en omanalys av observationer gjort på ECMWF och representerar alltså de verkliga förhållandena under perioden 1980-2011. Meteorologin från RCA3 är från en klimatmodell vilket innebär att medelvärden, variabilitet av vind, temperatur, nederbörd etc. bör överensstämma med klimatet i området under perioden som simulerats, men enskilda väderhändelser kommer att skilja sig helt från det verkliga vädret under perioden. Medelvärdet av felen i just denna klimatprojektion ligger mellan 1-2 °C för temperatur och 40-50 % för nederbörd (Kjellström m.fl., 2011).

Tabell 5.1 Modelldetaljer för de olika MATCH-uppsättningarna.

Namn	TRENDMATCH	KLIMATMATCH
Simuleringsperiod	1980-2011	1961-2011
Meteorologi	ERA-Interim (Dee m.fl., 2011)	RCA3 (nedskalning av ECHAM5 A1B r3; Kjellström m.fl., 2011)
Emissioner	EMEP (The European Monitoring and Evaluation Programme) WebDab (Present state of emission data; <a href="http://www.ceip.at/webdab-emission-database/officially-reported-emission-data">http://www.ceip.at/webdab-emission-database/officially-reported-emission-data</a> )	RCP4.5 (Representative Concentration Pathway 4.5) (Thomson et al., 2011) 1961-2000 från Lamarque et al. (2010)
Modell topp (antal vertikala nivåer)	6km (22)	6 km (15)
Tjocklek av lägsta skikt	20 m	60 m

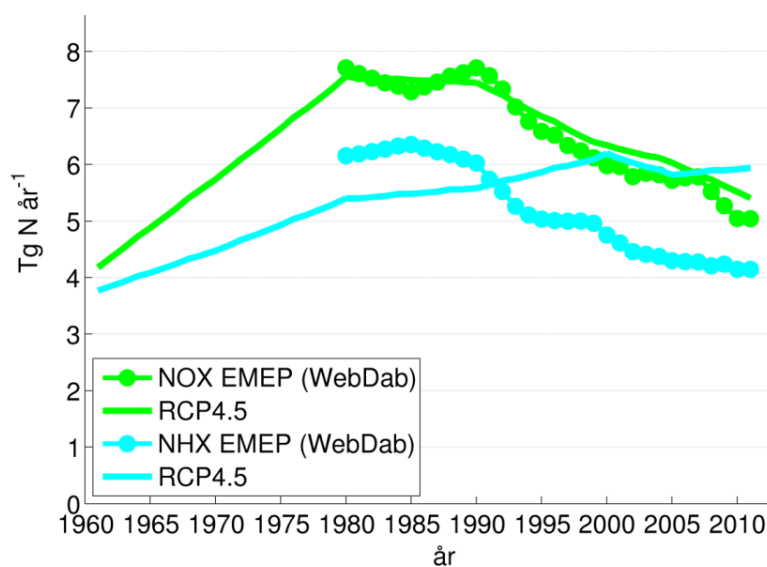
För att beräkna totaldepositionen av kväveföreningar till Sverige körs MATCH över ett modellområde som täcker hela Europa (MATCH-området, se Figur 5.2). Ur modellen extraherar vi sedan de månadsvisa torr- och våtdepositionerna över de rutor som berör respektive regioner i Sverige. Eftersom de fyrkantiga rutorna i MATCH endast approximativt överensstämmer med Sveriges län och de tre beaktade områdena beräknas ett medelvärde av depositionsflödet i de berörda rutorna vilket multipliceras med varje områdes area. Områdena norra Sverige och Östersjön är betydligt större än de två områdena i södra Sverige (Tabell 5.2).

Tabell 5.2. Area för de olika områdena samt antalet av 50 km × 50 km rutor som berörs i MATCH-modellen.

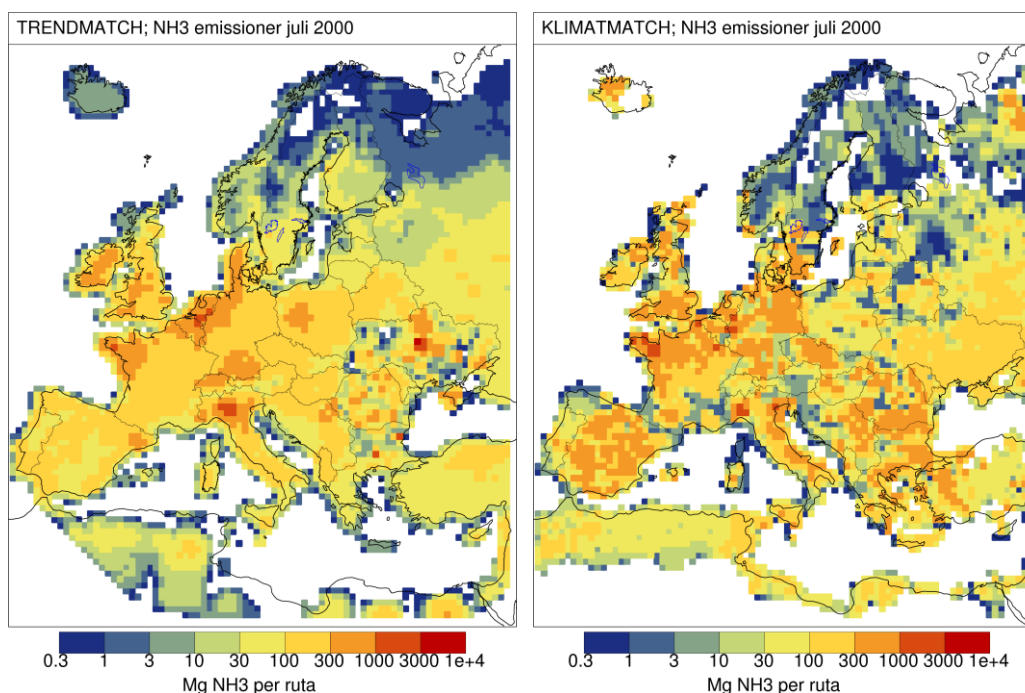
Område	Antal berörda rutor i MATCH	Area
Norra Sverige (N)	123	260 × 10 <sup>5</sup> ha
Sydöstra Sverige (SÖ)	61	91,7 × 10 <sup>5</sup> ha
Sydvästra Sverige (SV)	45	95,3 × 10 <sup>5</sup> ha
Östersjön	176	373 × 10 <sup>5</sup> ha

Tidsutvecklingen i  $\text{NO}_y$  utsläppen i MATCH-området är mycket lika i de två databaserna under de två simuleringsperioderna (Figur 5.1). För  $\text{NH}_x$  visar de två databaserna dock helt olika trender. EMEPs data visar på en minskning från ca 6  $\text{TgN år}^{-1}$  till cirka 4  $\text{TgN år}^{-1}$  från 1980 till 2010 medan RCP4.5 (Lamarque m.fl., 2010) uppskattar att utsläppen av  $\text{NH}_3$  istället ökar från 5,5  $\text{TgN år}^{-1}$  till 6  $\text{TgN år}^{-1}$  under motsvarande period. Skillnaderna återspeglar svårigheten och den stora osäkerheten när det gäller att uppskatta  $\text{NH}_3$ -utsläpp som till största delen härrör från diffusa utsläpp inom jordbrukssektorn. Processer som är svåra att kvantifiera är  $\text{NH}_3$  som släpps ut ifrån växtlighet och mark även om lufthalterna är höga, deposition som kan begränsas av mättade jordar och deponerat  $\text{NH}_3$  som kan återemitteras till atmosfären. Viktiga källor inom jordbrukssektorn är punktkällor (Hertel m.fl., 2012), till exempel djurstallar, gödsling med konstgödsel och stallgödsel, betande boskap och utsläpp ifrån vissa grödor. Medan EMEPs emissionsinventering bygger på enskilda länders egna emissionsinventeringar är RCP4.5-emissionerna baserade på en metodik för alla länder. En del antaganden som då måste göras kan vara mindre riktiga för vissa länder. Till exempel används antagandet att 50 % av utlagd gödsel plöjs ner och inte bidrar till direkt utsläpp till luften (Beusen m.fl., 2008, Bowman m.fl., 2002), något som beror på när och hur man sprider gödsel och vilka jordbruksredskap som används och alltså med stor sannolikhet är olika för olika länder och tidsperioder.

Förutom skillnader i totala emissioner föreligger också betydande skillnader i den rumsliga fördelningen av utsläppen (se Figur 5.2). Båda dessa faktorer är avgörande för resultaten från MATCH-modellen.



Figur 5.1. Tidsutveckling av årliga emissioner av  $\text{NO}_y$  och  $\text{NH}_x$  ( $\text{TgN år}^{-1}$ ) i MATCH-området i perioden 1960-2011. MATCH-området framgår av Figur 5.2.

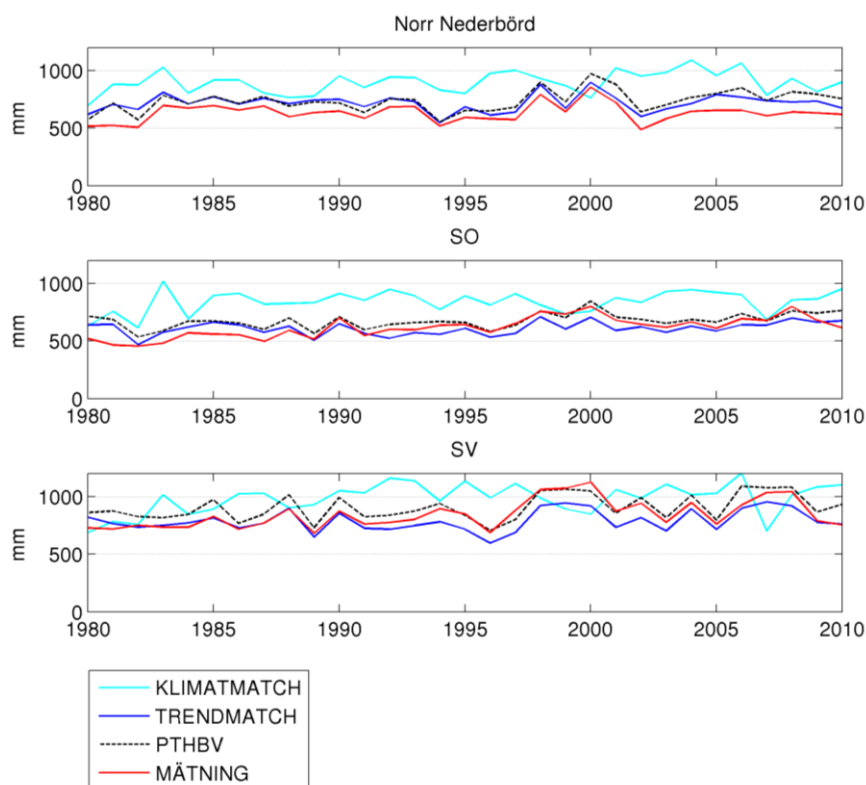


Figur 5.2. Rumslig fördelning av  $\text{NH}_3$  emissioner ( $10^6 \text{ g NH}_3 \text{ mån}^{-1}$ ) i MATCH-området under juli 2000.

## 5.2 Jämförelse mellan MATCH och observationer

För att jämföra de modellerade resultaten av våtdeposition med våtdeposition beräknat från mätningar har exakt samma månader som finns för mätningarna plockats ut ur modellen. Sedan har ett månadsmedelvärde beräknats för varje månad under perioden i de tre områdena. Innan beräkningen av månadsmedel har de 2 % lägsta och 2 % högsta mätvärdena filterats bort tillsammans med respektive modellerade värden. Extremt höga värden representerar ofta tillfällen med väldigt låga nederbördsmängder på enskilda stationer och kan inte anses vara representativa för den regionala skalan. För att beräkna uppmätt nedfall har mätningar av halt i nederbörd multiplicerats med SMHI nederbörd framtagen enligt PTHBV-modellen, som hämtats ifrån luftwebben (<http://luftwebb.smhi.se>).

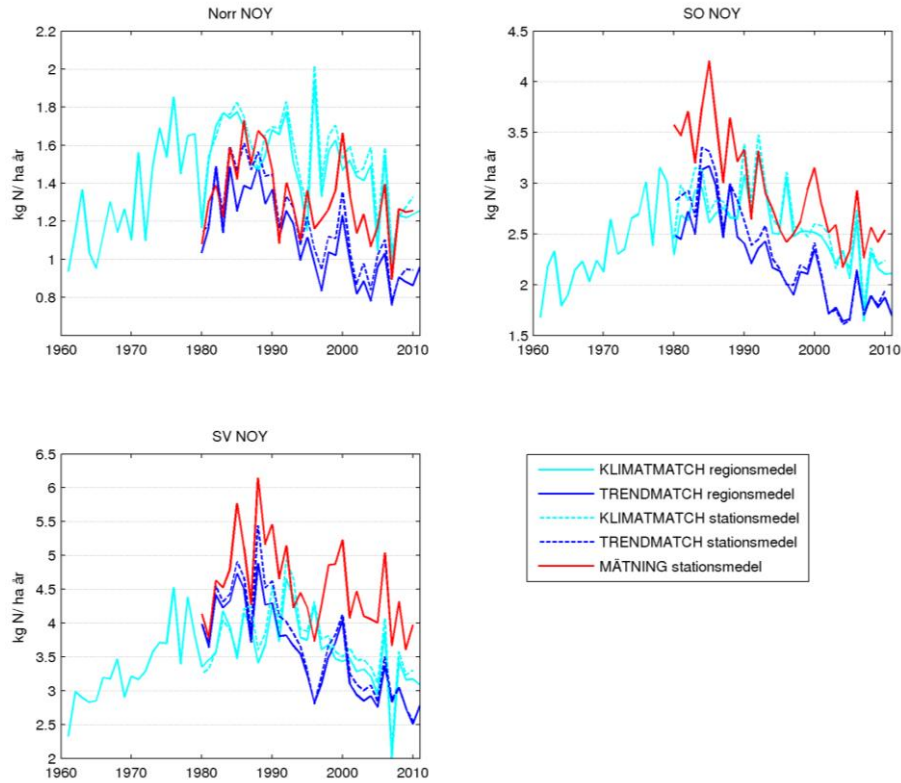
Det är en relativt god överensstämmelse mellan mätningarna på stationerna och nederbörd framtagen enligt PTHBV-modellen samt TRENDMATCH, medan KLIMATMATCH avviker från de övriga (Figur 5.3). Det syns tydligt att KLIMAT-körningens nederbörd överskattar nederbörden i Sverige. I årsmedel för en region skiljer SMHI-nederbörden sig inte mycket från uppmätta nederbördsmängder från mätstationerna. För enskilda mätpunkter är de beräknade SMHI nederbördsmängderna (PTHBV) oftast större än den nederbördsmängd som har mätts på stationen (Bilaga 3).



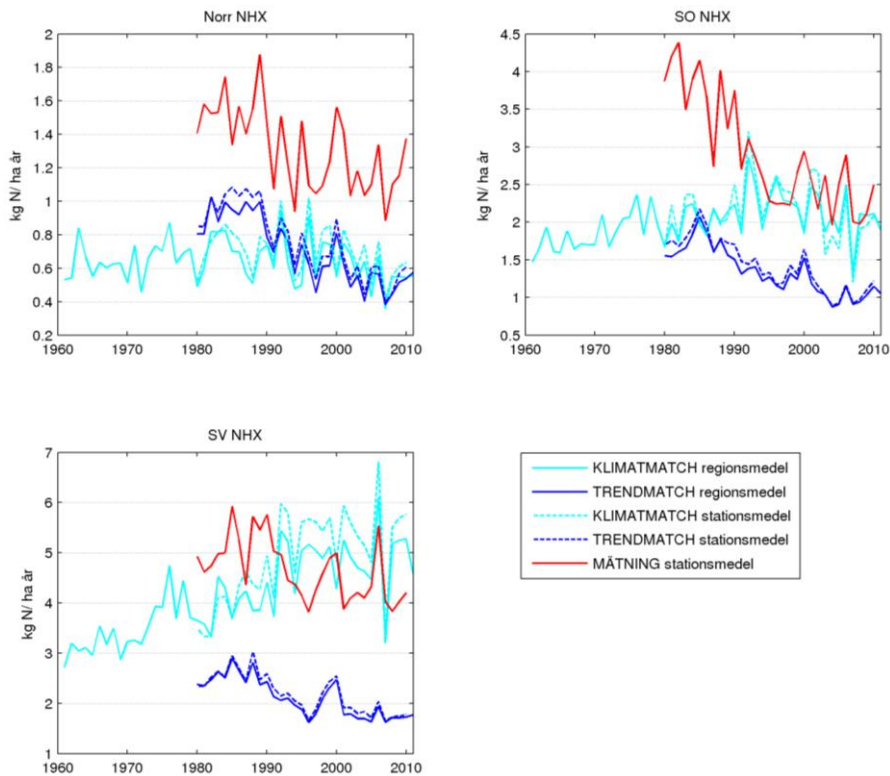
Figur 5.3. Nederbörd (mm) bestämd för de två MATCH-simuleringarna, enligt PTHBV-modellen (SMHI-korrigerad nederbörd) och för mätstationerna för de tre områdena N, SÖ och SV i perioden 1980-2010.

MATCH-modellen har också använts för att beräkna regionala medel i våtdeposition över hela regionen. Skillnaden mellan regionala medel beräknade med hela regionens yta skiljer sig inte nämnvärt från de beräknade värden ifrån mätstationer som är olika under olika tidsperioder (Figur 5.4 och 5.5). Detta stärker mätstationernas representativitet för regionen.

Våtdepositionen av  $\text{NO}_3^-$  simuleras bra av modellerna med relativt Mean Absolute Error (MAE) på endast drygt 20 % för TRENDMATCH (månadsmedel) och relativt bias över hela perioden lägre än 20 % för alla områden, båda simuleringarna (Tabell 5.3). Även här är korrelationen för månadsmedel bättre för TRENDMATCH (0,84-0,87) än för KLIMATMATCH (0,19-0,23), vilket är att förvänta då KLIMATMATCH utgår från ett slumpmässigt väder och TRENDMATCH utgår från det uppmätta vädret. Däremot ligger oftare KLIMATMATCH närmare mätningarna i absoluta årsmedelvärden (Figur 5.4).



Figur 5.4. Årsmedelvärden av våtdepositionen av  $\text{NO}_3^-$  ( $\text{kg N ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ ) för de tre områdena N, SÖ och SV. Modellerad våtdeposition jämförs med uppmätt bulkdeposition (våt- plus torredeposition till insamlaren).



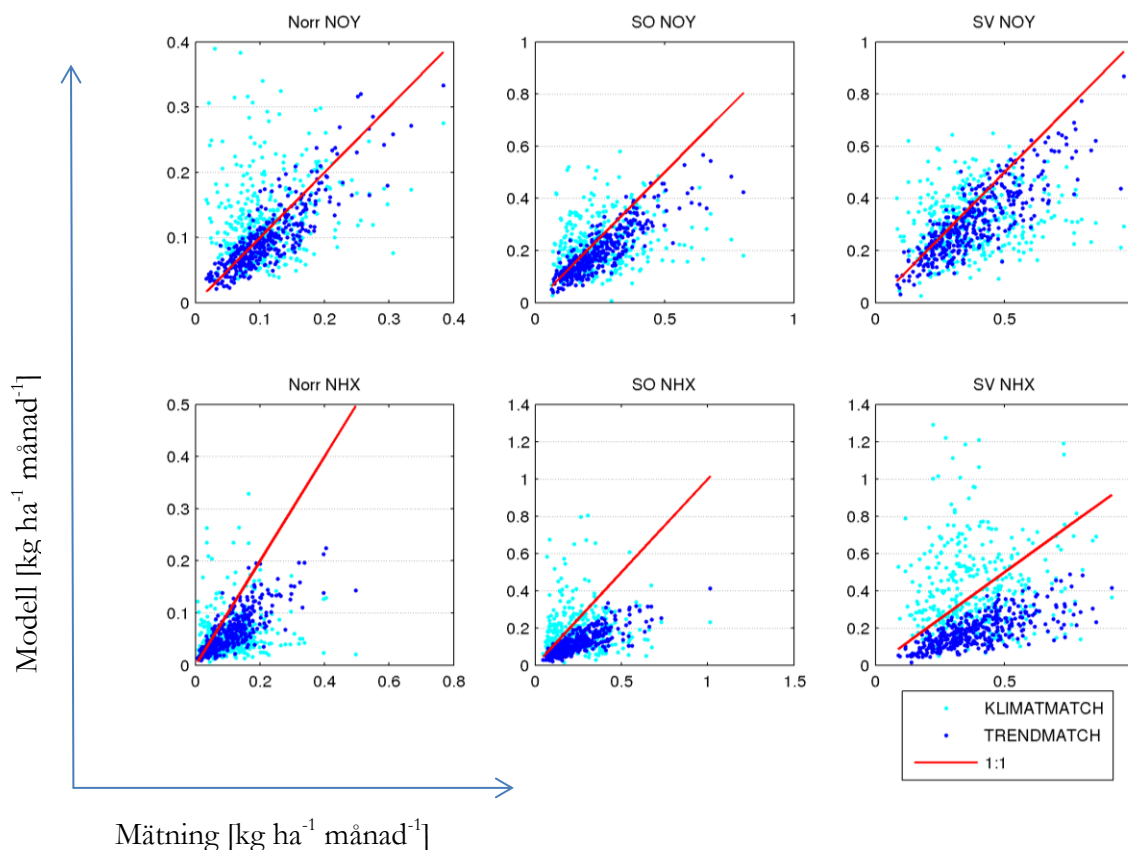
Figur 5.5. Årsmedelvärden av våtdepositionen av  $\text{NH}_4^+$  ( $\text{kg N ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ ) för de tre områdena N, SÖ och SV. Modellerad våtdeposition jämförs med uppmätt bulkdeposition (våt- plus torredeposition till insamlaren).

Tabell 5.3. Data från perioden 1960-2010 där varje område N, SÖ och SV har ett medelvärde, över alla stationer i området, per kalendermånad. De 2 % högsta och lägsta värdena har sorterats bort innan medelvärdesbildningen. Medelvärden från hela denna serie presenteras för mätningar och exakt motsvarande data från de två modellkörningarna TRENDMATCH och KLIMATMATCH. Nedfallet från mätningar är beräknad med nederbörds mängden ifrån PTHBV (<http://luftvebb.smbi.se>) och uppmätta halter i nederbörd, relativ mean absolute error (MAE) är medel av varje månads absoluta skillnad mellan modell och mätning för hela tidsserien:

$$\text{relativ MAE} = \frac{1}{n} \sum_i \frac{|\text{modell}_i - \text{mätning}_i|}{\text{mätning}_i}$$

Halt i nederbörd										
Ämne	Område	mätning	TRENDMATCH	KLIMATMATCH	mät//TRENDMATCH			mät//KLIMATMATCH		
		[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	Relativ bias	Relativ MAE	Korrelation	Relativ bias	Relativ MAE	Korrelation
NOX	N	0.21	0.19	0.22	-0.07	0.21	0.83	0.05	0.44	0.47
	SO	0.52	0.44	0.38	-0.14	0.21	0.83	-0.27	0.37	0.53
	SV	0.57	0.54	0.44	-0.06	0.18	0.78	-0.23	0.34	0.34
NHX	N	0.20	0.12	0.10	-0.39	0.39	0.79	-0.51	0.61	0.26
	SO	0.51	0.26	0.31	-0.49	0.45	0.83	-0.39	0.53	0.41
	SV	0.61	0.31	0.60	-0.48	0.45	0.76	-0.02	0.50	0.40
Deposition										
		mätning	TRENDMATCH	KLIMATMATCH	mät//TRENDMATCH			mät//KLIMATMATCH		
		[kg/(ha år)]	[kg/(ha år)]	[kg/(ha år)]	Relativ bias	Relativ MAE	Korrelation	Relativ bias	Relativ MAE	Korrelation
NOX	N	1.3	1.2	1.5	-0.10	0.23	0.86	0.17	0.78	0.19
	SO	3.0	2.4	2.7	-0.20	0.23	0.87	-0.10	0.46	0.23
	SV	4.5	3.7	3.7	-0.18	0.22	0.84	-0.18	0.40	0.19
NHX	N	1.3	0.8	0.7	-0.42	0.40	0.80	-0.47	0.74	0.15
	SO	2.9	1.4	2.1	-0.51	0.48	0.82	-0.26	0.59	0.10
	SV	4.7	2.2	4.9	-0.53	0.52	0.72	0.05	0.61	0.06
Nederbörd [mm]										
		mätning	PTHBV	ERA40	KLIMATMODELL					
	N	53	61	60	74					
	SO	51	56	51	70					
	SV	70	75	66	82					

När det gäller  $\text{NH}_x$  är KLIMATMATCHs totala emissioner högre än TRENDMATCHs efter 1992. Detta avspeglas på nedfallet i södra Sverige. Det är endast i norra Sverige som TRENDMATCH ger högre deposition än KLIMATMATCH innan 1990, medan KLIMATMATCH-körningen alltid ligger högre i södra Sverige-men biasen ökar när KLIMATMATCHs emissioner överstiger TRENDMATCHs emissioner. Efter 1990 är KLIMATMATCHs resultat i södra Sverige mycket närmare mätningarna och en slutsats från detta skulle kunna vara att emissionerna (Lamarque m.fl., 2000) har en bättre uppskattning av jordbrukets utsläpp, alternativt så beror det på klimatmodellens höga nederbörd i Sverige. Detta gäller dock inte för norra Sverige, vilket kan bero på antingen för låga emissioner i norr eller för mycket nedfall under transport av  $\text{NH}_x$  till norra Sverige. Korrelationen mot mätningarna på månadsbasis för klimatkörningen KLIMATMATCH är som väntat lägre än för TRENDMATCH (Tabell 5.3 och Figur 5.6) och detta beror på att meteorologin som driver KLIMATMATCH-körningen inte motsvarar den riktiga meteorologin under perioden, utan är en simulerad meteorologi vid samma klimat. Relativt Mean Absolute Error (MAE) för hela perioden är för en serie med månadsmedelvärden också sämre för KLIMATMATCH än för TRENDMATCH, även om KLIMATMATCHs årsmedelvärden ligger närmare mätningarnas årsmedel.



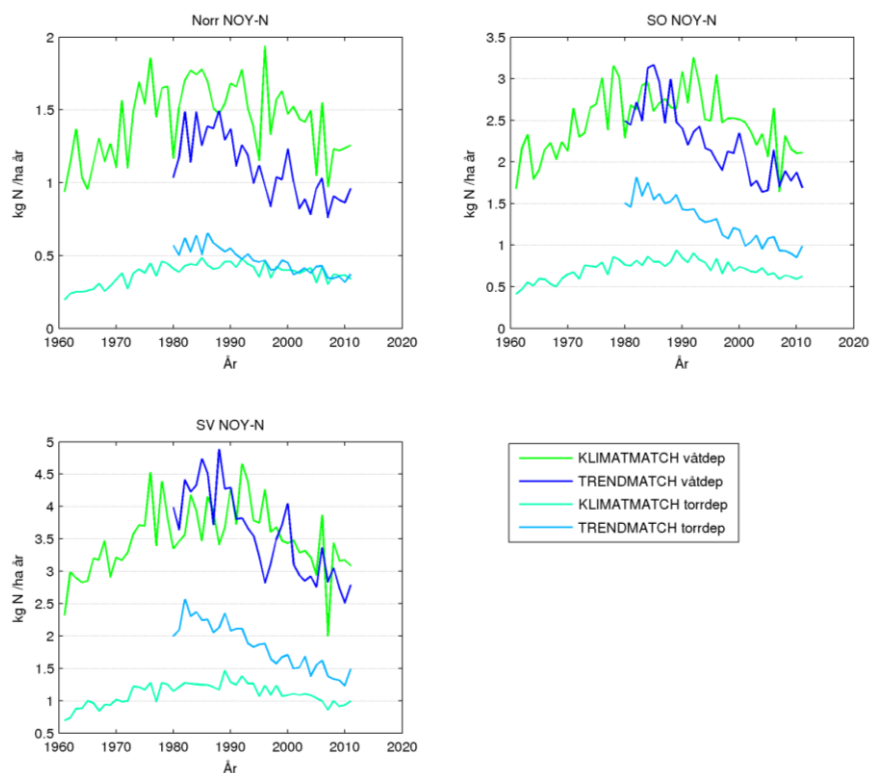
Figur 5.6. Modellerade månadsmedelvärden för våtdepositionen av  $\text{NO}_y$  och  $\text{NH}_x$  ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ månad}^{-1}$ ) under perioden 1960-2010 plottade mot motsvarande mätvärden i de tre områden (N, SÖ, SV). Detta är samma data som använts för statistiken i Tabell 5.3.

### 5.3 Våt- och torrdeposition 1960-2011

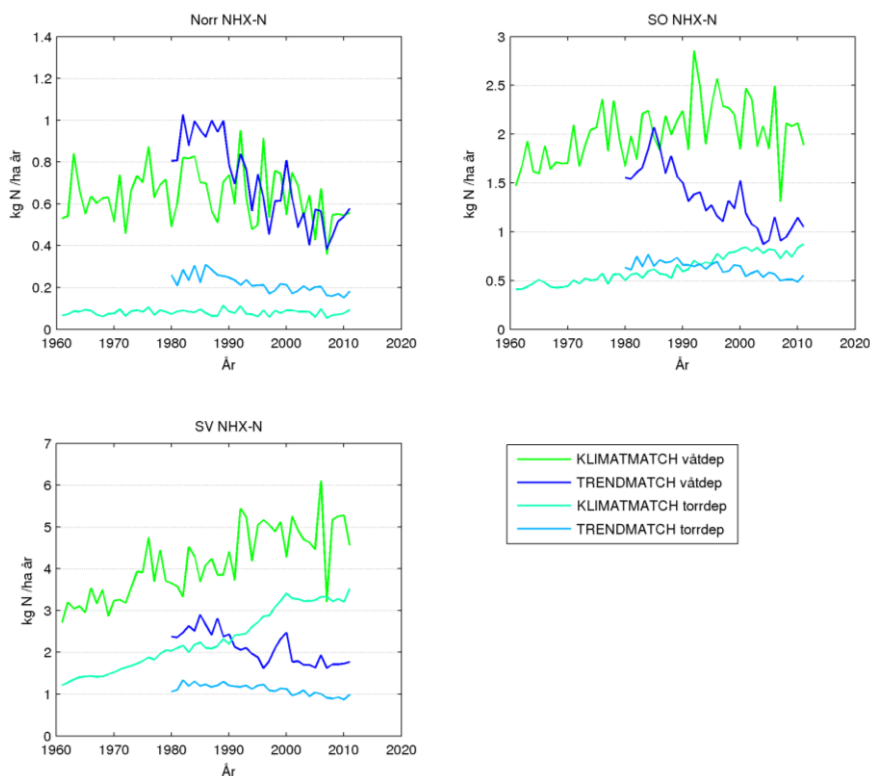
MATCH-modellen ger också en möjlighet att uppskatta torrdepositionen. Våtdepositionen dominerar, men torrdepositionen är enligt MATCH-resultaten aldrig försumbar. I sydöstra Sverige, där andelen torrdeposition är som högst, är den beräknade torrdepositionen av både  $\text{NO}_y$  och  $\text{NH}_x$  cirka hälften av den beräknade våtdepositionen. Detta motsvarar ungefär 30 % av det totala kvävenedfallet (Figur 5.7 och 5.8). I norra Sverige uppgår torrdepositionen till ungefär 20 % av totaldepositionen. Denna uppskattning kan jämföras med den uppskattningen som gjorts av torrdepositionens andel baserat på beräkningar från empiriska data med strängprovtagare (Kapitel 4), där torrdepositionen var en fjärdedel av totaldepositionen längst i sydväst och under 10 % i norr (Karlsson m.fl., 2011). Trenden (ökning eller minskning) ser ut att ha samma tecken i torr- och våtdepositionen (Figur 5.7 och 5.8).

KLIMATMATCH-systemet ger oftast högre våtdeposition men lägre torrdeposition än TRENDMATCH som drivs av återanalysen (ERA-Interim). Detta beror på en överskattning av nederbörden i RCA3-modellen och interaktionen mellan torr och våtdeposition: Om för mycket tvättas ut med regn minskar torrdepositionen (på grund av att det finns mindre kvar i atmosfären att deponeras).





Figur 5.7. Modellberäknad torr- och våtdeposition av  $\text{NO}_y\text{-N}$  ( $\text{kg N ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ ) till de tre områden (N, SÖ, SV) av Sverige 1961-2011.



Figur 5.8. Modellberäknad torr- och våtdeposition av  $\text{NH}_x\text{-N}$  ( $\text{kg N ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ ) till de tre områden (N, SÖ, SV) av Sverige 1961-2011.

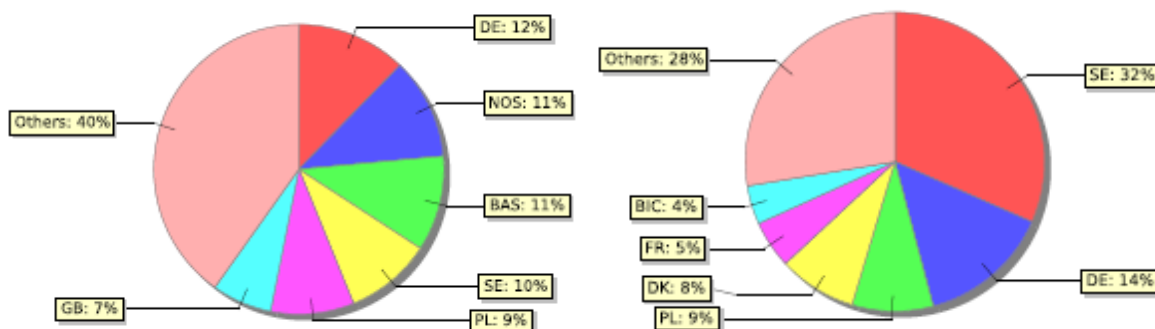
## 6. Trender i kväveemission och kvävenedfall

### 6.1 Trender i kväveemission och kvävedeposition - litteraturen

#### 6.1.1 Trender i kväveemission i övriga Europa

Emissioner av  $\text{NO}_y$  och  $\text{NH}_3$  i Sverige härstammar från olika antropogena kväveoxid- och ammoniakällor, främst från fossila bränslen, transport, industriella processer och djurhållning i lantbruket. En stor del av det kväve som faller ner i Sverige är utsläppt i andra länder (Figur 6.1). För  $\text{NH}_x$  kommer största delen av depositionen från emissioner i Sverige och grannländerna. Vi presenterar här emissioner från EMEPs inventering som bygger på respektive lands officiella emissioner. Det är dessa som har använts i TRENDMATCH. Det finns också andra emissionsinventeringar, till exempel RCP4.5 (Lamarque m.fl., 2010) som använts i KLIMATMATCH (Figur 5.1). Den största skillnaden mellan EMEPs emissioner och RCP4.5-emissionerna är att den totala emissionen för  $\text{NH}_x$  ökar mellan 1990 och 2010 för RCP4.5, medan den minskar för EMEP. Dessutom skiljer sig totalemissionen mellan de två inventeringarna upp till 40 % för  $\text{NH}_x$ . Detta är en indikation på osäkerheten hos emissionsinventeringar. För år senare än 2005 är RCP4.5 ett scenario, varför det finns anledning att lita mer på EMEPs emissioner för den tiden.

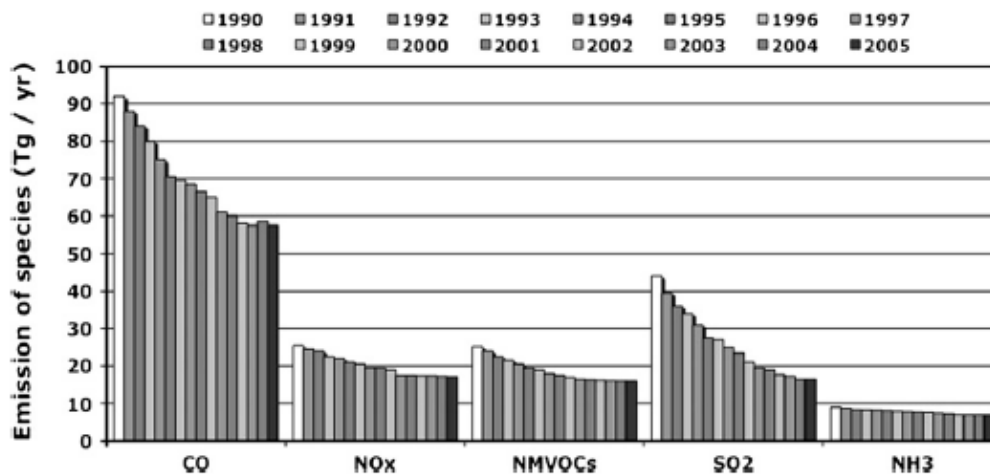
Ytterligare en emissionskartläggning vid namn EDGAR (Emission Database for Global Atmospheric Research) uppskattar att  $\text{NH}_3$ -emissionen från Europa ökade från 1970 till 1988 från knappt 5 Tg till knappt 6 Tg för att sedan minska till 5 Tg 1994. Sedan uppskattas emissionen vara konstant till år 2000 och därefter långsamt minska till 4.5 Tg 2008 (Hertel m.fl. 2012). Denna uppskattning är mycket lik EMEPs emissionsuppskattningar.



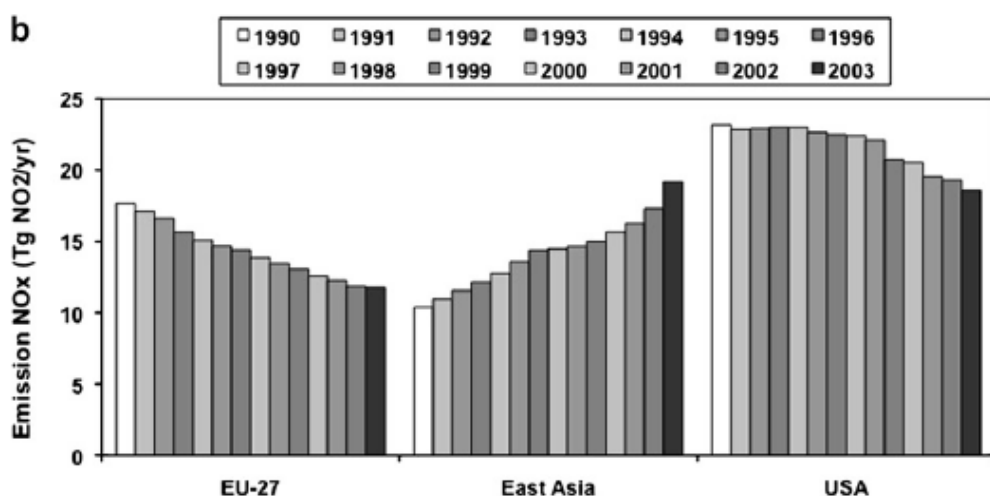
Figur 6.1. Fördelningen av källor för den svenska totaldepositionen av  $\text{NO}_y$  (till vänster) och  $\text{NH}_x$  (till höger) för år 2010. Data är från EMEP data note 1/2012.

Den totala europeiska kväveemissionen som rapporteras via EMEPs inventering har gått ned de senaste 20 åren (Monks m.fl., 2009; Klein m.fl., 2011; Schulz m.fl., 2013). Monks m.fl. (2009) visar på en kontinuerlig nedåtgående trend i emissionerna av  $\text{NO}_y$  och  $\text{NH}_3$  från 1990 till 2005.  $\text{NH}_3$ -emissionerna är långsamt nedåtgående medan emissioner av  $\text{NO}_y$  sjunker snabbare från 1990 till 2000 varefter den nedåtgående trenden avtar (Figur 6.2). Reduktionen i emission över dessa år har uppskattats till 32 % för  $\text{NO}_y$  och 23 % för  $\text{NH}_3$ . För åren 1990-2010 var nedgången 47 % för  $\text{NO}_y$  och 28 % för  $\text{NH}_3$ . Det är framförallt i Europa och i USA som  $\text{NO}_y$ -emissionen verkar avta. I Asien ses en uppåtgående trend i den totala  $\text{NO}_y$ -emissionen (Figur 6.3).

Dessutom ser mönstret annorlunda ut om man tittar på enskilda länder eller områden. Detta illustreras i Figur 6.4 av emissionsförändringarna hos de 6 länder/områden som 2010 bidrog mest till depositionen i Sverige. Bland de viktigaste källområdena för  $\text{NO}_y$  till Sverige är Nordsjön och Östersjön, där det rapporteras om en ökning av emissionerna från 1990 till 2010. Också de polska emissionerna ökar mellan 2000 och 2010.

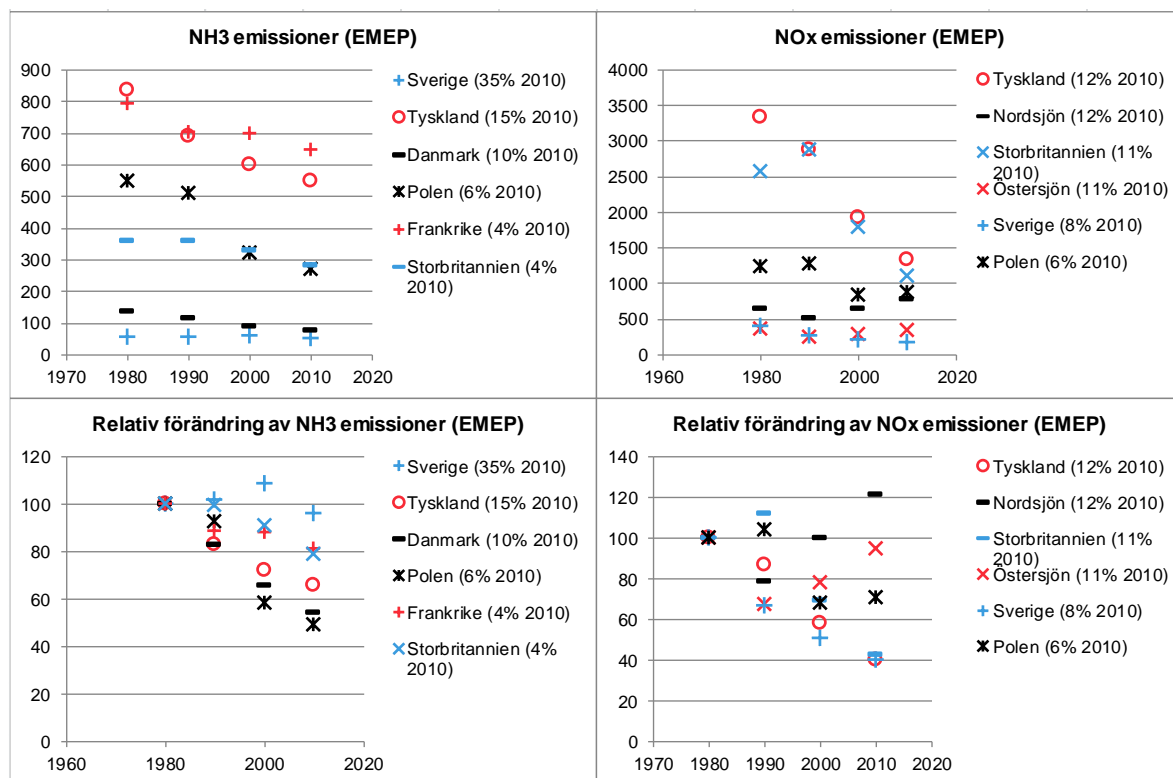


Figur 6.2. Trender i emissioner av luftförorenande gaser ( $\text{Tg } \text{år}^{-1}$ ) från 1990 till 2005 baserat på EMEP data. Från Monks m.fl. (2009).



Figur 6.3. Trender i emissioner av  $\text{NO}_y$  ( $\text{Tg } \text{NO}_2 \text{ år}^{-1}$ ) från 1990 till 2005 i Europa, Östasien och USA. Från Monks m.fl. (2009).

För  $\text{NH}_x$  ser minskningen från de viktigaste källområdena mer stabil ut enligt EMEPs uppskattningar. De svenska emissionerna, som står för 32 % av nedfallet, ökar från 1980 till 1990 till 2000 och minskar sedan till 2010. Storbritanniens emissioner ökar lite mellan 1980 och 1990 men minskar sedan, vilket också emissionerna från alla övriga viktiga källområden för  $\text{NH}_x$  gör.



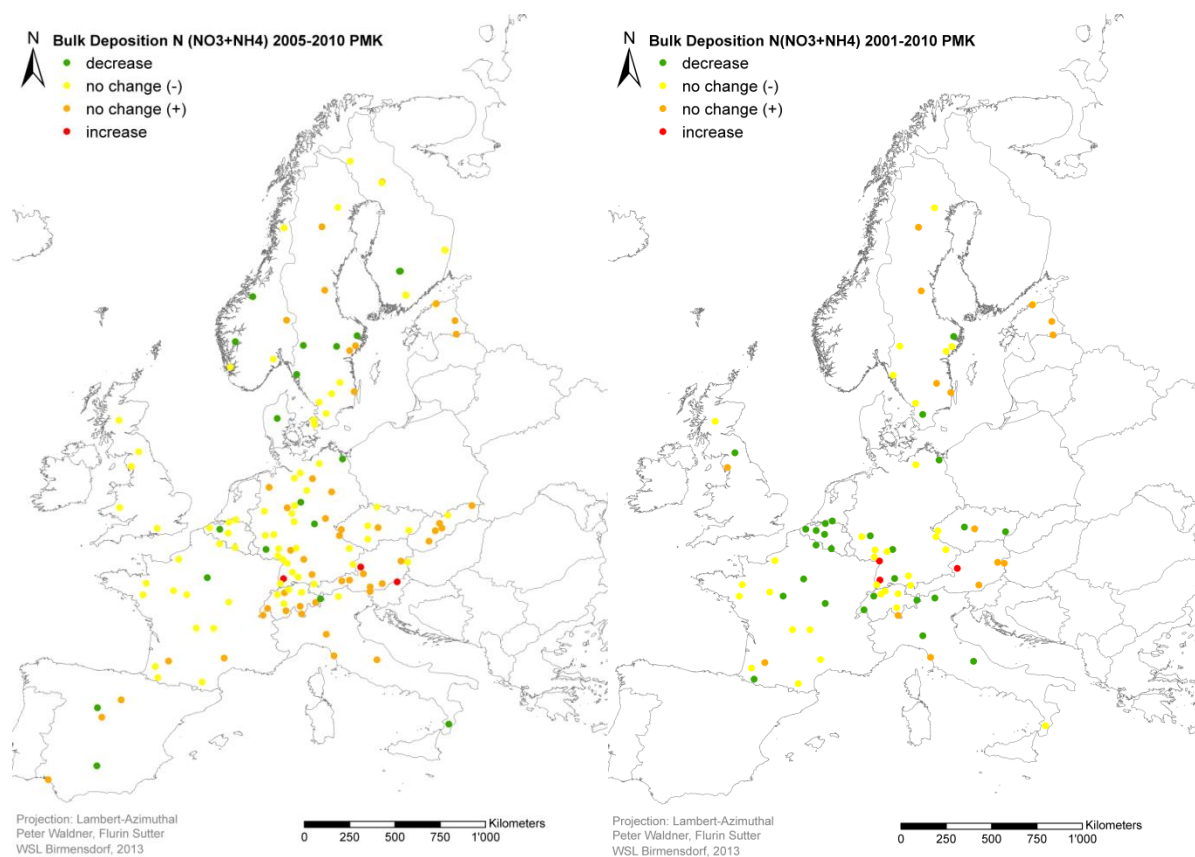
Figur 6.4. Årliga totala emissioner för de 6 länder som enligt beräkningar med EMEP modellen bidrog mest till nedfallet i Sverige 2010. Värdet i % efter landets namn indikerar hur stor del av den svenska totaldepositionen 2010 som kom från landet. Övre panelerna visar ländernas totala emission i Gg år<sup>-1</sup>. Data är från EMEP data note 1/2012.

### 6.1.2 Trender i kvävedeposition i övriga Europa

I en rapport från Storbritannien anges att bulkdepositionen av kväve inte förändrats i någon större utsträckning under den senaste tjuugoårsperioden (Kernan m.fl., 2010). Däremot visar en nyutkommen norsk rapport statistiskt signifikanta nedåtgående trender i kvävekoncentrationerna på 9 stationer (varav 3 EMEP stationer) under perioden 1980-2010. Den största procentuella ändringen i koncentrationerna sågs under åren 1990-2000 (Aas, 2013). En ny europeisk studie gjord på ICP Forests data visar på att 14 % av skogsstationerna särskilt i Centraleuropa och norra delen av Norden hade en signifikant nedåtgående trend i kvävenedfallet (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) under perioden 2005-2010 i bulkdepositionen, 2 % hade uppåtgående trend medan för 84 % syntes ingen signifikant utveckling (Figur 6.5) (Waldner m.fl., 2013). För den längre perioden 2001-2010 var det motsvarande 66 % av stationerna som var oförändrade. Eftersom en femårig period är kort att analysera trender för är det mest 10-års utvecklingen i Europa som är intressant i vår sammanhang.

Särskilt för NO<sub>3</sub><sup>-</sup> är den nedåtgående trenden i kvävenedfall svagare i den senaste perioden, 2005-2010, än i den längre perioden 2001-2010 (Waldner m.fl., 2013). Perioden 1998-2007 blev tidigare undersökt av Granke m.fl. (2010) för samma skogsstationer och de fann att trenden generellt var nedåtgående för både NO<sub>3</sub><sup>-</sup> och NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

En rad övriga studier över trender i bulkdeposition (Tabell 6.1 – olika tidsperioder och datakällor) visar att data i Europa ofta visar på nedåtgående trender i kvävenedfallet men att andelen stationer med signifikanta trender varierar från 0 till 100 %. Det råder därför stor oklarhet om trenderna i kvävenedfallet i Europa och varför bulkdeposition, krondropp och totaldeposition av kväve inte alltid följer nedgången i kväveemissionerna.



Figur 6.5. Trender av oorganiskt kväve ( $\text{NO}_3\text{-N}+\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) i bulkdeposition bestämda med Partial Mann-Kendall test (PMK) på Europeiska Level II ytor för mätningar från 2005 till 2010 (vänster bild – totalt 132 stationer) och från 2001 till 2010 (höger bild – totalt 76 stationer). Ytor utan signifikanta trender markeras med gula och orange punkter. Gröna prickar visar stationer med signifikanta negativa trender i krondroppet. Från Waldner m.fl. (2012; 2013).

Tabell 6.1. Litteraturvärden för estimerade medeländringar i kvävenedfall per år ( $\text{max}|\text{min}$  ändring i % per år) och andel stationer med signifikanta trender i parentes. Tabellen refererar ett antal europeiska studier som Waldner m.fl. (2013) summerar.

Reference	Region	Period	Metod	n	N
Meesenburg m.fl. (1995)	Tyskland	1981-1994	SMK	4/7	$\text{NO}_3^-$ : BD 0 -3 (100)
Rogora m.fl.. (2006)	Alperna	1985-2002	SMK	7	$\text{NO}_3^-$ :BD (29), $\text{NH}_4^+$ : BD (86)
		1990-2002	SMK	3/20	$\text{NO}_3^-$ :BD -1 -2 (35), $\text{NH}_4^+$ :BD -2 -5 (50)
Pihl Karlsson m.fl.. (2011)	Sverige	1996/97- 2007/08	MK	20	$\text{NO}_3^-$ :BD (0), $\text{NH}_4^+$ : BD (5), N: BD (10)
Vanguelova et al. (2010)	England	1995-2006	SMK		$\text{NO}_3^-$ : BD (40) $\text{NH}_4^+$ : BD (20)
Oulehle m.fl. (2011)	Tjeckien	1995-1998,	ratio	1	N: BD -1
Fagerli och Aas (2008)	Europa	1980-2003	EMEP	mod	$\text{NO}_3^-$ and $\text{NH}_4^+$ : WD - 1 -3 (50)

Metod: SMK=Seasonal Mann-Kendall, K=Mann-Kendall, PMK=Partial Mann-Kendall, mod=Kartläggning av modellresultat, ratio=jämförelse av medelvärden för två perioder; N: BD=bulkdeposition, WD=vätdeposition.

Fagerli och Aas (2008) har jämfört  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NH}_4^+$  koncentrationer i bulkmätningar med motsvarande värden modellerade med EMEP-modellen för 1980 till 2003 för olika stationer i Europa. De visar att de flesta reduktioner i emissionerna hände åren 1985 till 1995. Till exempel Verstraeten m.fl. (2012) menar att effekten av tekniska åtgärder för att sänka emissionerna från

industrin, trafiken och lantbruket under 1980- och 90-talet resulterade i klara nedåtgående trender för åtminstone  $\text{NH}_4^+$ . Dessa åtgärder har blivit marginella på senare år samtidigt som ökande trafik motverkar effekterna av de hårdare kraven på fordonsflottan.

Waldner m.fl. (2012, 2013) sammanfattar att det behövs obrutna tidsserier på minst 6-10 år för att kunna upptäcka signifikanta trender i kvävenedfallet på 1-3 % ändring med Mann-Kendall metoden. En så liten nedgång i kvävenedfallet är för långsam för att undvika överskridande av kritiska belastningsgränser för försurning och eutrofiering av skogarna i Europa den närmsta framtiden (Reis m.fl., 2012).

## 6.2 Statistisk analys av trender - metod

För den statistiska trendanalysen valdes Mann-Kendall metodiken (Kendall, 1975; Dietz och Killeen, 1981) efter diskussion av möjliga metoder. Olika studier har jämfört olika trendanalystekniker, bland annat har Waldner m.fl. (2013) jämfört linjär regressionsanalys med olika Mann-Kendall analystekniker i deras studie av trender i kvävedeposition i Europa. Med Mann-Kendall tests som användes på månadsdata upptäckte man fler signifikanta trender än med linjär regression och Mann-Kendall tests som användes på årliga medelvärden av kvävenedfall.

Mann-Kendalltestet är ett icke-parametrisk test som baseras på rangordning av observationer i en serie. När analysen ska göras för månatliga data beräknas ett Mann-Kendall test för varje serie av observationer från samma månad. Resultaten kan tolkas separat för de olika månaderna eller kombineras till ett gemensamt test genom att summera över alla månader samtidigt som man justerar för korrelationer mellan månadsserierna (Seasonal Mann-Kendall test, Hirsch och Slack, 1984). På samma sätt kan man summera trendtesten över fler stationer inom ett gemensamt område genom att ta hänsyn till korrelationer mellan stationerna.

Mann-Kendalltestet beräknar trender för varje säsong och station separat, men ger möjlighet att summera resultat över alla säsonger och över flera stationer för att få testresultat för större områden. Vanligtvis observerades stationerna inte under hela tidsperioden och saknade värden är vanliga. Detta utgör inte något problem för trendberäkningarna, så länge värden saknas på ett slumpmässigt sätt, men det minskar sannolikheten att upptäcka trender i jämförelse med kompletta serier.

Att analysera månadsdata istället för årsmedelvärden har två fördelar: Årsmedelvärden behöver inte bildas och säsongspecifika trender kan upptäckas. Att bilda ett årsmedelvärde när det saknas värden under året kan vara problematiskt om data uppvisar stark säsongvariation. Med årsmedelvärden kan man också enbart bedöma om genomsnittsnivån över året uppvisar en trend. Ibland kan det uppstå trender under vissa säsonger på grund av ändrade emissionsmönster. Sådana trender är svårare att upptäcka och tolka när årsmedelvärden används.

## 6.3 Trender i våtdeposition

### 6.3.1 En översikt av de statistiska analyserna

Mann-Kendalltest lämpar sig endast för monotona trender, det vill säga förändringar över tid som bara går åt ett håll. Använder man Mann-Kendalltest på en serie som har både upp- och nedgångar så tar dessa ut varandra och trendteststatistiken blir liten och icke-signifikant. Det är uppenbart att nedfallet av kväve till Sverige har både ökat och minskat över perioden 1955-2011. För att ändå kunna analysera de långa tidserierna på ett bra sätt analyserar vi trender genom att använda Mann-Kendalltestet för kortare tidsperioder inom perioden 1955 till 2011. Detta görs

dels i sex 10-års perioder, 1955-1964, 1960-1969, 1970-1979, 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009 och dels i två 20-årsperioder, 1970-1989 samt 1990-2009. De stationer som hade data under minst 8 år under de olika 10-årsperioderna och motsvarande 16 år för de olika 20-årsperioderna var med i den statistiska analysen (Bilaga 1) för att säkerställa att trenderna blir representativa och inte påverkas av att stationerna flyttats under de analyserade perioderna. Utöver detta så testades hela tidsserien för de enskilda stationerna om de hade en tidsserie på 8 år eller längre. Slutligen gjordes analyser med och utan inkludering av locksamlare.

De ämnen som testades statistiskt var nederbördsmängd,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  samt  $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ . Både koncentration och deposition testades. Två olika depositioner beräknades dels med uppmätta nederbördsmängder från mätningarna vid mätplatsen samt dels med interpolerade data från SMHI. Analyserna gjordes dels för varje mätplats för sig, samt dels för de tre regionerna N, SÖ och SV.

Dessutom testades MATCH-modellerade data för två olika MATCH-körningar, KLIMATMATCH och TRENDMATCH (kapitel 5). För MATCH-modellerade data testades tidsperioden 1990-2009 för de två olika körningarna. Ett dataset med samtliga stationer samt ett dataset där endast de stationer som det finns mätningar för under samma perioder var med.

I detta kapitel presenteras resultaten både i tabellform och i kartform. Kartorna beskriver endast deposition av olika ämnen där lockprovtagarna tagits bort. Då skillnaden mellan deposition beräknad med uppmätt nederbörd och med SMHI-modellerad/interpolerad nederbörd inte var speciellt stor redovisas i huvudsak resultaten med uppmätt nederbördsmängd. Detta för att de på ett bättre sätt motsvarar de faktiska förhållandena vid mätplatserna. Alla detaljerade resultat från de statistiska analyserna finns i Bilaga 4 och 5. I Bilaga 6 beskrivs depositionen beräknad med SMHI modellerad nederbördsmängd för de två 20-årsperioderna. I Bilaga 7 ses de mätstationer som ingår i analyserna i en lista som visar vilka nätverk, regioner och län stationerna tillhör.

### 6.3.2 Analys av kvävenedfall 1955-1989

#### **Analyser av 10-årsperioder**

Uppmätta nederbördsmängder ökade signifikant i sydöstra Sverige mellan 1970-1979. En av tre stationer gav upphov till denna ökning. Ingen annan statistiskt signifikant förändring av nederbördsmängder noterades under någon av de analyserade 10-årsperioderna mellan 1955-1989 vare sig för de uppmätta eller SMHI-beräknade nederbördsmängderna (Tabell 6.2, Bilaga 6).

Under perioden 1955-1989 ökade depositionen av olika kväveformer på ett statistiskt säkerställt sätt i flera regioner för flera av de analyserade 10-årsperioderna (Tabell 6.2). Under de olika 10-årsperioderna varierade antalet stationer som var med i analysen mellan 8 och 13 stationer. Detta gör att antalet stationer i de olika regionerna kan vara lågt för vissa tidsperioder. För det samlade nedfallet av oorganiskt kväve ( $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ ) påvisades endast en signifikant uppgång för sydvästra Sverige för perioden 1960-1969 oavsett om nederbörden var uppmätt eller beräknad. För övriga 10-årsperioder erhöles inga signifikanta trender i något område. Det var främst nedfallet av  $\text{NO}_3^-$  som ökat signifikant för vissa områden under de olika 10-årsperioderna mellan 1955 och 1989. I sydvästra Sverige ökade depositionen av  $\text{NO}_3^-$  främst i början av perioden fram till 1970. För nedfallet av  $\text{NH}_4^+$  visade de statistiska analyserna inga signifikanta förändringar under tidsperioden, baserat på uppmätta nederbördsmängden. Analyser av nedfall baserat på SMHI-nederbörd resulterade i liknande resultat, med något fler statistiskt säkerställda förändringar. För perioden 1960-1969 blev ökningen av nedfallet av  $\text{NH}_4^+$  signifikant för sydvästra Sverige. För norra Sverige blev en ökning av nedfallet av  $\text{NO}_3^-$  signifikant under perioden 1980-1989.

Analyserna av trender vad gäller koncentrationerna av olika kväveformer i nederbörden visade statistiska förändringar i sydvästra och sydöstra Sverige i början av tidsperioden mellan 1955-1969. Efter 1970 erhöles inga statistisk signifikanta förändringar för uppmätta koncentrationer. De förändringar som erhöles visade främst en ökning av  $\text{NO}_3^-$  eller  $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$  men under perioden 1955-1964 noterades en minskning av koncentrationer av  $\text{NH}_4^+$  i sydvästra Sverige.

I Figur 6.6 illustreras i kartform resultaten av statistiska trendanalyser vad gäller det totala oorganiska kvävedepositionen under de olika 10-årsperioderna 1970-79 samt 1980-89. Den totala oorganiska kvävedepositionen förändrades inte i någon region för någon av tidsperioderna, men däremot visas att 2 av 6 stationer i sydvästra Sverige och 2 av 3 i sydöstra Sverige uppvisade statistiskt signifikanta ökning under perioden 1970-79. Under perioden 1980-89 uppvisade inga enskilda stationer någon statistiskt säkerställd förändring.



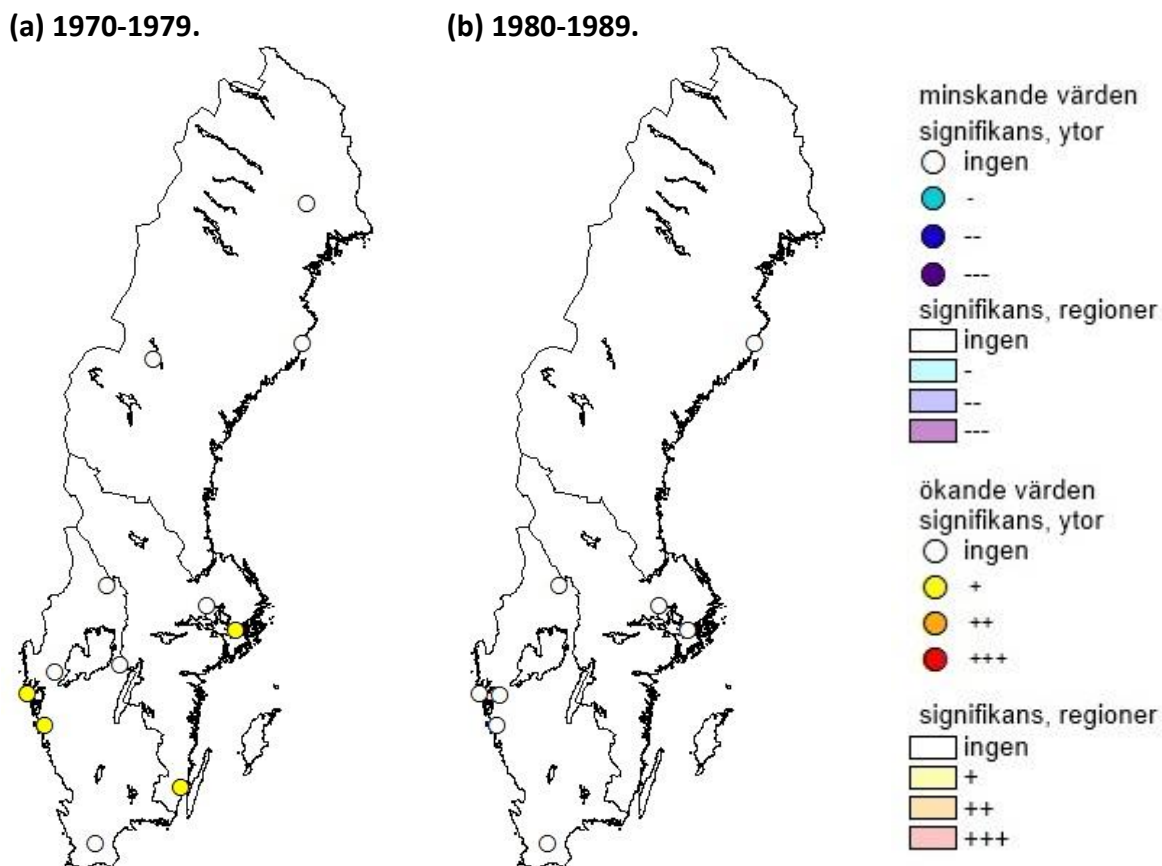
Tabell. 6.2. Resultat från trendanalys med Mann-Kendall. Resultaten bygger på mätningar från öppet fält på stationer i Sverige där datamängden under tioårsperioderna (1955-64, 1960-69, 1970-79, 1980-89) omfattar minst 8 års data. Tecken och färg anger om respektive område uppvisade en signifikant ökning eller minskning under tidsperioden. Ju mer gul/orange, ju mer signifikans; röd färg anger trestjärnig signifikans. Motsvarande minskningar visas med blå färg. 1955-64: n=8 (norra Sverige=3, sydöstra Sverige=2, sydvästra Sverige=3) 1960-69: n=10 (norra Sverige=3, sydöstra Sverige=3, sydvästra Sverige=4) 1970-79: n=12 (norra Sverige=3, sydöstra Sverige=3, sydvästra Sverige=6) 1980-89 bara bulkprovtagare: n=8 (norra Sverige=1, sydöstra Sverige=2, sydvästra Sverige=5) 1980-89 inklusive lock: n=13 (norra Sverige=2, sydöstra Sverige=3, sydvästra Sverige=8)

Response variable	Område	Signifikans	Data ≥ 8 år				
			1955-1964 8 lokaler (3 N-3 SV-2 SÖ)	1960-1969 10 lokaler (3 N-4 SV-3 SÖ)	1970-1979 12 lokaler (3 N-6 SV-3 SÖ)	1980-1989 8 lokaler (1 N-5 SV-2 SÖ)	1980-1989 inkl. LOCK 13 lokaler (2 N-8 SV-3 SÖ)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige						
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige		+				
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige						
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige						
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige						
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige						
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige						+
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	++	+				+
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige						

Response variable	Område	Signifikans	1955-1964	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1980-1989 inkl. LOCK
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige						
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige			++			
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige						
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige						
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige			+			
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige						
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige					+	+
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	++	++				
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	+					

Response variable	Område	Signifikans	1955-1964	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1980-1989 inkl. LOCK
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige						
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige			++			
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige						
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige						
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	-					
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige						
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Norra Sverige						
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	+	+				
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	+	+				

Response variable	Område	Signifikans	1955-1964	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1980-1989 inkl. LOCK
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige						
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige						
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige				+		
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Norra Sverige						
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Sydvästra Sverige						
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Sydöstra Sverige						



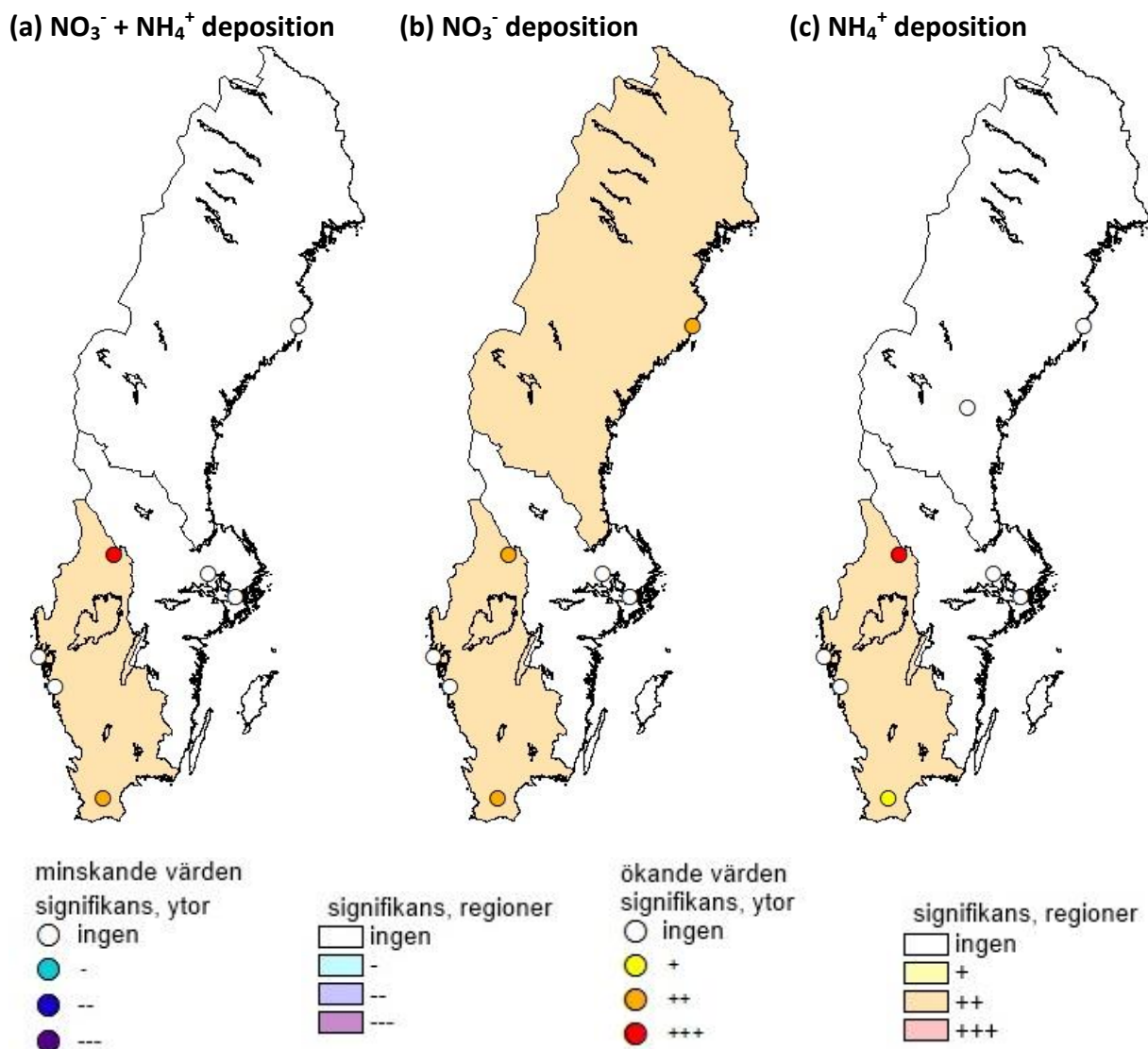
Figur 6.6. Resultat från trendanalys med Mann-Kendall av kvävedepositionen ( $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ ) för (a) 1970-79 samt (b) 1980-89. Resultaten bygger på mätningar från öppet fält på stationer i Sverige där datamängden under vardera period omfattar minst 8 års data. Depositionen är uträknad med hjälp av uppmätt nederbörds mängd på de olika stationerna. Punkterna anger om respektive lokal uppvisade en signifikant ökning eller minskning under tidsperioden. Sverige är indelat i tre regioner och eventuell signifikans för hela regionen anges i figuren.

(a)  $n=12$  (norra Sverige=3, sydöstra Sverige=3, sydvästra Sverige=6)

(b)  $n=8$  (norra Sverige=1, sydöstra Sverige=2, sydvästra Sverige=5)

### Analyser av 20-årsperioden 1970-1989

I Figur 6.7 illustreras resultaten av statistiska trendanalyser i kartform vad gäller kvävedeposition under perioden 1970-1989. Det totala oorganiska kvävenedfallet ökade i sydvästra Sverige under 20-årsperioden 1970-1989 (Figur 6.7a). Två av de fyra stationerna i sydvästra Sverige uppvisade en signifikant ökning. Även depositionen av  $\text{NO}_3^-$  och  $\text{NH}_4^+$  var för sig ökade signifikant under perioden i sydvästra Sverige (Figur 6.7b-c). I norra och sydöstra Sverige skedde ingen statistiskt säkerställd förändring av det totala oorganiska kvävenedfallet under perioden 1970-1989. I norra Sverige ökade depositionen av  $\text{NO}_3^-$  signifikant under 1970-89 (Figur 6.7b). Denna analys baseras dock endast på en mätstation varför representativiteten för hela denna region är mycket osäker.



Figur 6.7. Resultat från trendanalys med Mann-Kendall. Resultaten bygger på mätningar från öppet fält på stationer i Sverige där datamängden under 1970-89 omfattar minst 16 års data. Depositionen är uträknad med hjälp av uppmätt nederbörds mängd på de olika stationerna. Punkterna anger om respektive lokal uppvisade en signifikant ökning eller minskning under tidsperioden. Sverige är indelat i tre regioner och eventuell signifikans för hela regionen anges i figuren.  
(a)  $n=7$  (norra Sverige=1, sydöstra Sverige=2, sydvästra Sverige=4)  
(b)  $n=7$  (norra Sverige=1, sydöstra Sverige=2, sydvästra Sverige=4)  
(c)  $n=8$  (norra Sverige=2, sydöstra Sverige=2, sydvästra Sverige=4)

Både de uppmätta och SMHI-beräknade nederbörds mängderna ökade på ett statistiskt säkerställt sätt mellan 1970 och 1989 i områdena sydvästra och norra Sverige (Tabell 6.3, Bilaga 6). I sydöstra Sverige fanns en tendens till ökning av de uppmätta nederbörds mängderna som var relativt nära signifikans ( $p=0,082$ ) (Bilaga 4).

Analysen av perioden 1970-1989 resulterade i starka signifikanser för ökning av nedfallet baserat på uppmätt nederbörd i främst sydvästra Sverige. I norra Sverige ökade nedfallet av  $\text{NO}_3^-$  signifikant. För området sydöstra Sverige uppnåddes inga signifikanta förändringar av kvävenedfallet för perioden 1970-1989. Både i norra och sydöstra området var, som nämnts tidigare, antalet mätstationer som kunde inkluderas i analysen starkt begränsat vilket gör representativiteten för området osäker. När perioden 1970-1989 analyserades med avseende på nedfall baserat på SMHI nederbörd blev resultaten de samma (Bilaga 6).

Tabell 6.3. Resultat från trendanalys med Mann-Kendall. Resultaten bygger på mätningar från öppet fält på stationer i Sverige där datamängden under 1970-89 omfattar minst 16 års data. Tecken och färg anger om respektive område uppvisade en signifikant ökning eller minskning under tidsperioden. Ju mer gul/orange, ju mer signifikans; röd färg anger trestjärnig signifikans. Motsvarande minskningar visas med blå färg.  
Antal stationer n=7 (norra Sverige=1, sydöstra Sverige=2, sydvästra Sverige=4).

		Data ≥ 16 år 1970-1989
Antal lokaler är för NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbördsmängd		7 lokaler (1 N-4 SV-2 SÖ)
Response variable	Område	Signifikans
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbördsmängd	Norra Sverige	
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	++
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Norra Sverige	
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	++
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Norra Sverige	++
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	++
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	
		1970-1989
Response variable	Område	Signifikans
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbördsmängd	Norra Sverige	
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	+
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Norra Sverige	
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	++
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Norra Sverige	+
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	++
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	
		1970-1989
Response variable	Område	Signifikans
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Norra Sverige	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	
		1970-1989
Response variable	Område	Signifikans
Nederbörd uppmätt nederbördsmängd	Norra Sverige	++
Nederbörd uppmätt nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	+
Nederbörd uppmätt nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	
Nederbörd, SMHI beräknad nederbördsmängd	Norra Sverige	+
Nederbörd, SMHI beräknad nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	+
Nederbörd, SMHI beräknad nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	

När det gäller koncentrationer av olika kväveformer i nederbörden under perioden 1970-1989 var inga förändringar statistiskt säkerställda för något område. Detta betyder att det ökande nedfallet av olika kväveformer under denna period i sydvästra Sverige berodde på ökande nederbördsmängder.

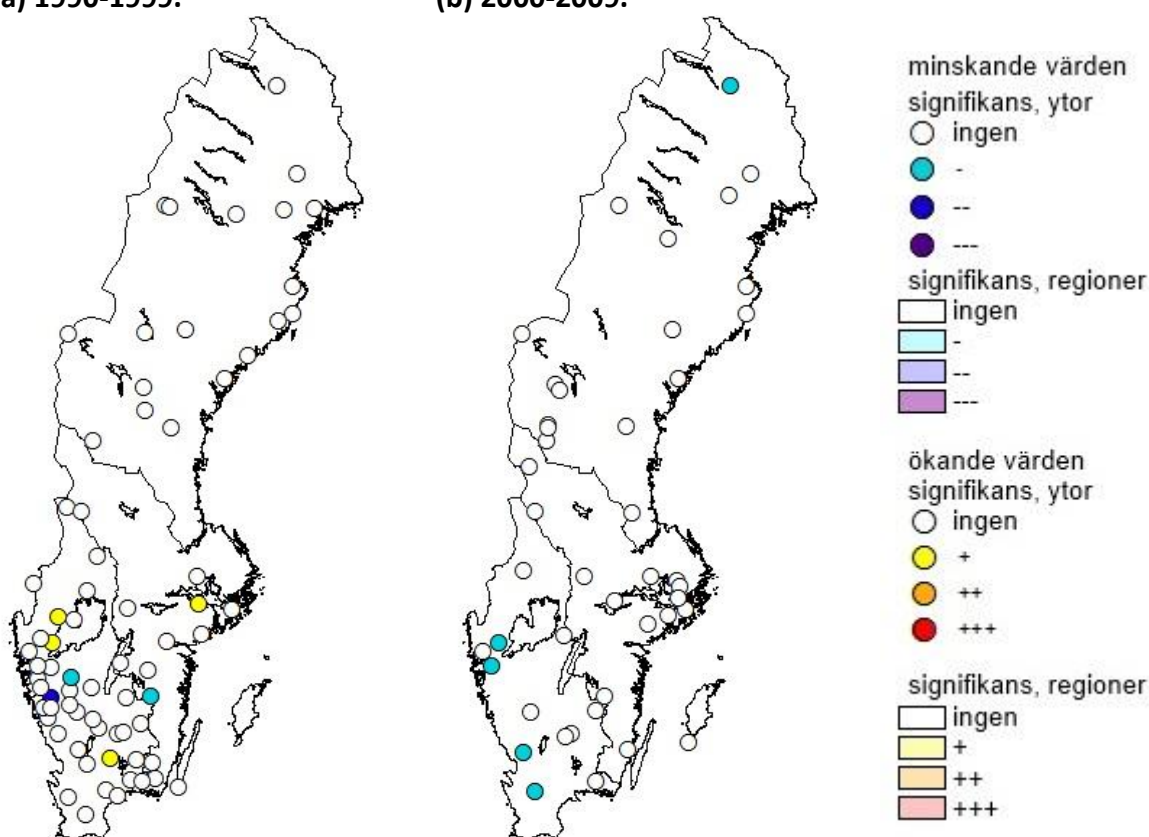
### 6.3.3 Analys av kvävenedfall 1990-2009

#### Analys av 10-års perioder

I Figur 6.8 illustreras i kartform resultaten av statistiska trendanalyser vad gäller den totala oorganiska kvävedepositionen under de olika 10-årsperioderna 1990-99 samt 2000-09. Under perioden 1990-99 fanns mätningar från störst antal stationer, totalt 73 stationer ingick i analysen.

(a) 1990-1999.

(b) 2000-2009.



Figur 6.8. Resultat från trendanalys med Mann-Kendall av kvävedepositionen ( $\text{NO}_5 + \text{NH}_4^+$ ) 1990-99 samt 2000-09. Resultaten bygger på mätningar från öppet fält på stationer i Sverige där datamängden under vardera period omfattar minst 8 års data. Depositionen är uträknad med hjälp av uppmätt nederbördsmängd på de olika stationerna. Punkterna anger om respektive lokal uppvisade en signifikant ökning eller minskning under tidsperioden. Sverige är indelat i tre regioner och eventuell signifikans för hela regionen anges i figuren.

(a)  $n=73$  (norra Sverige=20, sydöstra Sverige=12, sydvästra Sverige=41)

(b)  $n=43$  (norra Sverige=17, sydöstra Sverige=14, sydvästra Sverige=12)

Det totala oorganiska kvävenedfallet förändrades inte i någon region i Sverige för någon av tidsperioderna. De flesta enskilda mätplatser uppvisade ingen förändring av det totala oorganiska kvävenedfallet. Vid tre av 41 stationer i sydvästra Sverige och en av 12 stationer i sydöstra Sverige uppvisade resultaten en statistiskt signifikant ökning av det totala oorganiska kvävenedfallet samt

två av 41 stationer i sydvästra Sverige och en av 12 i sydöstra Sverige uppvisade resultaten en signifikant minskning under perioden 1990-99 (Figur 6.8). Under perioden 2000-09 uppvisade fyra av 12 stationer i sydvästra Sverige och en av 17 i norra Sverige en statistiskt säkerställd minskning av det oorganiska kvävenedfallet. En klar majoritet av mätstationerna visade därmed inte på någon förändring under de två tidsperioderna.

Uppmätta nederbördsmängder ökade signifikant i sydvästra Sverige under perioden 1990-99 vid 15 av 41 analyserade stationer (Tabell 6.4). Inga andra förändringar av nederbörden var statistiskt säkerställda, varken uppmätta eller SMHI-beräknade (Bilaga 6).

För nedfall baserat på uppmätta nederbördsmängder finns inga statistiskt säkerställda förändringar för någon av de två 10-årsperioderna för någon kväveform. När det gäller nedfall baserad på SMHI-beräknad nederbörd finns en statistiskt säkerställd nedgång för  $\text{NH}_4^+$  i sydvästra Sverige under perioden 2000-09 (Bilaga 6). För perioden 1990-99 finns en signifikant nedgång av nedfallet av  $\text{NH}_4^+$  i norra Sverige endast när locksamlare inkluderas i analysen. Inga andra förändringar i nedfall av någon kväveform var statistiskt säkerställd i någon region (Tabell 6.4).

Vad gäller koncentrationer av kväve i nederbörden finns en statistiskt säkerställd nedgång för perioden 1990-99 för koncentrationerna av  $\text{NH}_4^+$  i alla områden,  $\text{NO}_3^-$  i sydöstra Sverige samt summan av  $\text{NO}_3^-$  och  $\text{NH}_4^+$  i alla tre regionerna. För perioden 2000-09 finns inga säkerställda förändringar av koncentrationerna av kväve i nederbörden (Tabell 6.4).

### **Analyser av 20-årsperioden 1990-2009**

I Figur 6.9 illustreras resultaten av statistiska trendanalyser i kartform för kvävedeposition under hela perioden 1990-2009. Totalt 22 mätstationer har observationer under 20-års perioden. I norra och sydvästra Sverige visade resultaten av den statistiska analysen inte på någon statistiskt signifikant förändring alls, vare sig för det totala oorganiska kvävenedfallet eller nedfallet av  $\text{NO}_3^-$  och  $\text{NH}_4^+$  var för sig, under perioden 1990-2009. I sydöstra Sverige minskade depositionen däremot signifikant för alla olika kväveformer;  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  samt totalt oorganiskt kväve, under 20-årsperioden 1990-2009 (Figur 6.9). Tre av de fem stationerna i sydöstra Sverige uppvisade en signifikant minskning för  $\text{NH}_4^+$  samt totalt oorganiskt kväve och två av fem stationer för  $\text{NO}_3^-$ . I sydvästra Sverige uppvisade endast en av nio stationer en signifikant minskning för  $\text{NO}_3^-$  samt totalt oorganiskt kväve och två av nio stationer en signifikant minskning för  $\text{NH}_4^+$ . I norra Sverige uppvisade en av åtta stationer en signifikant minskning för  $\text{NO}_3^-$  samt totalt oorganiskt kväve (Figur 6.9). Därmed visade 77 % av mätstationerna inte på någon signifikant ändring i våtdepositionen i perioden 1990-2009. Detta är jämförbart med de europeiska resultaten där 66-84 % inte utvisade signifikant utveckling (Se 6.1.2).

Tabell 6.4. Resultat från trendanalys med Mann-Kendall. Resultaten bygger på mätningar från öppet fält på stationer i Sverige där datamängden under tioårsperioderna 1990-99 och 2000-09 omfattar minst 8 års data. Trendanalyserna gjordes både med och utan lockprovssamlarna inkluderades. Analyserna är gjorda för de tre områdena N, SÖ och SV. Tecken och färg anger om respektive område uppvisade en signifikant ökning eller minskning under tidsperioden. Enbart enstjärniga signifikanser observerades. Gul färg indikerar ökning och blå färg minskning.

1990-99 utan lockprovssamlare: n=71 (norra Sverige=20, sydöstra Sverige=12, sydvästra Sverige=41)

1990-99 med lockprovssamlare: n=81 (norra Sverige=23, sydöstra Sverige=13, sydvästra Sverige=45)

2000-09 utan lockprovssamlare: n=43 (norra Sverige=17, sydöstra Sverige=14, sydvästra Sverige=12)

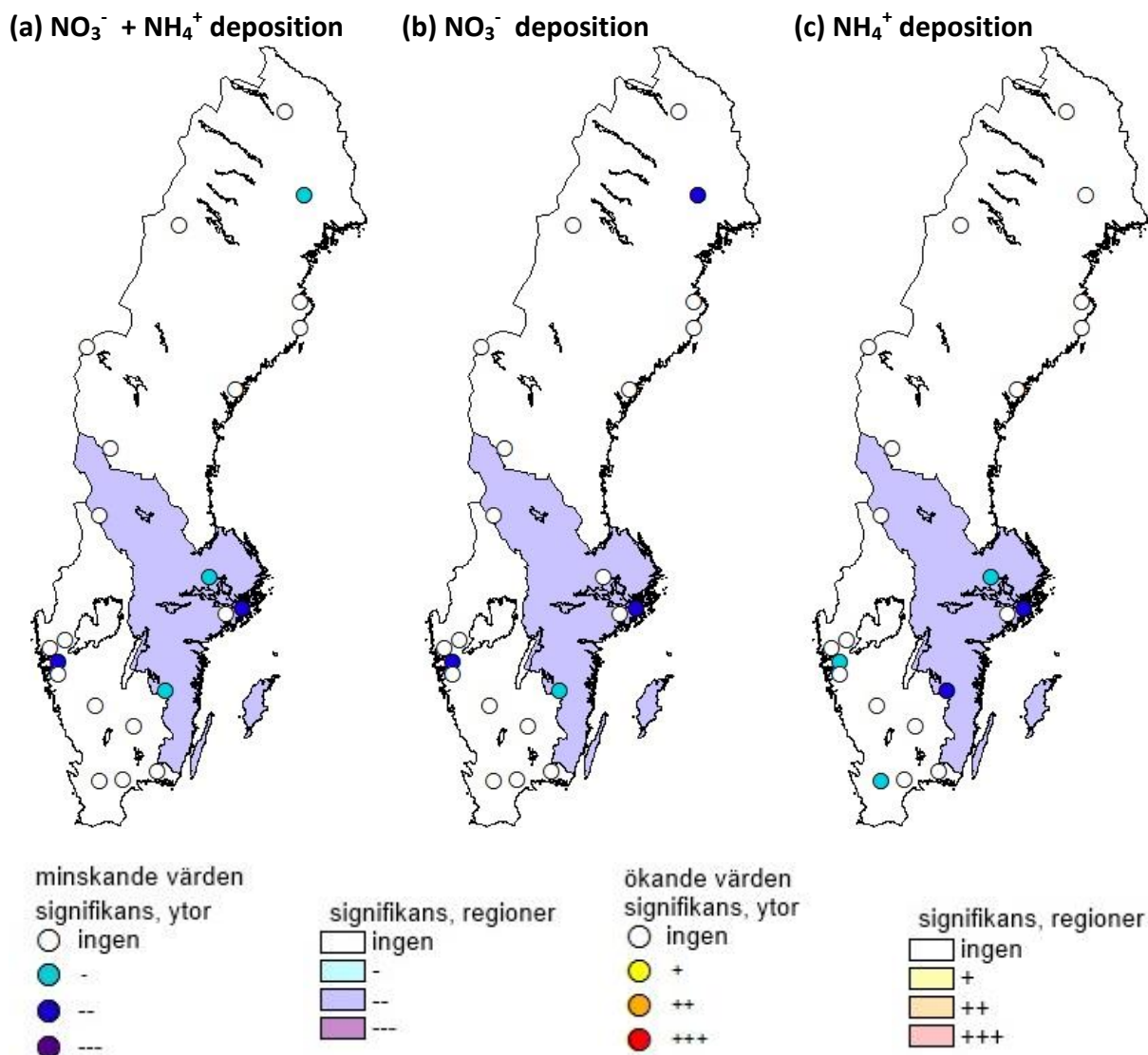
2000-09 med lockprovssamlare: n=47 (norra Sverige=19, sydöstra Sverige=14, sydvästra Sverige=14)

		Data ≥ 8 år			
		1990-1999	1990-1999 inkl. LOCK	2000-2009	2000-2009 inkl. LOCK
		73 lokaler	81 lokaler	43 lokaler	47 lokaler
		(20 N-41 SV-12 SÖ)	(23 N-45 SV-13 SÖ)	(17 N-12 SV-14 SÖ)	(19 N-14 SV-14 SÖ)
Response variable	Område	Signifikans			
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige				
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige				
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige				
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige				
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige				
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige				
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige				
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige				
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige				

		1990-1999	1990-1999 inkl. LOCK	2000-2009	2000-2009 inkl. LOCK
Response variable	Område	Signifikans			
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige				
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige				
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige				
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige				
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige		-		
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige			-	-
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige				
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige				
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige				

		1990-1999	1990-1999 inkl. LOCK	2000-2009	2000-2009 inkl. LOCK
Response variable	Område	Signifikans			
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige	-	-		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	-	-		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	-	-		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige	-	-		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	-	-		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	-	-		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Norra Sverige		-		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige				
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	-			

		1990-1999	1990-1999 inkl. LOCK	2000-2009	2000-2009 inkl. LOCK
Response variable	Område	Signifikans			
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige				
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	+	+		
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige				
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Norra Sverige				
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Sydvästra Sverige				
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Sydöstra Sverige				



Figur 6.9. Resultat från trendanalys med Mann-Kendall. Resultaten bygger på mätningar från öppet fält på stationer i Sverige där datamängden under 1990-2009 omfattar minst 16 års data. Depositionen är uträknad med hjälp av uppmätt nederbörds mängd på de olika stationerna. Punkterna anger om respektive lokal uppvisade en signifikant ökning eller minskning under tidsperioden. Sverige är indelat i tre regioner och eventuell signifikans för hela regionen anges i figuren.  
(a)  $n = 22$  (norra Sverige=8, sydöstra Sverige=5, sydvästra Sverige=9)  
(b)  $n = 22$  (norra Sverige=8, sydöstra Sverige=5, sydvästra Sverige=9)  
(c)  $n = 22$  (norra Sverige=8, sydöstra Sverige=5, sydvästra Sverige=9)

Det finns inga statistiskt säkerställda förändringar av nederbörds mängder för något område under perioden 1990-2009, varken uppmätta eller SMHI-beräknade (Tabell 6.5, Bilaga 6). När det gäller 20-årsperioden 1990-2009 finns en statistiskt säkerställd nedgång av nedfallet i sydöstra Sverige av alla kväveformer. Om nedfallsberäkningen baseras på SMHI-beräknad nederbörd finns även en säkerställd minskning av nedfallet av  $\text{NH}_4^+$  för sydvästra Sverige (Bilaga 6). I övrigt finns inga statistiskt säkerställda nedgångar i kvävenedfall för hela regioner om inte locksamlare inkluderas i beräkningarna. Locksamlarna har dock inte fungerat på ett tillfredsställande sätt under 2000-talet.

Det observerades statistiskt säkerställda nedgångar i koncentrationer av alla former av kväve i de två södra områdena i Sverige, samt för  $\text{NO}_3^-$  i norra Sverige. Trots detta är det endast i sydöstra Sverige som nedfallet minskar signifikant.



Tabell 6.5. Resultat från trendanalys med Mann-Kendall. Resultaten bygger på mätningar från öppet fält på stationer i Sverige där datamängden under tjugoårsperioden 1990-2009 omfattar minst 16 års data. Trendanalyserna gjordes både med och utan lockprovssamlarna inkluderade. Analyserna är gjorda för de tre områdena N, SÖ och SV. Tecken och färg anger om respektive område uppvisade en signifikant ökning eller minskning under tidsperioden. Ju mer blå, desto starkare signifikans; mörkblå färg anger trestjärnig signifikans.

1990-2009 utan lockprovssamlare: n=26 (norra Sverige=11, sydöstra Sverige=5, sydvästra Sverige=10)

1990-2009 med lockprovssamlare: n=22 (norra Sverige=8, sydöstra Sverige=5, sydvästra Sverige=9)

		Data ≥ 16 år	
		1990-2009	1990-2009 EJ LOCK
Antal lokaler är för NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbördsmängd		<b>Totalt 26 lokaler</b>	<b>Totalt 22 lokaler</b>
		(11 N-10 SV-5 SÖ)	(8 N-9 SV-5 SÖ)
Response variable	Område	Signifikans	
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbördsmängd	Norra Sverige		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	-	
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	--	--
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Norra Sverige		
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	-	
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	--	--
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Norra Sverige		
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydvästra Sverige		
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	--	--

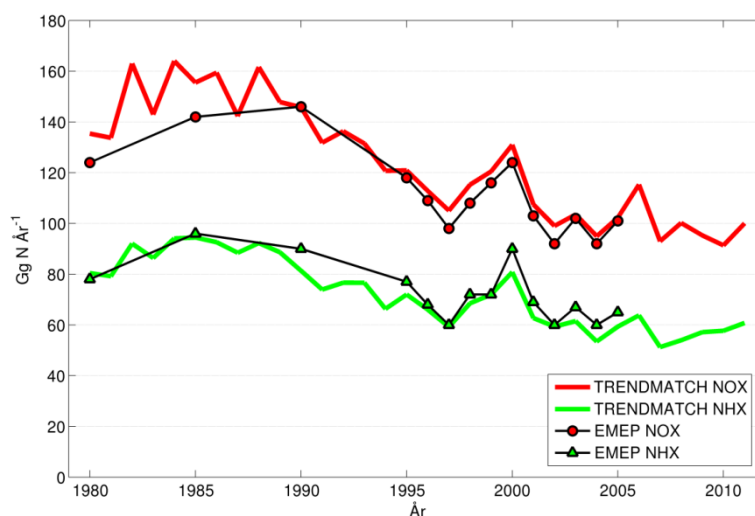
		1990-2009	1990-2009 EJ LOCK
Response variable	Område	Signifikans	
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbördsmängd	Norra Sverige		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	-	
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	--	--
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Norra Sverige		
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	--	-
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	--	--
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Norra Sverige		
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Sydvästra Sverige		
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	-	-

		1990-2009	1990-2009 EJ LOCK
Response variable	Område	Signifikans	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	--	--
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	--	--
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	--	--
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	---	---
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Norra Sverige	-	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	--	--
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	--	--

		1990-2009	1990-2009 EJ LOCK
Response variable	Område	Signifikans	
Nederbörd uppmätt nederbördsmängd	Norra Sverige		
Nederbörd uppmätt nederbördsmängd	Sydvästra Sverige		
Nederbörd uppmätt nederbördsmängd	Sydöstra Sverige		
Nederbörd, SMHI beräknad nederbördsmängd	Norra Sverige		
Nederbörd, SMHI beräknad nederbördsmängd	Sydvästra Sverige		
Nederbörd, SMHI beräknad nederbördsmängd	Sydöstra Sverige		

## 6.4 Trender i MATCH-modellerade data

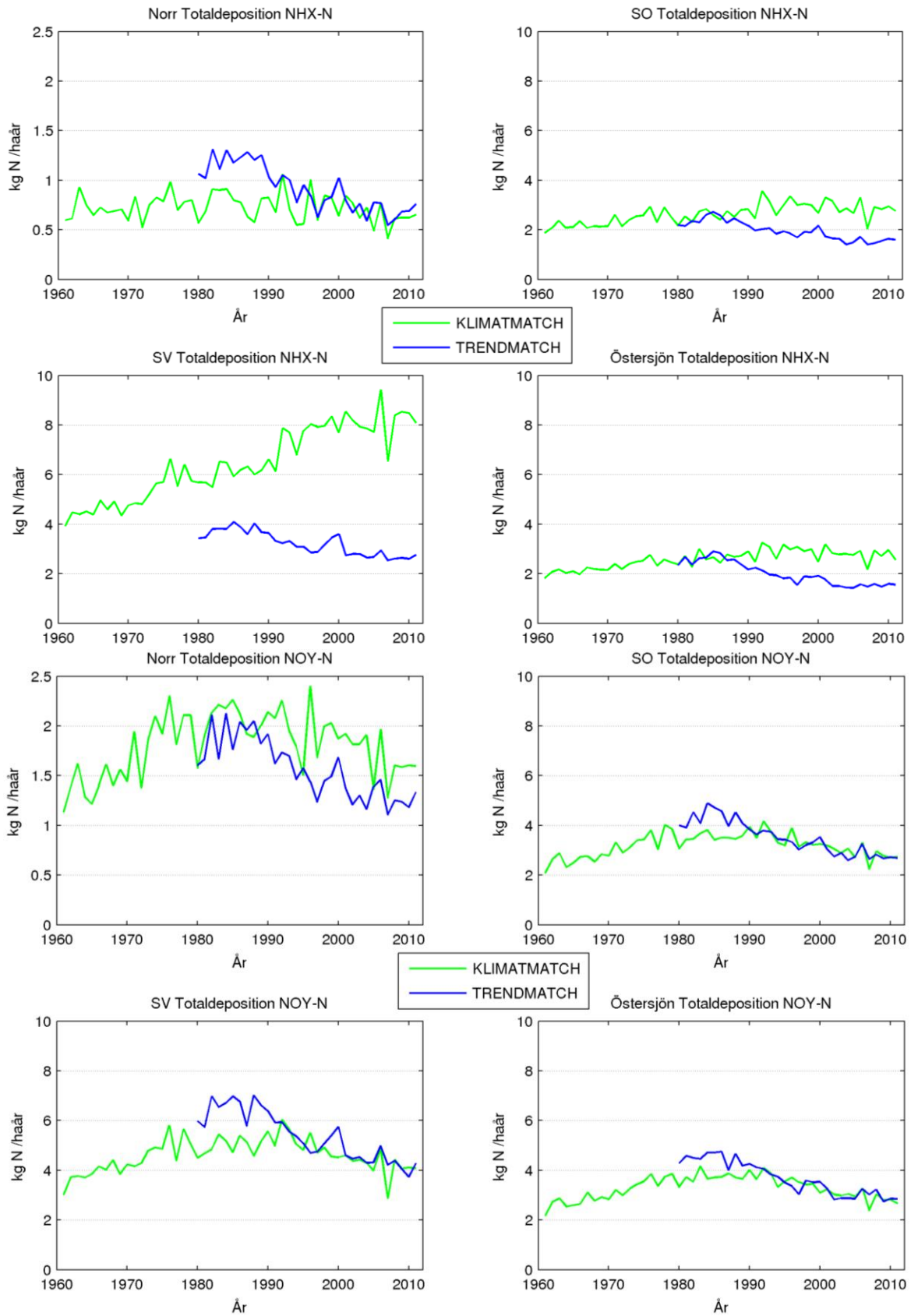
Vi har jämfört totaldepositionen av  $\text{NO}_3^-$  och  $\text{NH}_4^+$  över Sverige beräknat med MATCH-modellen mot det som publicerats av EMEP. MATCH och EMEP har båda använt EMEPs emissioner (dessa uppdateras dock kontinuerligt; t.ex. har data för 1990 och 2000-2010 uppdaterats år 2012), båda använder meteorologi som representerar vädret under de aktuella åren (men från olika väderprognosmodeller). EMEP har även använt olika modell-upsättningar för de olika åren, men från och med 1990 är skillnaderna inte stora (Klein m.fl., 2007). Överensstämmelsen mellan de två modellsystemen är god (Figur 6.10). År-till-år variationen i TRENDMATCH mellan 1980 och 1990 härrör helt och hållet från variationer i meteorologin. Eftersom de tidiga emissionerna endast finns för vart femte år har vi skapat årliga emissioner med hjälp av punktvis linjär interpolation av data från 1980, 1985 och 1990.



Figur 6.10. Modellerad totaldeposition av  $\text{NO}_3^-$  och  $\text{NH}_4^+$  ( $\text{GgN år}^{-1}$ ) till Sverige 1980-2011. MATCH-resultat från denna studie (TRENDMATCH), EMEP resultat från Klein m.fl. (2007).

För  $\text{NO}_3^-$  överensstämmer de två MATCH-simuleringarna relativt väl och båda visar en minskande trend i totaldepositionen från 1980 till 2011 (Figur 6.11). TRENDMATCH ger högre deposition än KLIMATMATCH under 1980-talet för södra Sverige och Östersjön. Denna tendens är inte analog med de totala  $\text{NO}_y$  utsläppen i modellområdet, men kan kanske spegla trenden i utsläppen närmast Sverige.

För  $\text{NH}_4^+$  är situationen helt olika mellan de två MATCH-simuleringarna. Detta är framförallt en följd av de olika emissionskartläggningarna (jämför Figur 5.1 och Figur 5.2). I avsnitt 5.2 jämfördes hur de två simuleringarna överensstämmer med observationer av bulkdeposition (våt- plus torrdeposition till insamlarna). Oftast underskattar modellen mätdata, med undantag för KLIMATMATCH i sydvästra Sverige mellan 1992 och 2010. KLIMATMATCH ger högre deposition än TRENDMATCH som för årsmedel ligger betydligt närmare mätningarna i södra Sverige. De högre värden för bulkdepositionen jämfört med den modellerade våtdepositionen kan till dels orsakas av den mängd torrdeposition som insamlas i trattarna. Det kan dock också indikera att de högre emissionerna i KLIMATMATCH, från RCP4.5, är mer korrekta än de lägre EMEP-emissionerna i TRENDMATCH. Trots att KLIMATMATCHs årsmedel är närmare mätningarna i södra Sverige är det relativa medelfelet högre för KLIMATMATCH som har en stor spridning i månadsmedelvärden (Figur 5.6). I norra Sverige underskattar båda simuleringarna nedfallet av  $\text{NH}_4^+$ .



Figur 6.11. Modellberäknad totaldeposition av  $\text{NH}_4^+$  respektive  $\text{NO}_3^-$  ( $\text{kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ ) till olika delar av Sverige (N, SÖ, SV och Östersjön) i perioden 1961-2011.

Tabell 6.6. Resultat från trendanalys med Mann-Kendall. Resultaten bygger på modellerad deposition 1990-2009 för data som motsvarar stationer med mätdata. Trendanalyserna gjordes både med och utan att data där lockprovssamlarna använts inkluderades. Analyserna är gjorda för de tre områdena N, SÖ och SV. Tecken och färg anger om respektive lokal uppvisade en signifikant ökning eller minskning under tidsperioden. Ju mer blå, desto starkare signifikans; mörkblå färg anger trestjärnig signifikans.

1990-2009 med lockprovssamlare: n=26 (norra Sverige=11, sydöstra Sverige=5, sydvästra Sverige=10)

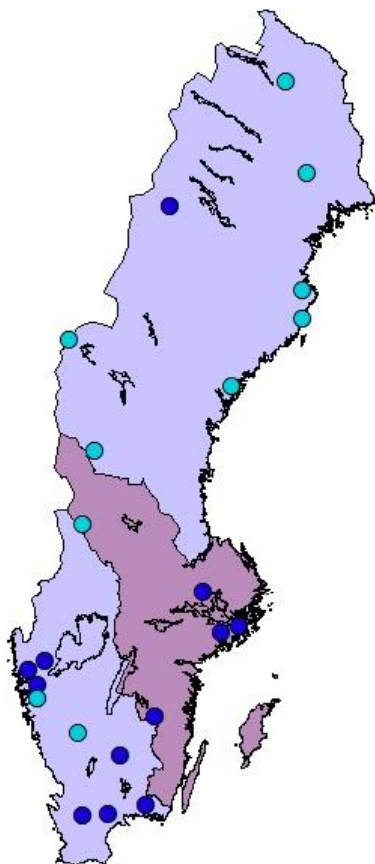
1990-2009 utan lockprovssamlare: n=22 (norra Sverige=8, sydöstra Sverige=5, sydvästra Sverige=9)

		KLIMATMATCH	KLIMATMATCH	TRENDMATCH	TRENDMATCH
		1990-2009	1990-2009 EJ LOCK	1990-2009	1990-2009 EJ LOCK
<b>Samma lokaler som mätningarna</b>		<b>26 lokaler</b>	<b>22 lokaler</b>	<b>26 lokaler</b>	<b>22 lokaler</b>
		(11 N - 10 SV - 5 SO)	(8 N - 9 SV - 5 SO)	(11 N - 10 SV - 5 SO)	(8 N - 9 SV - 5 SO)
Response variable	Område	Signifikans			
NH4+NO3 deposition MATCH	Norra Sverige	-	--	--	--
NH4+NO3 deposition MATCH	Sydvästra Sverige	-	--	--	--
NH4+NO3 deposition MATCH	Sydöstra Sverige	-	-	---	---
NH4 deposition MATCH	Norra Sverige			--	--
NH4 deposition MATCH	Sydvästra Sverige			-	-
NH4 deposition MATCH	Sydöstra Sverige			--	--
NO3 deposition MATCH	Norra Sverige	--	--	--	--
NO3 deposition MATCH	Sydvästra Sverige	--	--	--	--
NO3 deposition MATCH	Sydöstra Sverige	--	--	--	--

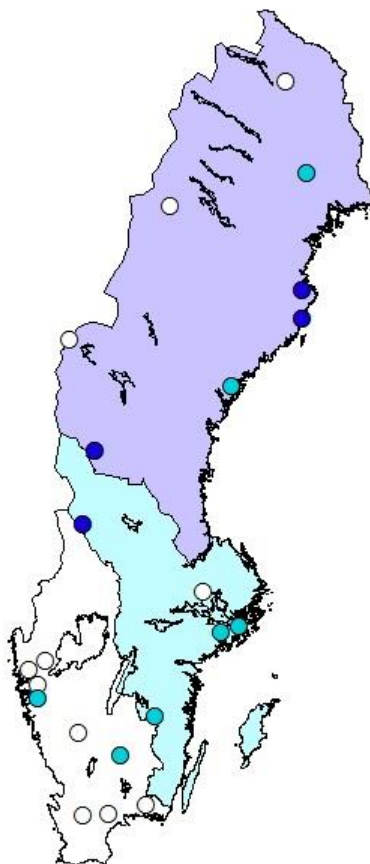
Trendberäkningarna (Tabell 6.6, Figur 6.12) gjordes för modellerad deposition och koncentration extraherat från gridrutorna som inkluderar stationerna som användes i analysen ovan. Analysen gjordes också för alla gridpunkter inom respektive område - vilket i princip gav samma trender (se Bilaga 5). Generellt var trenderna starkare (mer signifikanta) för modellerade data än för mätdata. TRENDMATCH visade fler trender än KLIMATMATCH, vilket beror på att det fanns en nedgång i emissionerna av ammoniak enligt EMEP (Figur 5.1), men en uppgång i RCP4.5-ammoniakemissioner, vilken dock inte gav upphov till någon ökande trend i deposition enligt modellen. Starkare trender observerades även för halter av kväve än för kvävedepositionen vilket även sågs i mätdata.

Möjliga orsaker till att trenden i de MATCH-modellerade resultaten är mer signifikanta än mätningarna inkluderar:

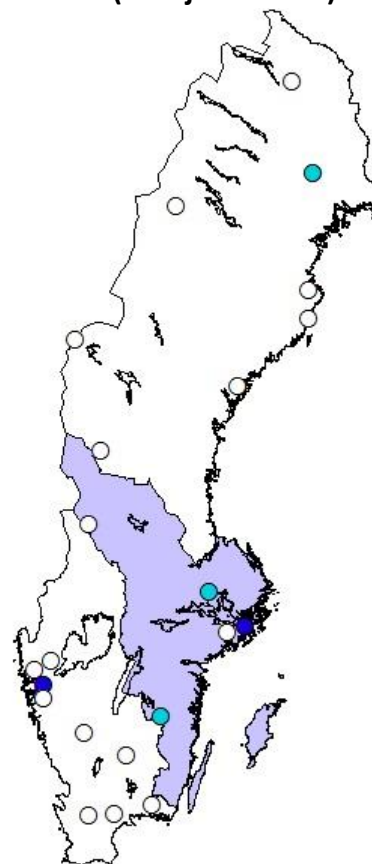
- Minskade svavelemissioner: Fagerli m.fl. (2008) har undersökt hur minskningar i svavelutsläpp påverkar trenden av  $\text{NH}_4^+$  i nederbörd i EMEP-modellen och kommit fram till att  $\text{NH}_4^+$  i nederbörd i Sverige minskar med minskande svavelutsläpp. Då MATCH-modellen har liknande svavel-kväve-kemi kan detta innebära att en negativ trend i MATCH-modellerad  $\text{NH}_x$  på samma sätt åtminstone delvis beror på minskningar i svavelutsläpp.
- Variationen är mindre i modellerade data än i observerade, eftersom de modellerade motsvarar ett rumsligt medel över en stor yta och lokala extremer därför inte förekommer. Dessutom är emissionerna statistiska och varierar till exempel på samma sätt (veckovis, dygnsvis och säsongvis) från år till år. Detta minskar också variationen i de modellerade värdena och eventuella trender framstår då tydligare.
- Det saknas processer i modellen, som finns i verkligheten, som påverkar transport och nedfall av olika kväveformer. Till exempel är torrdepositionen av ammoniak inte kopplad till mätnad i marken, endast få markanvändningsklasser används och pH-beroende reaktioner modelleras med ett konstant pH-fält.
- Trenderna i mätningarna kan vara artificiella och istället orsakade av skiften i utrustning och mätplatser eller till och med kvalitén i analyserna.

**(a)  $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$  deposition  
TRENDMATCH**

minskande värden  
signifikans, ytor  
○ ingen  
● -  
● --  
● ---

**(b)  $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$  deposition  
KLIMATMATCH**

signifikans, regioner  
□ ingen  
□ -  
□ --  
□ ---

**(c)  $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$  deposition  
Mätdata (som jämförelse)**

ökande värden  
signifikans, ytor  
○ ingen  
● +  
● ++  
● +++

signifikans, regioner  
□ ingen  
□ +  
□ ++  
□ +++

Figur 6.12. Resultat från trendanalys med Mann-Kendall, Multitest. Resultaten bygger på modellerade data från MATCH-modellen för motsvarande stationer i Sverige där datamängden under 1990-2009 omfattar minst 16 års data. Det finns två varianter av MATCH-modellkörningar: TRENDMATCH samt KLIMATMATCH. Punkterna anger om respektive lokal uppvisade en signifikant ökning eller minskning under tidsperioden. Sverige är indelat i tre regioner och eventuell signifikans för hela regionen anges i figuren. I alla kartor är  $n=22$  (norra Sverige=8, sydvästra Sverige=9, sydöstra Sverige=5)

## 7. Variation mellan stationer inom de tre områdena

Med Mann-Kendalltestet kan man inte uttala sig om medelnivåer eller om hur stora förändringarna över tiden har varit. I tidigare kapitel har trendanalysen för tre områden (norra Sverige, sydöstra Sverige och sydvästra Sverige) presenterats.

När man analyserar enskilda mätserier har man dock möjlighet att beräkna Theil-Sen slope (Theil, 1950; Sen, 1968) för enstaka stationer. Att beräkna Theil-Sen slope gemensamt för ett större område är mer problematiskt, då det kräver att genomsnittet av de olika serierna motsvarar områdets genomsnitt, det vill säga att serierna är utvalda för att representera området genom till exempel slumpmässigt eller stratifierat urval av stationsplaceringarna. Att beräkna en genomsnittlig förändring inom ett område skulle annars inte representera hela området om inte förändringarna som sker inom området är mycket lika överallt.

För att få en uppfattning över om observerade förändringar (oavsett om de är signifikanta eller ej), varierar mycket inom ett område presenterar vi i Tabell 7.1 den relativa förändringen hos de två stationer inom varje område som uppvisade den starkaste förändringen (positiv och negativ) eller den starkaste och den svagaste negativa förändringen om alla stationer visade en nedåtgående förändring under tidsperioden 1990 till 2009. På samma sätt redovisas förändringar i modellerat nedfall för samma stationer ur TRENDMATCH i Tabell 7.2. De relativa förändringar som presenteras här är relaterat till seriernas medianvärde, eftersom de blir mer robusta än om man relaterar de till första årets värde (som framförallt för observerade data är mycket variabel). Valet av startår spelar därmed mindre roll.

För observerade data i sydöstra Sverige pekar utvecklingen nedåt för alla stationer som användes i beräkningen och för både nedfall och koncentrationer (Tabell 7.1). Detta stämmer bra med att även trendtesten var mest signifikanta för detta område. I sydöstra Sverige är vädret (mest nederbörden) mindre variabelt, vilket gör att mindre trender är lättare att upptäcka. I de andra områdena finns för de flesta variablerna både negativa och positiva förändringar, där koncentrationer i sydvästra Sverige oftast pekar nedåt, medan depositionerna kan visa både negativa och (svaga) positiva värden. En möjlig orsak för detta kan vara att nederbörden har ökat något under perioden. I norra Sverige finns också både positiva och negativa värden.

För MATCH-modellerade data ser man liknande skillnader mellan de olika stationerna. Förändringarna över tiden är oftare negativa över hela området, men det är fortfarande stora skillnader i värdena.

Det är tydligt att observerade förändringar varierar starkt mellan stationerna inom alla tre områdena. En gemensam skattning för den genomsnittliga förändringen över ett område är därför starkt beroende av vilka stationer som används i beräkningen. För att kunna bilda medelhalter inom områden eller för att kunna uttala sig om genomsnittliga förändringar inom ett område måste stationerna vara utvalda för just detta ändamål, vilket inte är fallet här. I så fall måste antingen tillräckligt många slumpmässiga, eller, hellre, stratifierade mätplatser väljas för att representera delområden, eller så måste mätplatserna väljas systematiskt för att täcka området ganska jämt.

Tabell 7.1. Största och minsta relativa förändring (oavsett om den är signifikant eller ej) för uppmätta nederbörds mängder (mm), halter (mg N l<sup>-1</sup>) och våtdepositioner (kg ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>) av NO<sub>3</sub><sup>-</sup> och NH<sub>4</sub><sup>+</sup> inom varje område beräknade med Theil-Sen slope. Värden avser relativ förändring per år i jämförelse med seriens medianvärde och beräknas för varje station inom varje område under perioden 1990-2010.

Område	Förändring av	Min, %	Max, %
Norra Sverige (N)	Nederbörd uppmätt, mm	-0.9	+1.4
	Nederbörd, SMHI, mm	-0.3	+1.4
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> dep SMHI, kg ha <sup>-1</sup>	-1.9	+1.7
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> dep uppmätt, kg ha <sup>-1</sup>	-1.7	+2.0
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mgN l <sup>-1</sup>	-2.3	+2.0
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> dep smhi, kg ha <sup>-1</sup>	-1.0	+0.6
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> dep uppmätt, kg ha <sup>-1</sup>	-2.7	+0.9
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mgN l <sup>-1</sup>	-2.0	+0.8
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , dep smhi, kg ha <sup>-1</sup>	-1.8	+0.9
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , dep uppmätt, kg ha <sup>-1</sup>	-2.3	+1.6
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mgN l <sup>-1</sup>	-2.0	+0.7
	Sydöstra Sverige (SÖ)	Nederbörd uppmätt, mm	-0.3
Nederbörd, SMHI, mm		-0.6	+1.5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> dep smhi, kg ha <sup>-1</sup>		-2.3	-0.7
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> dep uppmätt, kg ha <sup>-1</sup>		-2.8	-0.4
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mgN l <sup>-1</sup>		-2.8	-1.2
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> dep smhi, kg ha <sup>-1</sup>		-1.2	-0.6
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> dep uppmätt, kg ha <sup>-1</sup>		-1.8	-0.5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mgN l <sup>-1</sup>		-1.7	-0.8
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , dep smhi, kg ha <sup>-1</sup>		-1.6	-0.7
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , dep uppmätt, kg ha <sup>-1</sup>		-2.2	-0.5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mgN l <sup>-1</sup>		-2.2	-1.2
Sydvästa Sverige (SV)		Nederbörd uppmätt, mm	+0.3
	Nederbörd, SMHI, mm	+0.3	+1.3
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> dep smhi, kg ha <sup>-1</sup>	-1.7	-0.1
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> dep uppmätt, kg ha <sup>-1</sup>	-2.0	+0.1
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mgN l <sup>-1</sup>	-3.0	-0.4
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> dep smhi, kg ha <sup>-1</sup>	-1.6	+0.1
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> dep uppmätt, kg ha <sup>-1</sup>	-1.8	+1.3
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mgN l <sup>-1</sup>	-2.3	-0.1
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , dep smhi, kg ha <sup>-1</sup>	-1.8	-0.1
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , dep uppmätt, kg ha <sup>-1</sup>	-1.9	+0.9
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mgN l <sup>-1</sup>	-2.0	-0.2

Tabell 7.2. Största och minsta relativa förändring för modellerad (TRENDMATCH) nederbörds mängd (mm), halter (mg N l<sup>-1</sup>) och våtdepositioner (kg ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>) av NO<sub>3</sub><sup>-</sup> och NH<sub>4</sub><sup>+</sup> inom varje område (N, SÖ och SV) beräknade med Theil-Sen slope. Värden avser relativ förändring per år i jämförelse med seriens medianvärde och beräknas för varje station inom området under perioden 1990-2010.

Område	Förändring av	Min, %	Max, %
Norra Sverige (N)	Nederbörd, mm	-0,5	+0,6
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> dep, kg ha <sup>-1</sup>	-2,6	-1,5
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> dep, kg ha <sup>-1</sup>	-1,6	-1,4
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> dep, kg ha <sup>-1</sup>	-1,9	-1,4
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mgN l <sup>-1</sup>	-3,1	-0,9
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mgN l <sup>-1</sup>	-1,9	-0,9
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mgN l <sup>-1</sup>	-2,3	-0,8
Sydöstra Sverige (SÖ)	Nederbörd, mm	+0,2	+1,2
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> dep, kg ha <sup>-1</sup>	-2,3	-1,0
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> dep, kg ha <sup>-1</sup>	-1,5	-1,1
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> dep, kg ha <sup>-1</sup>	-1,8	-1,1
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mgN l <sup>-1</sup>	-3,2	-1,9
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mgN l <sup>-1</sup>	-2,1	-2,0
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mgN l <sup>-1</sup>	-2,5	-2,1
Sydvästra Sverige (SV)	Nederbörd, mm	+0,4	+1,4
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> dep, kg ha <sup>-1</sup>	-1,7	-1,0
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> dep, kg ha <sup>-1</sup>	-1,8	-1,3
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> dep, kg ha <sup>-1</sup>	-1,7	-1,2
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mgN l <sup>-1</sup>	-2,6	-1,2
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mgN l <sup>-1</sup>	-2,7	-1,8
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mgN l <sup>-1</sup>	-2,7	-1,7



## 8. Diskussion

Den totala kvävedepositionen till skogen sker via två olika processer, torr- och våtdeposition. Våtdepositionen är relativt sett lättare att mäta, även om det inte är trivialt att korrekt mäta nederbördsmängder. Det är avsevärt svårare att korrekt mäta eller modellera torrdepositionen av kväve, som interagerar med trädskronorna genom antingen upptag eller läckage.

### Hur ser tidsutvecklingen ut vad gäller kvävenedfall i Sverige?

#### *Observerad våtdeposition av kväve*

- Mellan 1955 och 1970 ökade nedfallet signifikant under flera av periodens 10-årsperioder, av  $\text{NO}_3^-$  i sydvästra Sverige, samt under 1960-1969 även av  $\text{NH}_4^+$  och  $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$  i sydvästra Sverige. Koncentrationen av  $\text{NO}_3^-$  i nederbörden ökade signifikant i både sydvästra och sydöstra Sverige, medan nederbördsmängderna inte ändrades signifikant under perioden.
- Under 20-årsperioden 1970-89 ökade nedfallet av samtliga kväveformer i sydvästra Sverige. I norra Sverige ökade nedfallet av  $\text{NO}_3^-$ . Inga andra signifikanta förändringar erhöles under 1970-89 i någon region i Sverige. Under denna period orsakades det ökade kvävenedfallet i huvudsak av ökande nederbördsmängder.
- Mellan 1990 och 2009 visar analyser av de två 10-årsperioderna var för sig att kvävenedfallet inte förändrades i någon region för någon av tidsperioderna. Vid olika enstaka mätplatser förekommer både statistiskt signifikanta ökning och minskningar, men huvudparten av mätstationerna uppvisade inte någon förändring i våtdeposition. Räknet på hela 20-årsperioden 1990-2009 sker ingen statistiskt säkerställd förändring av nedfallet i våtdeposition av olika kväveformer i norra eller sydvästra Sverige. I sydöstra Sverige minskar nedfallet i våtdeposition av olika kväveformer på ett statistiskt säkerställt sätt. Koncentrationer av kväve i nederbörden minskar för alla kväveformer i de två södra regionerna, samt av  $\text{NO}_3^-$  i norra Sverige. Denna minskning skedde främst under perioden 1990-99. För 20-årsperioden var det ingen signifikant förändring av nederbördsmängderna.

#### *Observerad torrdeposition och totaldeposition av kväve*

- Det samlade nedfallet av kväve innefattar förutom nedfallet med nederbörden även torrdeposition. I en tidigare studie av Karlsson m.fl. (2011) beräknades andelen torrdeposition till cirka 30 % av totala kvävedepositionen i sydvästra Sverige under 2000-talet med strängprovtagarmetoden. Den beräknade andel torrdeposition med MATCH-modellen i denna studie var något högre i södra Sverige. I norra Sverige divergerar de två metoderna än mer eftersom strängprovtagarna visade på under 10 % torrdeposition under 2000-talet medan MATCH beräknade ungefär 20 %. Uppskattning av torrdepositionen av kväve till skog genom beräkningar av nettokrondropp är tills vidare inte en användbar metod eftersom det sker ett upptag av kväve i trädskronorna.
- Ingen signifikant nedgång i totalkväve (inklusive organiskt kväve) i krondropp på 10 mätplatser i Sverige kunde fastställas efter 12 års mätningar från 2001 till 2012. En stor del av kvävenedfallet mätt som krondropp sker i form av organiskt kväve. Eftersom det atmosfäriska nedfallet av organiskt kväve är lågt bekräftade dessa mätningar att en betydande del av det oorganiska kvävet omvandlas till organiskt kväve i trädskronorna. Det fanns inte heller signifikanta förändringar av nedfallet av organiskt kväve i krondropp under perioden 2001-2012. Organiskt kväve analyserades inte i nedfallsproverna före 2001. Det är därför inte meningsfullt att analysera trender för kväve i krondropp före denna tidpunkt.

- Under antagandet att trädskronornas direkta kväveupptag varit konstant under mätperioden, visar en analys av nettokrondroppet av kväve, inklusive organiskt kväve, inga belägg för att torrdepositionen av kväve förändrats på ett betydande sätt under de senaste 12 åren. Om man istället antar att trädskronornas direkta kväveupptag minskat, skulle dock även torrdepositionen ha minskat.
- De specifika mätningarna av torrdepositionen av kväve med strängprovtagare har bedrivits under perioden 2003-2008, samt startats upp igen 2013. Dessa mätningar har dock ännu bedrivits under för kort tid för att trender i det totala kvävenedfallet (torr- + våtdeposition) skall kunna analyseras.
- Sammantaget ger tillgängliga data inga belägg för att den totala depositionen av kväve, inklusive torrdeposition, har minskat under de senaste 12 åren.

### ***MATCH-modellerad kvävedeposition***

- I denna studie har vi använt data från två olika men internt konsistenta simuleringar. Den ena simuleringen använder historiska emissioner från RCP4.5 (Lamarque m.fl., 2010) (KLIMATMATCH), medan den andra använder EMEPs expertemissioner (TRENDMATCH). De två olika emissionsinventeringarna visar samma tidsutveckling för  $\text{NO}_y$  men olika tidsutveckling för  $\text{NH}_x$ . RCP4.5 visar ökande emissioner av  $\text{NH}_x$  medan EMEP visar på minskande emissioner från 1980 och framåt. Skillnaderna återspeglar svårigheten och den stora osäkerheten vid uppskattning av utsläpp av  $\text{NH}_3$ . Denna studie kunde inte avgöra vilken uppskattning som är mest korrekt eller har störst säkerhet.
- Tidsutvecklingen vad gäller kvävenedfall beräknade med MATCH-modellen är till mycket stor del styrda av trender i de emissioner som används av spridningsmodellen. Depositionen modellerad med TRENDMATCH visar en nedåtgående trend för såväl  $\text{NO}_y$  som  $\text{NH}_x$  från 1990 till 2010 för alla ytor och regioner. Resultaten från KLIMATMATCH visar signifikanta nedåtgående trender av  $\text{NO}_3^-$ , men inte av  $\text{NH}_4^+$ .
- Jämförelse mellan trender i observerade mätdata och modellerade förändringar visar att trenderna i modellerat data har en starkare signifikans jämfört med mätdata och visar för vissa stationer en starkare nedgång jämfört med observerade data. Det finns flera skäl till varför modellerade trender kan vara starkare än observerade: i) variationen i rum och tid är mindre i modellerade data än i mätdata eftersom de motsvarar ett rumsligt medel över en större yta och lokala extremer inte förekommer; ii) variationen i tid är mindre i modellerade data eftersom emissionerna i modellen har mindre mellanårsvariation jämfört med verklighetens, då de bygger på statistisk rumslig fördelning som endast förändras var 5:e år samt klimatologiska fakta som inte tar hänsyn till årets faktiska säsongsvariation; iii) trenden i uppskattade emissioner som används i modelleringen är stark; iv) det saknas processer i modellen, som finns i verkligheten som påverkar transport och nedfall av olika kväveformer.

### **Hur framstår den observerade tidsutvecklingen vad gäller kvävenedfall i Sverige jämfört med motsvarande utveckling i övriga Europa?**

- Avsaknaden av statistiskt signifikanta trender i både våtdeposition och krondropp i norra och sydvästra Sverige stöds av jämförbara resultat från studier från övriga Europa. Litteraturgenomgången visar på att bulkdepositionen av kväve såväl som krondropp av kväve inte har förändrats i någon större utsträckning under den senaste tioårsperioden. I en rad europeiska studier ses både nedgång och uppgång i deposition, men oftare ses ingen signifikant förändring. Det finns därför en geografiskt generell diskrepans mellan den

rapporterade minskningen i emissionerna i Europa och uppmätt kvävenedfall, i synnerhet i norra Europa.

### **Vad kan orsakerna till trender i kvävenedfallet eller till eventuella uteblivna trender vara?**

Det finns i dagsläget enbart få statistiskt säkerställda förändringar av kvävenedfallet med nederbörden till öppet fält och till skog i Sverige för de senaste 20 åren utifrån mätdata i de nuvarande nederbördsnätverken. Detta kan bero på:

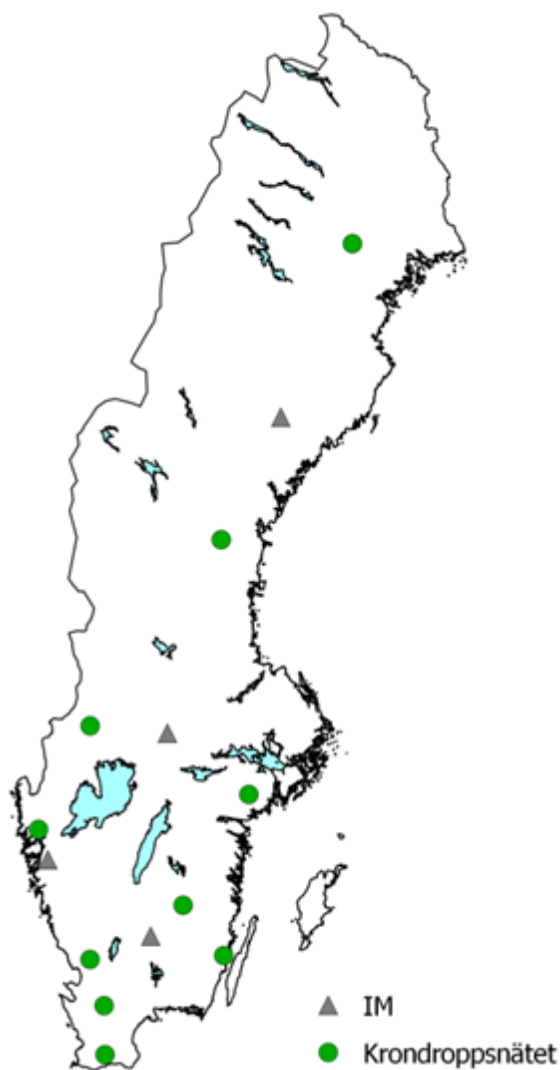
- att minskningen av kvävenedfall är liten i förhållande till mellanårsvariationen,
- att Sveriges mätnät för nedfallsmätningar inte är tillräckligt omfattande för att påvisa tidsförändringar i den storleksordning som kan vara aktuella,
- att nedfallet faktiskt inte har förändrats,
- att kväveemissionerna från de källor som är av vikt för kvävenedfallet över Sverige inte har minskat i samma utsträckning som för Europa som helhet,
- att det är svårt att uppskatta kväveemissioner, vilket tydligt illustreras av att de två olika emissionsuppskattningarna som används inom detta projekt har kommit till motsatta slutsatser vad gäller trend i emissioner av  $\text{NH}_x$  ( $\text{NO}_y$  dock lättare att uppskatta än  $\text{NH}_x$ ). Detta gör att det är komplicerat att avgöra om beräknade emissionsförändringar verkligen ägt rum eller om uppskattningarna är ofullständiga,
- att de atmosfärskemiska förhållandena har förändrats så att de kvarvarande emissionerna av kväve i större utsträckning transporteras till Sverige (att det skulle vara en huvudorsak motsägs dock av de till stor del uteblivna nedfallsminskningarna i övriga Europa),
- att förekomsten av svavel i atmosfären har minskat avsevärt under de senaste 20 åren (Klein m.fl., 2011) vilket medför att den ammoniak som emitteras idag möter en lägre halt av sura gaser och partiklar än vad den gjorde för 20 år sedan. Det innebär att mer ammoniak har möjlighet att nå upp till molnhöjd och tvättas ut där och detta skulle kunna innebära att en nedgång i våtdepositionen av  $\text{NH}_4^+$  inte skulle ske, även om nedgången i emissioner som EMEP rapporterar har ägt rum. Fern och Hellsten (2012) har visat att halterna av partikulärt  $\text{NH}_4^+$  i luft står i proportion till halterna av partikulärt  $\text{SO}_4^{2-}$  och  $\text{NO}_3^-$  i luft. De minskande partikelhalterna har medfört att halten gasformig  $\text{NH}_3$  av lokalt ursprung har ökat med tiden i södra Sverige. Denna  $\text{NH}_3$  skulle kunna tvättas ut i den nederbörd som faller lokalt.

### **Vilka problem bör man beakta när man ska övervaka och uppskatta det samlade kvävenedfallet till Sverige?**

- Det är svårt att vidmakthålla mätningar vid en viss provplats under lång tid. Förhållandena kan ändras som gör att en viss mätplats måste flyttas eller läggas ner. Ekonomiska hänsyn har haft inverkan på provprogrammet och antal mätplatser under åren. I den nya databasen ses tydligt att mätplatser har startats och lagts ner med jämna mellanrum och att vissa mätplatser enbart har kortvariga mätserier. Trots det stora antal mätplatser i databasen är antalet mätplatser som kan användas till trendanalyser begränsat eftersom mätningarna inte har fortgått i tillräckligt långa perioder och representativiteten blir dålig. De existerande mätstationerna är inte utlagda med målet att titta på heltäckande trender i depositionen för regioner. För Krondroppsnätet finns ytterligare en anledning till avbrutna tidsserier: syftet med Krondroppsnätet är att följa luftföroreningar i skogsmark, så mätningarna vid ytorna avslutas när skogen avverkas eller skadas allvarligt. Även mätningarna på öppet fält avslutas vanligen då, eftersom de inte längre är del av en skogsyta. Vid bedömningar av trender över lång tid måste man ta hänsyn till allt detta. Antingen inkluderas endast mätplatser som bidragit med mätvärden för alla eller de flesta tidpunkter under den aktuella perioden, eller så måste mätplatserna bedömmas utifrån vilket geografiskt område och vilken luftföroreningsbelastning de representerar.

- Provtagning av nederbörd till öppet fält är besvärlig vid vindutsatta platser, i synnerhet vintertid. Svårigheten ligger i att korrekt provta regndroppar och snöflingor av olika storlekar vid olika vindstyrkor, vilket kan ha inverkan på nederbördsmängderna man registrerar. Vid en jämförelse mellan uppmätta nederbördsmängder från mätstationerna och de beräknade nederbördsmängderna från SMHI fanns enbart små skillnader i de två olika nederbördsmängderna. Trenderna i kvävenedfall påverkades inte markant av vilken nederbördsmängd vi använde i Mann-Kendall testen (SMHI eller uppmätta). En omfattande metodutveckling har skett på senare år för att förbättra provtagning av nederbörd till öppet fält och samtliga provtagare är nu utbytta till en förbättrad modell där nederbördsmängden bättre stämmer överens med SMHI-kannan.
- Under den långa tidsperiod som dessa data har samlats in har förändringar av mätmetoder skett, som kan påverka analyserna av data. Genom åren har flera olika bulkuppsamlare med olika utformning och gjorda i varierande material använts. Före 1970 användes till exempel så kallade Egnerskåp, som till sin utformning på många sätt var annorlunda jämfört med senare metodik med provtagningstrattar. Tidigare utförda undersökningar av effekterna av de olika uppsamlarna på kvalitén av de uppmätta kvävehalterna i det äldre EACN-nätverket har dock visat på att det inte spelar någon signifikant roll vilka bulksamlare som har använts. Det nyligen genomförda bytet av provtagningsutrustning kommer dock att behöva utvärderas och eventuellt tas hänsyn till vid framtida trendanalyser.
- Variationen i kvävenedfall på öppet fält är stor geografiskt och mellan år, eftersom nederbörd faller sporadiskt både tidsmässigt och ytmässigt. Av variationen i våtdepositionsdata beror endast en liten del på insamlings- och analysfel och den största delen härstammar från variationer i luftföroreningarnas transportmönster. Detta har konstaterats vid jämförelse och beräkning av standardavvikelsen hos årsmedelvärden mellan par av insamlare under 8 år vid många stationer, där mellanårsvariationerna var klart störst. Därför måste långa tidsserier och många representativa mätstationer användas för att fastslå en trend eller årstidsvariation. Den generella variationen i kvävenedfall under perioden är större i område sydväst, jämfört med sydöst. Det finns, i område sydväst, några år runt millennieskiftet med höga värden för nedfallet vid många platser. Detta hänger sannolikt samman med mycket nederbörd i detta område under dessa år. Under svåra orografiska förhållanden krävs det troligen mer omfattande mätningar.
- Ett problem ligger i att uppskatta torrdepositionen av de olika kväveformerna till skogen. Eftersom kväve interagerar med trädkronorna är det inte möjligt att använda nettokrondropp för att uppskatta torrdepositionen. Istället blir det nödvändigt att använda någon typ av inert surrogatytta och att relatera till nettokrondropp av natrium för att uppskatta torrdepositionen till trädkronorna. Metodiken med särskilda empiriska mätningar med strängprovtagare representerar en möjlig lösning och dessa mätningar har nu återupptagits vid 10 platser runt om i Sverige, efter några års uppehåll. Mätningarna påbörjades i början av 2000-talet, vilket innebär att det ännu finns data från en alltför kort period för att utgöra underlag för trendanalyser vid rådande år-till-år-variation.
- Det är svårt att rapportera tidsutvecklingen i totalt kvävenedfall till skogen. Torrdepositionen kan uppskattas dels med MATCH-modellen och dels med strängprovtagare. Båda metoderna bär med sig såväl fördelar som egenartade problem och brister. Emissionsuppskattningar har som tidigare nämnts stor osäkerhet, särskilt för utsläppen av  $\text{NH}_x$ , och trenderna ser olika ut för olika emissions- och nederbördsuppskattningar. Beroende på vilka indata man väljer ger MATCH olika resultat för utvecklingen i torrdeposition och totaldeposition. Det kan vara svårt att veta vilken uppskattning av kväveemissionerna man bör lita på. Det kan även finnas

vissa svårigheter vad gäller modellens parameterisering av torrdeposition. Omvänt är det brist på regelbundna mätningar av torrdeposition av olika kväveformer till skog. Mätningar med strängprovtagare bedrevs vid 10 platser runt om i Sverige under perioden 2001-2008. De avslutades men återupptogs under 2013. Flertalet av de nya mätplatserna är identiska med dem som användes 2001-2008. Härutöver bedrivs mätningar med strängprovtagare på IM-områdena (Figur 8.1). Ännu finns data alltså från en alltför kort period för att utgöra underlag för trendanalyser.



Figur 8.1. Karta över mätplatser i Sverige som under 2013 har full utrustning för att mäta totaldeposition (inklusive strängprovtagare). Tio av dessa finns inom Kron dropps nätet och finansieras av Luftvårdsförbund, Länsstyrelser samt Naturvårdsverket, Programområde Luft. Fyra mätstationer finns inom Integrerad Miljöövervakning (IM) och finansieras av Programområde Skog. Vid dessa stationer finns även mätutrustning för att mäta nedfall över öppet fält samt som kron dropp. Denna övervakning av totaldeposition ses som ett absolut minimum i en framtida övervakning. De stationer som ingår är från norr till söder: Myrberg, Gammtratten (IM), Storubysjön, Blåbärskullen, Kindla (IM), Edeby, Hensbacka, Gårdsjön (IM), Fagerhult, Aneboda (IM), Rockneby, Timrilt, Hissmossa, Stenshult. Alla stationer tillhör Kron dropps nätet om inget annat står inom parentes.

## 9. Slutsatser

Sammanfattningsvis kan vi dra följande slutsatser:

- Kvävenedfallet med nederbörden till Sverige ökade signifikant under 20-årsperioden 1970-1989 i sydvästra Sverige, liksom nedfallet av  $\text{NO}_3^-$  i norra Sverige. Koncentrationerna av kväve förändrades inte under perioden, däremot ökade nederbördsmängderna, vilket sannolikt förklarar den ökade kvävedepositionen. För perioden före 1970 är endast 10-årsperioder analyserade och i den analysen erhöles en ökad kvävedeposition under 1960-69 i sydvästra Sverige, som kan förklaras med en ökad koncentration i nederbörden.
- Under 20-årsperioden 1990-2009 skedde ingen förändring av nedfallet i våtdeposition av olika kväveformer vare sig i norra eller i sydvästra Sverige. Däremot minskade nedfallet av olika kväveformer med nederbörden i sydöstra Sverige under 1990-2009. Koncentrationerna av oorganiskt kväve i nederbörden minskade under 20-årsperioden i både sydvästra och sydöstra Sverige. Om man tittar på de två enskilda 10-årsperioderna under 1990-2009 erhöles inga statistiskt signifikanta trender i nedfall.
- Data från 1955 till 2011 visar tydligt att variationen är stor i kvävenedfall på öppet fält både geografiskt och mellan år. Den generella variationen i kvävenedfall under perioden är större i område sydväst än i sydöst. I sydöstra Sverige är vädret, och då mestadels nederbörden, mindre variabel än i sydvästra Sverige, vilket gör att mindre trender kan vara lättare att upptäcka. Observerade förändringar varierar starkt mellan stationerna inom alla tre regionerna (norra, sydöstra och sydvästra Sverige). Tillgängliga mätvärden från existerande mätstationer tillåter för närvarande inte länsvisa redovisningar, eftersom det blir för få mätstationer i varje län för att täcka upp variationen i länet.
- Det gjorde endast liten skillnad för trenderna i nedfallet av kväve med nederbörden om uppmätta stationsnederbördsmängder eller SMHI-korrigerade nederbördsmängder användes i analysen.
- Depositionen modellerad med TRENDMATCH visar en nedåtgående trend för såväl  $\text{NO}_3^-$  som  $\text{NH}_4^+$  från 1990 till 2010 för alla ytor och regioner. Resultaten från KLIMATMATCH visar signifikanta nedåtgående trender av  $\text{NO}_3^-$ , men inte av  $\text{NH}_4^+$ . Trender framtagna med MATCH-modellen är starkt beroende av vilka värden och rumslig fördelning av rapporterade utsläpp som används och andra indata. Då emissionsinventeringar är förknippade med osäkerheter är det alltid viktigt att också använda sig av mätdata när man uppskattar deposition. Genom att använda två olika emissionsinventeringar har vi påtalat den osäkerhet som finns i storskaliga emissionsinventeringar.
- Det finns inga indikationer på att krondropp och torrdepositionen av kväve har minskat under de senaste 12 åren.

## 10. Rekommendationer för övervakningen

- Arbetet med att kartlägga kvävenedfallets utveckling bör genomföras regelbundet med förslagsvis 3-5 års mellanrum. Utvecklingen hos observationer av både våtdeposition och totaldeposition bör följas i framtida arbete och kompletteras med modellkörningar med MATCH utifrån olika emissionsuppskattningar. På sikt bör indikatorn för kvävenedfallet vara det totala nedfallet av oorganiskt kväve ( $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ ). Detta inkluderar alla viktiga aspekter av kvävenedfallet till svenska landecosystem och vatten, inklusive våt- och torrdeposition. Dock inkluderas inte nedfallet av organiskt kväve, som bedöms ha liten betydelse och mindre ofta vara av antropogent ursprung. För närvarande får man fortsätta att i högre grad följa utvecklingen i våtdeposition av kväve tills det blir tillräckligt med data för torrdeposition och totaldeposition av oorganiskt kväve för att utföra en statistisk trendanalys av dessa.
- Ett glest stationsnät för nederbördsmätningar gör att generella trender i kvävenedfall inom mindre områden (exempelvis på länsnivå) inte kan analyseras eftersom det blir för få mätstationer i varje län för att täcka upp variationen i länet. Det rekommenderas att länen använder sig av resultaten från den nationella regionuppdelningen (norra, sydöstra och sydvästra Sverige) samt eventuellt av enstaka stationer i länet som exempel, när kvävenedfallet i länet ska belysas.
- Trendanalyser kräver mätdata över långa perioder vilket talar för långsiktiga och pågående mätprogram på kontinuerliga stationer med obrutna tidsserier. Kortare mätprogram på många skiftande stationer gör det svårare att följa kvävenedfallets utveckling. För att skapa bra förutsättningar för att följa förändringar i nedfall bör övervakningsprogram sträva efter långa mätserier och att finansieringen är stabil så att bra stationer inte läggs ner på grund av tillfällig brist på resurser. Nuvarande långa tidsserier av nedfallet av kväve på öppet fält och i kronddropp bör därför fortsätta.
- För att statistiskt kunna säkerställa förhållandevis små förändringar i kvävenedfallet i storleksordningen 20 % under en period av 20 år (en procent per år) kommer det att vara fortsatt nödvändigt med nederbörds-kemiska mätningar av våtdepositionen vid ett tillräckligt stort antal platser runt om i landet som är bra placerade. Vi rekommenderar en analys av om nuvarande antal stationer för mätningar av våtdeposition räcker till eller om det krävs en ändring i antal och belägenhet. Med statistiska metoder kan man bestämma hur många stationer som behövs för att uppnå en viss precision. Man behöver ha en klar uppfattning över hur stor variationen är på de olika stationerna (i både tid och rum). Dessutom bör man ta hänsyn till om trenden är densamma på alla stationer eller inte och hur man i så fall ska fördela stationerna inom ett visst område. På grund av omständigheter som till exempel orografiska förhållanden kan det krävas mer omfattande mätningar med fler stationer i ett område framför ett annat. Antalet mätstationer som behövs beror på om det behövs en tillräcklig täckning för att man utifrån mätningarna ska kunna kvantifiera den totala kvävedepositionen till hela Sverige och den exakta trenden (när det finns en sådan) på länsbasis/regionbasis, eller om det är tillräckligt med mätstationer som visar nedfallsutvecklingen på typiska platser i Sverige. Eftersom beräkningar av det totala nedfallet av oorganiskt kväve (inklusive torrdeposition till skog) kräver omfattande mätutrustning måste länen gå samman för att åstadkomma tillräckligt med mätdata för att bedöma tidsutvecklingen av kvävenedfallet i det egna länet. Län i samma ”miljöklimatiska” områden måste samverka och var och en bidra så att omfattningen på mätningarna blir tillräcklig. Utformningen av ett sådant samordnat, länsbaserat mätnät skulle kunna utgå från Kronddroppsnätet, där en länsvis samordning redan är långt utvecklad.

- Alternativt till bedömningen i denna rapport kan mätstationerna för nederbörd bedömmas utifrån vilket geografiskt område och vilken luftföroreningsbelastning de representerar. Detta kan göras med en metodik med relativa halter/nedfall relaterat till ett referensvärde för tidsperioden och det geografiska området där det kan antas att nedfallet varit jämförbart.
- För det totala nedfallet av kväve över Sverige föreslår vi ett mätsystem med fullt utrustade mätplatser runt om i Sverige med mätningar av kronddropp, nederbörd till öppet fält och strängprovtagare under tak, där kompletta månadsvisa mätningar året runt med analyser av alla intressanta kväveformer utförs. Denna typ av mätningar är i nuläget igång igen vid 10 platser runt om i landet inom Kronddropsnätet och fyra platser inom IM (Figur 8.1). Dessutom behövs kampanjvisa mätningar av torrdepositionen på öppet fält av intressanta ämnen till provtagare placerade under tak. Dessa fullständiga mätningar av kvävenedfall vid 14 platser utgör ett absolut minimum för att ge en någorlunda bra bild av den geografiska variationen samt att påvisa större förändringar av det totala kvävenedfallet över tid. Eftersom det totala nedfallet beräknas utifrån en kombination av ovanstående mätningar, som alla har osäkerheter som adderas, blir de beräknade värdena för totaldeposition behäftade med en större osäkerhet, jämfört med beräkningar av bara nedfallet med nederbörden. Som ett resultat av dessa osäkerheter krävs längre tidsserier för att påvisa förändringar över tid. Det vore önskvärt med ett större antal platser med denna utrustning för att uppnå en bättre täckning av hela landet med all dess variation i tid och rum, i syfte att möjliggöra analyser av mindre förändringar över tid (i storleksordning en procent per år) av det samlade kvävenedfallet inklusive torrdeposition. Det är dock förmodligen inte ekonomiskt realistiskt med ett stort antal fullt utrustade mätplatser, med allt som krävs för att uppskatta totaldeposition av kväve. Eventuellt kan man utnyttja data från mätningarna med strängprovtagare vid de 14 platserna och tillämpa dem även för närliggande platser med mätningar av nederbörd och kronddropp (utan strängprovtagare), om torrdepositionen varierar mindre geografiskt än vad våtdepositionen gör. Framtida metodutveckling krävs för detta.
- Bristen på fullt utrustade mätplatser kan i princip avhjälpas genom i) en ökning av antalet mätplatser, ii) val av mätplatser med så stor geografisk representativitet som möjligt och iii) genom att kombinera mätningar med modellverktyg. Modellverktyg är bra på att beskriva och åskådliggöra nedfallet, historiskt, idag och i framtiden. Trovärdigheten när det gäller att utgöra bas för bedömningar av förändringar är dock begränsad genom att modellerna är beroende, dels av att alla viktiga processer idag och i framtiden måste finnas beskrivna i modellen, dels av att indata till modellen är korrekta. Mätningar bör därför även i fortsättningen utgöra den viktigaste basen för att bedöma förändringar av nedfall, även om mätningar har sina begränsningar när variationen är stor.
- I denna studie har MATCH hanterats separat från mätningar, det vill säga MATCH-Sverige-systemet har inte använts. Med liknande metodik som i MATCH-Sverigesystemet skulle mätningar och modell kunna kombineras statistiskt för att ta fram trenden för en period genom en återanalys. Fördelen med det är att respektive förtjänster med mätdata och modelldata kan nyttjas optimalt, för att ta fram ett geografiskt och temporalt täckande dataset att utgå ifrån i trendanalysen.
- Ekosystem som är särskilt känsliga för kvävenedfall ligger i den högalpina miljön i norra Sveriges fjällvärld. Dessa ekosystem är även mycket utsatta för förändringar i klimat, med till exempel höjning av trädgränsen som effekt. Det är sannolikt att den kombinerade effekten av klimatförändringar och kvävenedfall är mycket viktig. Det finns prognoser på att kvävenedfallet i norra Sverige kan bestå eller öka under lång tid framöver, bland annat



beroende på långväga transport av kväveformer från storskaliga biomassabränder, men även beroende av ökad fartygstransport på Norska Havet i samband med ökad trafik genom Nordostpassagen. Det är därför önskvärt med en tillräcklig övervakning av kvävenedfallet till den högalpina fjällvärlden, något som inte täcks in av den nuvarande övervakningen.

- Som kompletterande alternativ till närvarande analyser av kvävenedfall och totaldeposition av kväve kan man få indikationer, baserat på parametrar som hänger ihop med kvävenedfallet och utreda eventuella ändringar i dessa över tid. Det kan röra sig om till exempel trender i ytvattenkemi, utbredning av kvävekänsliga arter och påväxtalger, lufthalter av kväve, kväve i förnafall och i barr med mera. Alla dessa parametrar påverkas dock av många andra faktorer, förutom kvävenedfall. Genom en sammanställning av ett brett material från diverse övervakningsprogram som har en anknytning till luftföroreningar och som kan tänkas påverkas av kvävenedfallet, kan man få mer information.
- Parallellt med stora övervakningsprogram behövs mer forskning inom området, bland annat kring processer i naturen samt provtagnings- och analysmetoder.

## 11. Referenser

- Aas, V. 2013. SPFO-rapport 1148/2013. ISBN 978-82-425-2577-2.
- Adriaenssens, S., Hansen, K. Staelens, J., Wuyts, K., De Schrijver, A., Baeten, L., Boeckx, P., Samson, R., Verheyen, K. 2012. Throughfall deposition and canopy exchange processes along a vertical gradient within the canopy of beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst). *Science of the Total Environment* 420, 168–182.
- Andersson, C., Langner, J. and Bergström, R. 2007. Interannual variation and trends in air pollution over Europe due to climate variability during 1958-2001 simulated with a regional CTM coupled to the ERA40 reanalysis. *Tellus* 59B, 77-98.
- Andreassen, K., Clarke, N., Røsberg, I., Timmermann, W., Aas, W. 2009. Intensive forest monitoring in 2008. Results from ICP Forests Level 2 plots in Norway. *Forskning fra Skog og landskap - 3/09*. ISBN 978-82-311-0089-8.
- Beusen, A.H.W., Bouwman, A.F. Heuberger P.S.C., Van Drecht, G. Van Der Hoek, K.W. 2008. Bottom-up uncertainty estimates of global ammonia emissions from global agricultural production systems, *Atmospheric Environment* 42(24), 6067-6077.
- Bouwman, A.F., Van Vuuren, D.P., Derwent, R.G., Posch, M. 2002. A global analysis of acidification and eutrophication of terrestrial ecosystems. *Water, Air, Soil Pollut.* 141, 349-382.
- Cape, J.N., Tang, Y.S., González-Benítez, J.M., Mitošinková, M., Makkonen, U., Jocher, M., Stolk, A. 2012. *Biogeosciences* 9, 4401–4409.
- Dee, D. P., Uppala, S. M., Simmons, A. J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M. A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A. C. M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A. J., Haimberger, L., Healy, S. B., Hersbach, H., Hólm, E. V., Isaksen, I., Kållberg, P., Köhler, M., Matricardi, M., McNally, A. P., Monge-Sanz, B. M., Morcrette, J.-J., Park, B.-K., Peubey, C., de Rosnay, P., Tavolato, C., Thépaut, J.-N., Vitart, F. 2011. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Q.J.R. Meteorol. Soc.* 137, 553–597. doi: 10.1002/qj.828
- Dietz, E.J., Killeen, T.J. 1981. A nonparametric multivariate test for monotone trend with pharmaceutical applications. *J. American Statistical Association* 76, 169-174.
- Engardt, M., Langner, J. 2013. Simulations of future sulphur and nitrogen deposition over Europe using meteorological data from three regional climate projections. *Tellus B*, 65, 20348, <http://dx.doi.org/10.3402/tellusb.v65i0.20348>.
- Eriksson, E. 1952. Composition of atmospheric precipitation. I. Nitrogen compounds. *Tellus* 4, 215-232.
- Fagerli, H., Aas, W. 2008. Trends of nitrogen in air and precipitation: Model results and observations at EMEP sites in Europe, 1980-2003. *Environmental Pollution* 154, 448-461.
- Ferm, M. 1993. Throughfall measurements of nitrogen and sulphur compounds. *Intern. J. Anal. Chem.* 50, 29-43.
- Ferm, M. 1998. Atmospheric ammonia and ammonium transport in Europe and critical loads - a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51, 5-17.
- Ferm, M. 2007. Testing and development of a new precipitation gauge for chemical analysis. IVL rapport B1755.

- Ferm, M., Hellsten, S. 2012. Trends in atmospheric ammonia and particulate ammonium concentrations in Sweden and its causes. *Atmospheric Environment* 61, 30-39.
- Graf Pannatier, E., Thimonier, A., Schmitt, M., Walthert, L., Waldner, P. 2011. A decade of monitoring at Swiss Long-term Forest Ecosystem Research (LWF) sites: can we observe trends in atmospheric acid deposition and in soil solution acidity? *Environmental Monitoring and Assessment* 174, 3-30.
- Granke, O., Mues, V., 2010. Sulfur and nitrogen deposition and its trends. In: R. Fischer, M. Lorenz, O. Granke, V. Mues, S. Iost, H. Van Dobben, G. J. Reinds & W. De Vries (eds.), *The Condition of Forests in Europe. 2010 Technical Report of ICP Forests. UN-ECE Convention on Long-Range Air Pollution, International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (ICP Forests) and European Commission, Hamburg*, p. 45-53.
- Hertel, O., Skjøth, C. A., Reis, S., Bleeker, A., Harrison, R. M., Cape, J. N., Fowler, D., Skiba, U., Simpson, D., Jickells, T., Kulmala, M., Gyldenkerne, S., Sørensen, L. L., Erismann, J. W., Sutton, M. A. 2012. Governing processes for reactive nitrogen compounds in the European atmosphere, *Biogeosciences*, 9, 4921-4954.
- Hirsch, R.M., Slack, J.R. 1984. A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resources Research* 20, 727-732.
- Hunova, I., Santroch, J., Ostatnicka, J. 2004, Ambient air quality and deposition trends at rural stations in the Czech Republic during 1993-2001. *Atmospheric Environment* 38(6), 887-898.
- Karlsson, P.E., Ferm, M., Hultberg, H., Hellsten, S., Akselsson, C., Pihl Karlsson, G. 2011. Totaldeposition av kväve till skog. IVL Rapport B1952.
- Karlsson, P.E., Ferm, M., Tømmervik, H., Hole, L.R., Pihl Karlsson, G., Ruoho-Airola, T., Aas, W., Hellsten, S., Akselsson, C., Mikkelsen, T.N., Nihlgård, B. 2013. Biomass burning in eastern Europe during spring 2006 caused high deposition of ammonium in northern Fennoscandia. *Environmental Pollution* 176, 71-79.
- Kendall, M.G. 1975. *Rank Correlation Methods*, Charles Griffin, London.
- Kernan, M., Battarbee, R.W., Curtis, C.J., Monteith, D.T., Shilland, E.M. 2010. UK acid waters monitoring network 20 year interpretative report. Report to DEFRA. Environmental Change Research Centre. University College of London. ISSN 1366-7300.
- Kjellström, E., Nikulin, G., Hansson, U., Strandberg, G., Ullerstig, A. 2011. 21st century changes in the European climate: uncertainties derived from an ensemble of regional climate model simulations, *Tellus* 63A, 24-40.
- Klein, H., Benedictow, A., Fagerli, H. 2007. Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O<sub>3</sub>) and PM. Sweden. MSC-W Data Note 1/2007. Norwegian Meteorological Institute.
- Klein, H., Gauss, M., Nyíri, Á., Steensen, B.M. 2011. Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O<sub>3</sub>) and PM. Norwegian Meteorological Institute, Data Note 2011, ISSN 1890-0003.
- Kvaalen, H., Solberg, S., Clarke, N., Torp, T., Aamlid, D. 2002. Time series study of concentrations of SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> and H<sup>+</sup> in precipitation and soil waters in Norway. *Environmental Pollution* 117 (2), 215-224.
- Lamarque, J.-F., Bond, T.C., Eyring, V., Granier, C., Heil, A., Klimont, Z., Lee, D., Liousse, C., Mieville, A., Owen, B., Schultz, M.G., Shindell, D., Smith, S.J., Stehfest, E., Van Aardenne, J., Cooper, O.R., Kainuma, M., Mahowald, N., McConnell, J.R., Naik, V., Riahi, K. and van Vuuren, D.P. 2010. Historical (1850-2000) gridded anthropogenic and biomass burning emissions of reactive gases and aerosols: methodology and application. *Atmos. Chem. Phys.* 10, 7017-7039.

- Meesenburg, H., Meiwes, K. J., Rademacher, P. 1995. Long term trends in atmospheric deposition and seepage output in northwest German forest ecosystems. In: *Water, Air, and Soil Pollution* 85, 611-616.
- Monks, P.S., Granier, C., Fuzzi, S., Stohl, A., Williams, M.L., Akimoto, H., Amanni, M., Baklanov, A., Baltensperger, U., Bey, I., Blake, N., Blake, R.S., Carslaw, K., Cooper, O.R., Dentener, F., Fowler, D., Fragkou, E., Frost, G.J., Generoso, S., Ginoux, P., Grewet, V., Guenther, A., Hansson, H.C., Hennew, S., Hjorth, J., Hofzumahaus, A., Huntrieser, H., Isaksen, I.S.A., Jenkin, M.E., Kaiser, J., Kanakidou, M., Klimont, Z., Kulmala, M., Laj, P., Lawrence, M.G., Lee, J.D., Liousse, C., Maione, M., McFiggans, G., Metzger, A., Mieville, A., Moussiopoulos, N., Orlando, J.J., O'Dowd, C.D., Palmer, P.I., Parrish, D.D., Petzold, A., Platt, U., Prevo't, A.S.H., Reeves, C.E., Reimann, S., Rudich, Y., Sellegri, K., Steinbrecher, R., Simpson, D., ten Brink, H., Theloke, J., van der Werf, G.R., Vautard, R., Vestreng, V., Vlachokostas, Ch., von Glasow, R. 2009. Atmospheric composition change – global and regional air quality. *Atmospheric Environment* 43, 5268–5350.
- Oulehle, F., Evans, C. D., Hofmeister, J., Krejci, R., Tahovska, K., Persson, T., Cudlin, P., Hruska, J. 2011. Major changes in forest carbon and nitrogen cycling caused by declining sulphur deposition. *Global Change Biology* 17(10), 3115-3129.
- Parker, 1983. Throughfall and stemflow in the forest nutrient cycle. *Adv. Ecol. res.* 13, 58-133.
- Persson, C., Ressner, E. and Klein, T. 2004. Nationell miljöövervakning – MATCH-Sverige modellen. Metod- och resultatsammanställning för åren 1999-2002 samt diskussion av osäkerheter, trender och miljömål. SMHI Meteorologi Nr. 113, 32 pp. (In Swedish).
- Persson, C., Södergren, H. 2013. Kartläggning av depositionen av baskatjoner i Sverige. SMHI Rapport Nr 2013-37, 26 sidor.
- Pihl Karlsson, G., Akselsson, C., Hellsten, S., Karlsson, P. E., 2011. Reduced European emissions of S and N? Effects on air concentrations, deposition and soil water chemistry in Swedish forests. *Environmental Pollution* 159(12), 3571-3582.
- Pihl Karlsson, G., Hellsten, S., Karlsson, P. E., Akselsson, C., Ferm, M. 2012. Kvävedepositionen till Sverige Jämförelse av depositionsdata från Krondroppsnetet, Luft- och nederbördskemiska nätet samt EMEP. IVL rapport B2030.
- Reis, S., Grennfelt, P., Klimont, Z., Amann, M., ApSimon, H., Hettelingh, J.-P., Holland, M., LeGall, A.-C., Maas, R., Posch, M., Spranger, T., Sutton, M. A., Williams, M. 2012. From acid rain to climate change. *Science* 338, 1153-1154.
- Robertson, L., Langner, J., Engardt, M. 1999. An Eulerian limited-area atmospheric transport model. *Journal of Applied Meteorology* 38, 190-210.
- Rogora, M., Mosello, R., Arisci, S., Brizzio, M., Barbieri, A., Balestrini, R., Waldner, P., Schmitt, M., Stähli, M., Thimonier, A., Kalina, M., Puxbaum, H., Nickus, U., Ulrich, E., Probst, A. 2006. An overview of atmospheric deposition chemistry over the Alps: Present status and long-term trends. *Hydrobiologia* 562, 17-40.
- Schulz, M. m.fl. 2013. Transboundary acidification, eutrophication and ground level ozone in Europe in 2011. EMEP Status Report 1/2013.
- Sen, P.K. 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's  $\tau_a$ . *Journal of the American Statistical Association* 63, 1379–1389.
- Staelens, J., Wuyts, K., Adriaenssens, S., Van Avermaet, P., Buysse, H., Van den Bril, B., Roekens, E., Ottoy, J.-P., Verheyen, K., Thas, O., Deschepper, E. 2012. Trends in atmospheric nitrogen and sulphur deposition in northern Belgium. *Atmospheric Environment* 49(0), 186-196.

Theil, H. 1950. A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis. I, II, III. *Nederl. Akad. Wetensch., Proc.* 53: 386–392, 521–525, 1397–1412.

Thomson, A.M., Calvin, K.V., Smith, S.J., Kyle, G.P., Volke, A., Patel, P., Delgado-Arias, S., Bond-Lamberty, B., Wise, M.A., Clarke, L. E., Edmonds, J.A. 2011. RCP4.5: a pathway for stabilization of radiative forcing by 2100, *Climatic Change*, doi: 10.1007/s10584-011-0151-4.

Vanguelova, E. I., Benham, S., Pitman, R., Moffat, A. J., Broadmeadow, M., Nisbet, T., Durrant, D., Barsoum, N., Wilkinson, M., Bochereau, F., Hutchings, T., Broadmeadow, S., Crow, P., Taylor, P., Durrant Houston, T. 2010. Chemical fluxes in time through forest ecosystems in the UK - Soil response to pollution recovery. *Environmental Pollution* 158(5), 1857-1869.

Verstraeten, A., Neiryneck, J., Genouw, G., Cools, N., Roskams, P., Hens, M. 2012. Impact of declining atmospheric deposition on forest soil solution chemistry in Flanders, Belgium. *Atmospheric Environment* 62(0), 50-63.

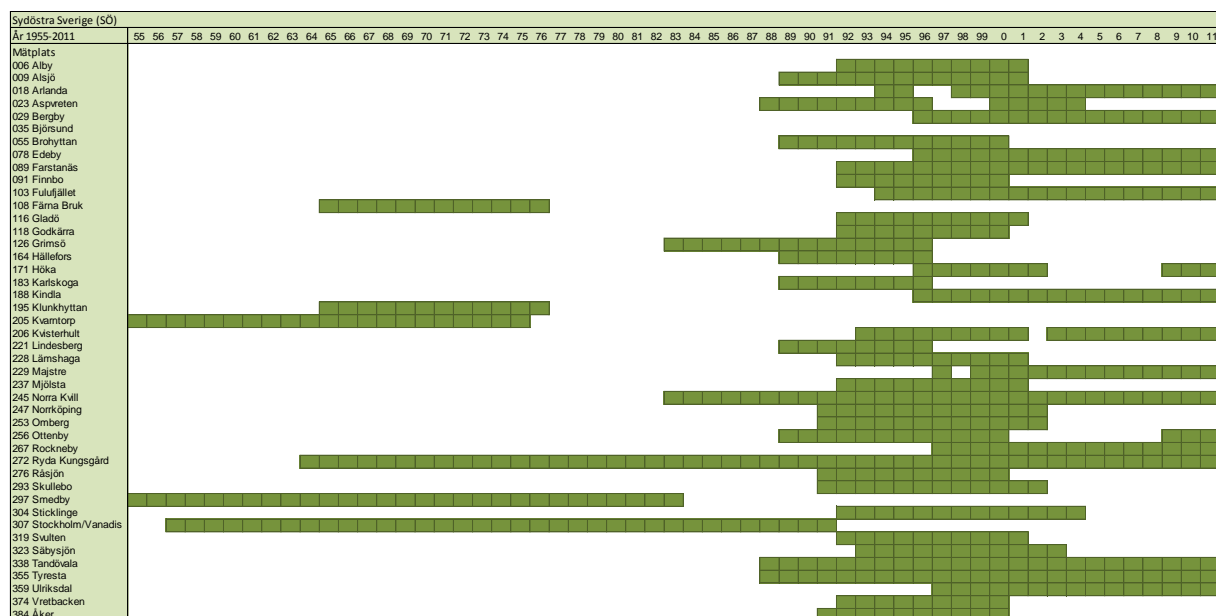
von Feilitzen H., Lugner I. 1910. Undersökningar över de mängder bundet kväve, som tillföres jorden med nederbörden. *Kgl. Lantbr. Akad. handl. o. tidskrifter* 1910. Sid. 151.

Waldner, P., Thimonier, A., Schmitt, M., Marchetto, A., Rogora, M., Oliver Granke, Mues, V., Hansen, K., Pihl-Karlsson, G., Zlindra, D., Clarke, N., Verstraeten, A., Lazdins, A., Schimming, C., Iacoban, C., Lindroos, A.-J., Vanguelova, E., Benham, S., Meesenburg, H., Nicholas, M., Kowalska, A., Vladislav Apuhtin, Nappa, U., Lachmanová, Z., Neumann, M., Bleeker, A., Ingerslev, M., Molina, J., Vesterdal, L., Seidling, W., Fischer, U., Fischer, R., Lorenz, M. 2012. Sulphate and nitrogen deposition and trend analyses. In: M. Lorenz & G. Becher (eds.), *Technical Report of ICP Forests ICP Forests*, Thünen-Institut, Hamburg, p. 60-76.

Waldner, P., Marchetto, A., Thimonier, A., Schmitt, M., Rogora, M., Granke, O., Mues, V., Hansen, K., Pihl-Karlsson, G., Zlindra, D., Clarke, N., Verstraeten, A., Lazdins, A., Schimming, C., Iacoban, C., Lindroos, A.-J., Vanguelova, E., Benham, S., Meesenburg, H., Nicholas, M., Kowalska, A., Apuhtin, V., Nappa, U., Lachmanová, Z., Kristoefel, F., Bleeker, A., Ingerslev, M., Vesterdal, L., Molina, J., Fischer, U., Seidling, W., Fischer, R., Lorenz, M. 2013. Temporal trends in atmospheric deposition of inorganic nitrogen and sulphate to forests in Europe. *Atmospheric Environment* (In review).

## Bilaga 1 – Mätplatser och tidsperioder

Översikt över mätplatser som har varit aktiva över tiden fördelat på de tre områdena N, SÖ och SV. De visade mätplatserna har använts i trendanalyserna i kapitel 6. Alla mätplatser med mer än åtta års mätningar inom en 10-årsperiod eller 16 års mätningar inom en 20-årsperiod har medtagits i den statistiska analysen.





## Bilaga 2 – Kvalitetskontroll och borttagning av avvikande mätplatser i äldre data

Bedömningen har varit att data efter 1983 har kontrollerats löpande vid och efter insamling. Granskningen av kvalitet hos de äldre insamlingsstationerna, speciellt under perioden 1955-82, utgår från data från ett enhetligt stationsnät som täckte Sverige under perioden 1983-90, ett antal representativitetsundersökningar under perioden 1973-1982 med extra, välplacerade, insamlare delvis i anslutning till äldre stationer samt en inbördes jämförelse mellan de äldre stationerna.

För referensperioden (1983-90) är spridningen mellan stationerna liten, 30 % för ett 90 procentigt konfidensintervall, om man använder de relativa årsvärdena, och man ser hur vissa år-till år-variationer följs av i princip alla stationer. För den tidigare perioden (1955-82) är spridningen betydligt större, runt 50 % för ett 90 procentigt konfidensintervall under de första åren. Vi har undersökt om detta enbart är slumpvisa variationer eller om data från vissa stationer bör korrigeras eller plockas bort.

I fallet  $\text{NH}_4^+$  är bedömningen extra svår och spridningen stor, vilket tydligt framgick vid undersökningar med många insamlare inom ett måttligt stort område (50 km diameter). I en till synes opåverkad omgivning kan prov från en insamlare då och då visa påtagligt förhöjd koncentration, men även en mycket låg halt.

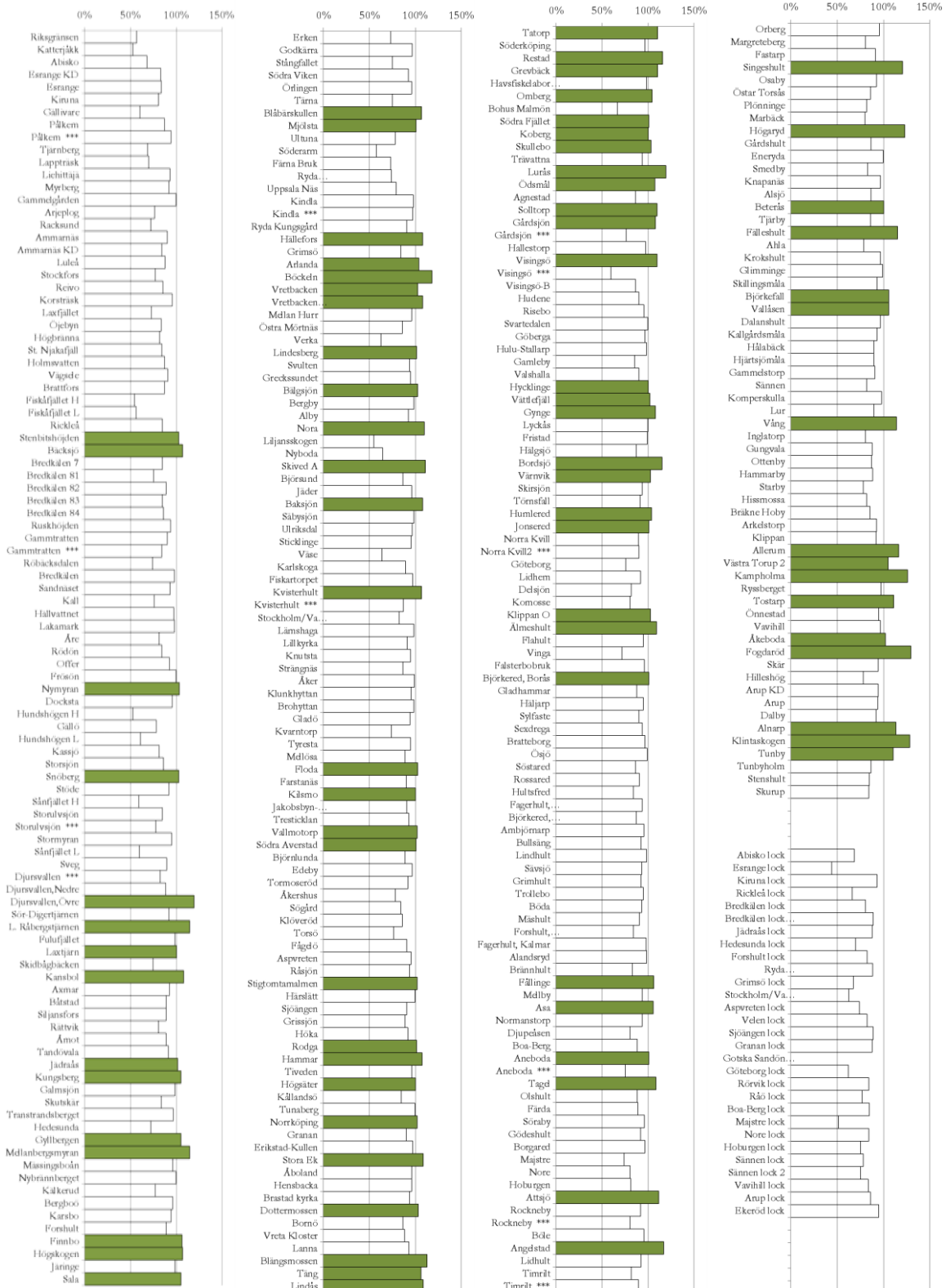
Data har gått igenom och det har värderats hur stationerna förhåller sig till varandra och om de kan vara användbara vid en bedömning av trender. Granskningen har lett till att följande stationer plockats bort innan den statistiska trendanalysen utförts:

Ämne	Stationsnamn	ID nummer i databasen	
$\text{NH}_4^+$	Plönninge	23	
	Skurup	32	
	Ultuna	12	
	Riksgränsen	1	
	Abisko	130, 7098	
	Abisko lock	1130, 7096	
	Bredkärlden Egnerskåp	7	
	Skutskär	41	
	Grimsö	133	
	Söderarm	131	
	Uppsala Näs	43 (Åren 1975 och 1976)	
	$\text{NO}_3^-$	Riksgränsen	1
		Kiruna	2
Abisko		130, 7098	
Abisko lock		1130, 7096	
Vinga		19	
Falsterbobruk		20	
Racksund		117	
Kassö		119	
Söderarm		131	
Grimsö		133	
Uppsala Näs		43	
Björnsund		47	
Bredkärlden		43	



## Bilaga 3 – Stationsvis nederbördsmängder

Nederbördsmängder på mätstationerna i förhållande till motsvarande beräknade SMHI nederbördsmängder. Grön färg (och mer än 100 %) visar stationer där uppmätt mängd är större än nederbördsmängden SMHI har beräknat. \*\*\* betyder den nya nederbördssamlaren har använts.



## Bilaga 4 – Resultat från statistiska Mann-Kendallanalyser

1970-1989 (≥ 16 år)						
Response variable	Område	p-value (twosided)	Significance code	antal lokaler med i test (n)	Signifikanta lokaler	Signifikansnivåer
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.002	++	2	2	1 st (+), 1 st (+++)
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.011	+	4	2	1 st (+), 1 st (++)
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.082		2		
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Norra Sverige	0.028	+	2	1	1 st (++)
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.037	+	4	1	1 st (+)
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.184		2		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.376		2		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.250		4	1	1 st (++)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.403		2		
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.313		2		
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.009	++	4	2	1 st (+++), 1 st (+)
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.322		2		
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige	0.881		2		
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.007	++	4	1	1 st (+++)
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.734		2		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.106		1		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.609		4	2	1 st (++), 1 st (-)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.514		2		
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.004	++	1	1	1 st (++)
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.008	++	4	2	2 st (++)
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.063		2		
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige	0.045	+	1	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.009	++	4	2	1 st (+), 1 st (++)
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.094		2		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.980		1		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.611		4	1	1 st (++)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.740		2		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.073		1		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.005	++	4	2	1 st (++), 1 st (+++)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.136		2		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige	0.346		1		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.011	+	4	1	1 st (+++)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.217		2		

1990-2009 (≥ 16 år)						
Response variable	Område	p-value (twosided)	Significance code	antal lokaler med i test (n)	Signifikanta lokaler	Signifikansnivåer
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.807		8		
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.105		9	1	1 st (+)
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.325		5		
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Norra Sverige	0.574		8	1	1 st (+)
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.167		9	2	2 st (+)
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.291		5	1	1 st (++)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.204		8		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.003	--	9	5	2 st (-), 3 st (-)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.001	--	5	3	1 st (-), 2 st (-)
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.662		8		
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.065		9	2	2 st (-)
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.001	--	5	3	1 st (-), 2 st (-)
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige	0.645		8		
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.027	-	9	3	3 st (-)
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.003	--	5	3	2 st (+), 1 st (-)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.023	-	8	2	1 st (-), 1 st (-)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.007	--	9	4	2 st (-), 1 st (-), 1 st (--)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.007	--	5	3	1 st (-), 2 st (-)
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.205		8	1	1 st (-)
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.543		9	1	1 st (-)
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.007	--	5	2	1 st (-), 1 st (-)
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige	0.208		8		
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.238		9	1	1 st (-)
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.018	-	5	1	1 st (-)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.082		8	1	1 st (-)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.005	--	9	4	2 st (-), 1 st (-), 1 st (--)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.002	--	5	4	3 st (-), 1 st (-)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.420		8	1	1 st (-)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.170		9	1	1 st (-)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.002	--	5	3	2 st (-), 1 st (-)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige	0.474		8		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.069		9	1	1 st (-)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.007	--	5	2	2 st (-)

1955-1964 (≥ 8 år)						
Response variable	Område	p-value (twosided)	Significance code	antal lokaler med i test (n)	Signifikanta lokaler	Signifikansnivåer
Nederbörd uppmätt nederbördsmängd	Norra Sverige	0.994		4		
Nederbörd uppmätt nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	0.141		4		
Nederbörd uppmätt nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	0.581		3		
Nederbörd, SMHI beräknad nederbördsmängd	Norra Sverige	0.705		4		
Nederbörd, SMHI beräknad nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	0.110		4	2	2 st (+)
Nederbörd, SMHI beräknad nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	0.415		3	1	1 st (+)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.465		4		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.050	-	3	1	1 st (-)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.972		2		
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Norra Sverige	0.993		4		
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	0.560		3		
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	0.733		2		
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Norra Sverige	0.790		4		
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	0.585		3		
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	0.152		2	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.347		3	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.048	+	4	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.031	+	3	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Norra Sverige	0.173		3	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	0.009	++	4	2	1 st (+), 1 st (++)
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	0.099		3	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Norra Sverige	0.085		3	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	0.005	++	4	4	4 st (+)
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	0.020	+	3	2	2 st (+)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.788		3		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.790		3		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.201		2		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbördsmängd	Norra Sverige	0.665		3	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	0.117		3	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	0.221		2	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbördsmängd	Norra Sverige	0.297		3	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	0.100		3	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	0.061		2	1	1 st (+)

1960-1969 (≥ 8 år)						
Response variable	Område	p-value (twosided)	Significance code	antal lokaler med i test (n)	Signifikanta lokaler	Signifikansnivåer
Nederbörd uppmätt nederbördsmängd	Norra Sverige	0.088		4	1	1 st (-)
Nederbörd uppmätt nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	0.509		5		
Nederbörd uppmätt nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	0.485		3		
Nederbörd, SMHI beräknad nederbördsmängd	Norra Sverige	0.778		4		
Nederbörd, SMHI beräknad nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	0.970		5		
Nederbörd, SMHI beräknad nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	0.475		3		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.803		4		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.053		4	1	1 st (+)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.524		3		
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Norra Sverige	0.353		4	1	1 st (-)
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	0.076		4		
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	0.619		3		
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Norra Sverige	0.985		4		
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	0.033	+	4	1	1 st (+)
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	0.898		3		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.245		3	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.014	+	5	2	1 st (+), 1 st (++)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.017	+	3	2	1 st (+), 1 st (++)
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Norra Sverige	0.486		3		
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	0.029	+	5	3	3 st (+)
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	0.247		3		
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Norra Sverige	0.708		3	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	0.010	++	5	3	2 st (+), 1 st (++)
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	0.085		3	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.888		3		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.007	++	4	2	1 st (+), 1 st (++)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.115		3		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbördsmängd	Norra Sverige	0.415		3		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	0.022	+	4	2	2 st (+)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	0.447		3		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbördsmängd	Norra Sverige	0.754		3		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbördsmängd	Sydvästra Sverige	0.007	++	4	3	2 st (+), 1 st (++)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbördsmängd	Sydöstra Sverige	0.209		3		

1970-1979 (≥ 8 år)						
Response variable	Område	p-value (twosided)	Significance code	antal lokaler med i test (n)	Signifikanta lokaler	Signifikansnivåer
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.347		6		
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.537		6	1	1 st (+)
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.042	+	3	1	1 st (+)
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Norra Sverige	0.483		6		
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.875		6		
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.143		3		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.901		6		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.418		6		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.090		3	2	2 st (+)
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.931		6		
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.086		6	1	1 st (+)
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.051		3	1	1 st (+)
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige	0.928		6		
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.237		6		
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.065		3	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.969		3		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.434		6		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.370		3	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.492		3		
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.104		6	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.246		3	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige	0.866		3		
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.431		6		
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.148		3	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.739		3		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.409		6		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.113		3	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.846		3		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.062		6	2	2 st (+)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.093		3	2	2 st (+)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige	0.962		3		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.211		6	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.053		3	2	2 st (+)

1980-1989 (≥ 8 år)						
Response variable	Område	p-value (twosided)	Significance code	antal lokaler med i test (n)	Signifikanta lokaler	Signifikansnivåer
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.169		2		
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.166		5		
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.074		2		
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Norra Sverige	0.348		2		
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.438		5	1	1 st (+)
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.189		2		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.359		2		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.911		5		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.421		2		
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.481		2		
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.766		5		
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.252		2	1	1 st (-)
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige	0.466		2		
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.942		5		
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.276		2	1	1 st (-)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.411		1		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.194		5	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.231		2		
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.300		1		
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.063		5	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.845		2		
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige	0.232		1		
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.049	+	5	1	1 st (+)
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.147		2		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.512		1		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.731		5		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.366		2		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.462		1		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.171		5		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.622		2		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige	0.426		1		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.300		5		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.965		2		

1990-1999 (≥ 8 år)						
Response variable	Område	p-value (twosided)	Significance code	antal lokaler med i test (n)	Signifikanta lokaler	Signifikansnivåer
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.347		20		
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.034	+	41	15	14 st (+), 1 st (++)
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.140		12	2	2 st (+)
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Norra Sverige	0.431		20		
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.324		41	4	4 st (+)
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.244		12		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.026	-	20	4	3 st (-), 1 st (-)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.027	-	41	12	10 st (-), 2 st (-)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.013	-	12	4	3 st (-), 1 st (-)
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.130		20	3	3 st (-)
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.552		41	11	2 st (+), 8 st (-), 1 st (-)
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.114		12	2	1 st (+), 1 st (-)
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige	0.130		20	3	3 st (-)
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.050		41	10	7 st (-), 3 st (-)
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.065		12	2	2 st (-)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.047	-	20	4	4 st (-)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.117		41	4	3 st (-), 1 st (-)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.077		12	2	2 st (-)
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.305		20		
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.149		41	7	5 st (+), 1 st (++), 1 st (-)
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.372		12		
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige	0.468		20	2	2 st (-)
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.678		41	6	1 st (+), 5 st (-)
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.202		12		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.028	-	20	3	3 st (-)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.043	-	41	8	6 st (-), 2 st (-)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.020	-	12	5	5 st (-)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.216		20		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.767		41	5	3 st (+), 1 st (-), 1 st (-)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.150		12	2	1 st (+), 1 st (-)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige	0.235		20		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.137		41	9	8 st (-), 1 st (-)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.064		12	1	1 st (-)

2000-2009 (≥ 8 år)						
Response variable	Område	p-value (twosided)	Significance code	antal lokaler med i test (n)	Signifikanta lokaler	Signifikansnivåer
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.548		17	1	1 st (+)
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.719		12		
Nederbörd uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.865		14	1	1 st (-)
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Norra Sverige	0.594		17		
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.727		12		
Nederbörd, SMHI beräknad nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.805		14		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.411		17	3	3 st (-)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.304		12	1	1 st (-)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.197		14		
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.376		17	3	2 st (+), 1 st (-)
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.117		12	3	3 st (-)
NH <sub>4</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.062		14		
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige	0.373		17	1	1 st (-)
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.345		12	2	2 st (-)
NH <sub>4</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.045	-	14	1	1 st (-)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.296		17	1	1 st (-)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.254		12	2	2 st (-)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.292		14		
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.153		17	3	1 st (+), 2 st (-)
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.107		12	3	2 st (-), 1 st (-)
NO <sub>3</sub> deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.172		14		
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige	0.234		17		
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.279		12	2	1 st (-), 1 st (-)
NO <sub>3</sub> deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.169		14		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Norra Sverige	0.262		17	2	2 st (-)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydvästra Sverige	0.429		12	1	1 st (-)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , koncentration	Sydöstra Sverige	0.406		14		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbörds mängd	Norra Sverige	0.137		17	1	1 st (-)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.116		12	4	4 st (-)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition uppmätt nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.102		14		
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbörds mängd	Norra Sverige	0.337		17	1	1 st (-)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbörds mängd	Sydvästra Sverige	0.314		12	1	1 st (-)
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> , deposition smhi nederbörds mängd	Sydöstra Sverige	0.129		14	1	1 st (-)

1990-2009 (≥ 16 år) TRENDMATCH samma stationer som det finns mätningar för						
Response variable	Område	p-value (twosided)	Significance code	antal lokaler med i test (n)	Signifikanta lokaler	Signifikansnivåer
Nederbörds mängd TRENDMATCH	Norra Sverige	0.793		8		
Nederbörds mängd TRENDMATCH	Sydvästra Sverige	0.160		9		
Nederbörds mängd TRENDMATCH	Sydöstra Sverige	0.073		5	2	1 st (+), 1 st (++)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> koncentration TRENDMATCH	Norra Sverige	0.001	---	8	7	4 st (-), 3 st (---)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> koncentration TRENDMATCH	Sydvästra Sverige	0.000	---	9	9	2 st (-), 7 st (---)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> koncentration TRENDMATCH	Sydöstra Sverige	0.000	---	5	5	1 st (-), 4 st (---)
NH <sub>4</sub> deposition TRENDMATCH	Norra Sverige	0.004	--	8	7	4 st (-), 3 st (-)
NH <sub>4</sub> deposition TRENDMATCH	Sydvästra Sverige	0.012	-	9	8	6 st (-), 2 st (-)
NH <sub>4</sub> deposition TRENDMATCH	Sydöstra Sverige	0.001	--	5	5	1 st (-), 4 st (-)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> koncentration TRENDMATCH	Norra Sverige	0.001	---	8	7	7 st (-)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> koncentration TRENDMATCH	Sydvästra Sverige	0.000	---	9	9	9 st (-)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> koncentration TRENDMATCH	Sydöstra Sverige	0.000	---	5	5	1 st (-), 4 st (---)
NO <sub>3</sub> deposition TRENDMATCH	Norra Sverige	0.005	--	8	8	7 st (-), 1 st (-)
NO <sub>3</sub> deposition TRENDMATCH	Sydvästra Sverige	0.005	--	9	9	5 st (-), 4 st (-)
NO <sub>3</sub> deposition TRENDMATCH	Sydöstra Sverige	0.001	--	5	5	2 st (-), 3 st (-)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> koncentration TRENDMATCH	Norra Sverige	0.000	---	8	7	7 st (---)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> koncentration TRENDMATCH	Sydvästra Sverige	0.000	---	9	9	9 st (---)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> koncentration TRENDMATCH	Sydöstra Sverige	0.000	---	5	5	5 st (---)
NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> deposition TRENDMATCH	Norra Sverige	0.005	--	8	8	7 st (-), 1 st (-)
NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> deposition TRENDMATCH	Sydvästra Sverige	0.005	--	9	9	2 st (-), 7 st (-)
NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> deposition TRENDMATCH	Sydöstra Sverige	0.001	---	5	5	1 st (-), 4 st (-)

1990-2009 (≥ 16 år) TRENDMATCH samtliga stationer						
Response variable	Område	p-value (twosided)	Significance code	antal lokaler med i test (n)	Signifikanta lokaler	Signifikansnivåer
Nederbörds mängd TRENDMATCH	Norra Sverige	0.805		66	3	3 st (+)
Nederbörds mängd TRENDMATCH	Sydvästra Sverige	0.124		167	20	20 st (+)
Nederbörds mängd TRENDMATCH	Sydöstra Sverige	0.048	+	109	39	25 st (+), 11 st (++), 3 st (+++)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> koncentration TRENDMATCH	Norra Sverige	0.000	---	66	65	1 st (-), 31 st (-), 33 st (---)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> koncentration TRENDMATCH	Sydvästra Sverige	0.000	---	167	167	5 st (-), 20 st (-), 142 st (---)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> koncentration TRENDMATCH	Sydöstra Sverige	0.000	---	109	109	19 st (-), 90 st (---)
NH <sub>4</sub> deposition TRENDMATCH	Norra Sverige	0.004	--	66	61	31 st (-), 29 st (-), 1 st (---)
NH <sub>4</sub> deposition TRENDMATCH	Sydvästra Sverige	0.012	-	167	126	80 st (-), 46 st (-)
NH <sub>4</sub> deposition TRENDMATCH	Sydöstra Sverige	0.001	--	109	99	25 st (-), 70 st (-), 4 st (---)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> koncentration TRENDMATCH	Norra Sverige	0.001	---	66	65	5 st (-), 51 st (-), 9 st (---)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> koncentration TRENDMATCH	Sydvästra Sverige	0.000	---	167	167	1 st (-), 166 st (---)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> koncentration TRENDMATCH	Sydöstra Sverige	0.000	---	109	109	38 st (-), 71 st (---)
NO <sub>3</sub> deposition TRENDMATCH	Norra Sverige	0.003	--	66	64	39 st (-), 25 st (-)
NO <sub>3</sub> deposition TRENDMATCH	Sydvästra Sverige	0.005	--	167	167	95 st (-), 72 st (-)
NO <sub>3</sub> deposition TRENDMATCH	Sydöstra Sverige	0.001	--	109	102	24 st (-), 74 st (-), 4 st (---)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> koncentration TRENDMATCH	Norra Sverige	0.000	---	66	65	20 st (-), 45 st (---)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> koncentration TRENDMATCH	Sydvästra Sverige	0.000	---	167	167	1 st (-), 166 st (---)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> koncentration TRENDMATCH	Sydöstra Sverige	0.000	---	109	109	11 st (-), 98 st (---)
NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> deposition TRENDMATCH	Norra Sverige	0.003	--	66	65	38 st (-), 25 st (-), 2 st (---)
NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> deposition TRENDMATCH	Sydvästra Sverige	0.006	--	167	167	75 st (-), 92 st (-)
NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> deposition TRENDMATCH	Sydöstra Sverige	0.001	---	109	109	27 st (-), 78 st (-), 4 st (---)

**1990-2009 (≥ 16 år) KLIMATMATCH samma stationer som det finns mätningar för under den periode**

Response variable	Område	p-value (twosided)	Significance code	antal lokaler med i test (n)	Signifikanta lokaler	Signifikansnivåer
Nederbörds mängd KLIMATMATCH	Norra Sverige	0.191		8		
Nederbörds mängd KLIMATMATCH	Sydvästra Sverige	0.269		9		
Nederbörds mängd KLIMATMATCH	Sydöstra Sverige	0.390		5		
NH4+ koncentration KLIMATMATCH	Norra Sverige	0.185		8	2	2 st (-)
NH4+ koncentration KLIMATMATCH	Sydvästra Sverige	0.021	+	9	4	1 st (+), 3 st (++)
NH4+ koncentration KLIMATMATCH	Sydöstra Sverige	0.049	-	5	1	1 st (---)
NH4 deposition KLIMATMATCH	Norra Sverige	0.079		8	4	3 st (-), 1 st (-)
NH4 deposition KLIMATMATCH	Sydvästra Sverige	0.526		9	1	1 st (+)
NH4 deposition KLIMATMATCH	Sydöstra Sverige	0.078		5	1	1 st (-)
NO3- koncentration KLIMATMATCH	Norra Sverige	0.023	-	8	3	3 st (-)
NO3- koncentration KLIMATMATCH	Sydvästra Sverige	0.002	--	9	9	3 st (-), 5 st (-), 1 st (---)
NO3- koncentration KLIMATMATCH	Sydöstra Sverige	0.004	--	5	5	4 st (-), 1 st (-)
NO3 deposition KLIMATMATCH	Norra Sverige	0.007	--	8	5	1 st (-), 4 st (-)
NO3 deposition KLIMATMATCH	Sydvästra Sverige	0.003	--	9	9	2 st (-), 7 st (-)
NO3 deposition KLIMATMATCH	Sydöstra Sverige	0.003	--	5	5	1 st (-), 4 st (-)
NH4++NO3- koncentration KLIMATMATCH	Norra Sverige	0.056		8	3	1 st (-), 2 st (-)
NH4++NO3- koncentration KLIMATMATCH	Sydvästra Sverige	0.614		9		
NH4++NO3- koncentration KLIMATMATCH	Sydöstra Sverige	0.009	--	5	3	2 st (-), 1 st (-)
NH4+NO3 deposition KLIMATMATCH	Norra Sverige	0.009	--	8	5	2 st (-), 3 st (-)
NH4+NO3 deposition KLIMATMATCH	Sydvästra Sverige	0.173		9	2	2 st (-)
NH4+NO3 deposition KLIMATMATCH	Sydöstra Sverige	0.016	-	5	4	3 st (-), 1 st (-)

**1990-2009 (≥ 16 år) KLIMATMATCH samtliga stationer**

Response variable	Område	p-value (twosided)	Significance code	antal lokaler med i test (n)	Signifikanta lokaler	Signifikansnivåer
Nederbörds mängd KLIMATMATCH	Norra Sverige	0.219		66	6	5 st (-), 1 st (-)
Nederbörds mängd KLIMATMATCH	Sydvästra Sverige	0.323		167	5	5 st (-)
Nederbörds mängd KLIMATMATCH	Sydöstra Sverige	0.451		109		
NH4+ koncentration KLIMATMATCH	Norra Sverige	0.151		66	22	16 st (-), 4 st (-), 1 st (+), 2 st (++)
NH4+ koncentration KLIMATMATCH	Sydvästra Sverige	0.020	+	167	87	3 st (-), 6 st (-), 1 st (---), 19 st (+), 54 st (++), 4 st (+++)
NH4+ koncentration KLIMATMATCH	Sydöstra Sverige	0.148		109	27	13 st (-), 7 st (-), 1 st (---), 6 st (+)
NH4 deposition KLIMATMATCH	Norra Sverige	0.071		66	24	22 st (-), 2 st (-)
NH4 deposition KLIMATMATCH	Sydvästra Sverige	0.427		167	37	5 st (-), 23 st (+), 9 st (++)
NH4 deposition KLIMATMATCH	Sydöstra Sverige	0.174		109	15	12 st (-), 1 st (-), 2 st (+)
NO3- koncentration KLIMATMATCH	Norra Sverige	0.029	-	66	34	19 st (-), 15 st (-)
NO3- koncentration KLIMATMATCH	Sydvästra Sverige	0.002	--	167	162	57 st (-), 80 st (-), 25 st (---)
NO3- koncentration KLIMATMATCH	Sydöstra Sverige	0.005	--	109	100	68 st (-), 32 st (-)
NO3 deposition KLIMATMATCH	Norra Sverige	0.011	-	66	49	33 st (-), 16 st (-)
NO3 deposition KLIMATMATCH	Sydvästra Sverige	0.002	--	167	167	23 st (-), 133 st (-), 11 st (---)
NO3 deposition KLIMATMATCH	Sydöstra Sverige	0.003	--	109	106	47 st (-), 49 st (-), 10 st (---)
NH4++NO3- koncentration KLIMATMATCH	Norra Sverige	0.051		66	23	10 st (-), 13 st (-)
NH4++NO3- koncentration KLIMATMATCH	Sydvästra Sverige	0.611		167	12	3 st (-), 8 st (-), 1 st (---)
NH4++NO3- koncentration KLIMATMATCH	Sydöstra Sverige	0.020	-	109	69	50 st (-), 19 st (-)
NH4+NO3 deposition KLIMATMATCH	Norra Sverige	0.016	-	66	48	37 st (-), 11 st (-)
NH4+NO3 deposition KLIMATMATCH	Sydvästra Sverige	0.177		167	38	37 st (-), 1 st (-)
NH4+NO3 deposition KLIMATMATCH	Sydöstra Sverige	0.024	-	109	68	55 st (-), 13 st (-)

## Bilaga 5 – Statistisk analys av MATCH-data

		KLIMATMATCH 1990-2009	KLIMATMATCH 1990-2009 EJ LOCK	TRENDMATCH 1990-2009	TRENDMATCH 1990-2009 EJ LOCK
Samma lokaler som mätningarna		26 lokaler (11 N - 10 SV - 5 SO)	22 lokaler (8 N - 9 SV - 5 SO)	26 lokaler (11 N - 10 SV - 5 SO)	22 lokaler (8 N - 9 SV - 5 SO)
Response variable	Område	Signifikans			
NH4+NO3 deposition MATCH	Norra Sverige	-	--	--	--
NH4+NO3 deposition MATCH	Sydvästra Sverige			--	--
NH4+NO3 deposition MATCH	Sydöstra Sverige	-	-	---	---
NH4 deposition MATCH	Norra Sverige			--	--
NH4 deposition MATCH	Sydvästra Sverige			-	-
NH4 deposition MATCH	Sydöstra Sverige			--	--
NO3 deposition MATCH	Norra Sverige	--	--	--	--
NO3 deposition MATCH	Sydvästra Sverige	--	--	--	--
NO3 deposition MATCH	Sydöstra Sverige	--	--	--	--

		KLIMATMATCH 1990-2009	KLIMATMATCH 1990-2009 EJ LOCK	TRENDMATCH 1990-2009	TRENDMATCH 1990-2009 EJ LOCK
Samma lokaler som mätningarna		26 lokaler (11 N - 10 SV - 5 SO)	22 lokaler (8 N - 9 SV - 5 SO)	26 lokaler (11 N - 10 SV - 5 SO)	22 lokaler (8 N - 9 SV - 5 SO)
Response variable	Område	Signifikans			
NH4++NO3- koncentration MATCH	Norra Sverige			---	---
NH4++NO3- koncentration MATCH	Sydvästra Sverige			---	---
NH4++NO3- koncentration MATCH	Sydöstra Sverige	--	--	---	---
NH4+ koncentration MATCH	Norra Sverige			---	---
NH4+ koncentration MATCH	Sydvästra Sverige	+	+	---	---
NH4+ koncentration MATCH	Sydöstra Sverige	-	-	---	---
NO3- koncentration MATCH	Norra Sverige	-	-	---	---
NO3- koncentration MATCH	Sydvästra Sverige	--	--	---	---
NO3- koncentration MATCH	Sydöstra Sverige	--	--	---	---

		KLIMATMATCH 1990-2009	KLIMATMATCH 1990-2009 EJ LOCK	TRENDMATCH 1990-2009	TRENDMATCH 1990-2009 EJ LOCK
Samma lokaler som mätningarna		26 lokaler (11 N - 10 SV - 5 SO)	22 lokaler (8 N - 9 SV - 5 SO)	26 lokaler (11 N - 10 SV - 5 SO)	22 lokaler (8 N - 9 SV - 5 SO)
Response variable	Område	Signifikans			
Nederbörds mängd MATCH	Norra Sverige				
Nederbörds mängd MATCH	Sydvästra Sverige				
Nederbörds mängd MATCH	Sydöstra Sverige				



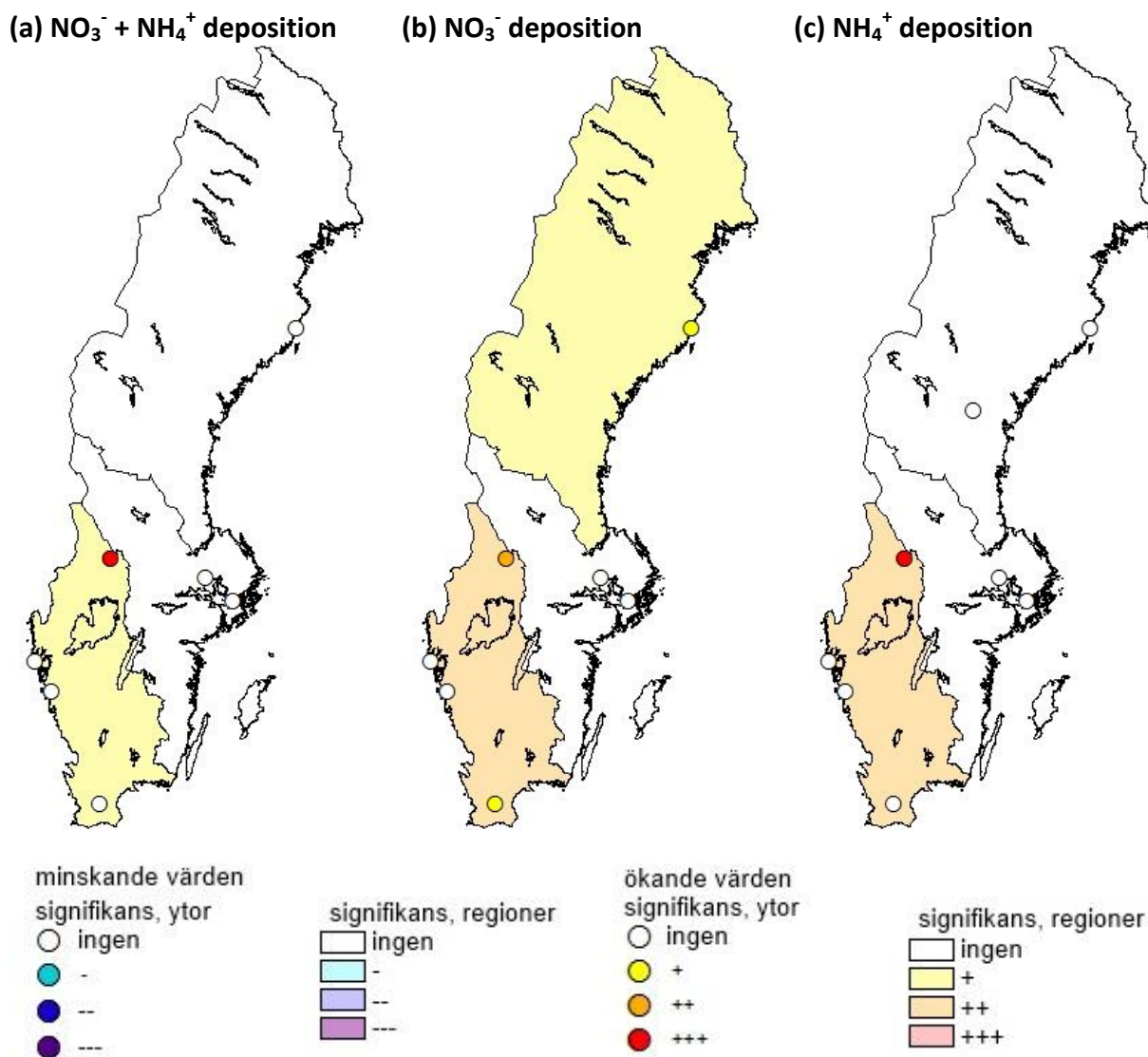
		KLIMATMATCH 1990-2009	TRENDMATCH 1990-2009
<b>Samtliga lokaler</b>		<b>342 lokaler</b> (66 N-167 SV-109 SO)	<b>342 lokaler</b> (66 N-167 SV-109 SO)
Response variable	Område	Signifikans	
NH4+NO3 deposition MATCH	Norra Sverige	-	--
NH4+NO3 deposition MATCH	Sydvästra Sverige		--
NH4+NO3 deposition MATCH	Sydöstra Sverige	-	---
NH4 deposition MATCH	Norra Sverige		--
NH4 deposition MATCH	Sydvästra Sverige		-
NH4 deposition MATCH	Sydöstra Sverige		--
NO3 deposition MATCH	Norra Sverige	-	--
NO3 deposition MATCH	Sydvästra Sverige	--	--
NO3 deposition MATCH	Sydöstra Sverige	--	--

		KLIMATMATCH 1990-2009	TRENDMATCH 1990-2009
<b>Samtliga lokaler</b>		<b>342 lokaler</b> (66 N-167 SV-109 SO)	<b>342 lokaler</b> (66 N-167 SV-109 SO)
Response variable	Område	Signifikans	
NH4++NO3- koncentration MATCH	Norra Sverige		---
NH4++NO3- koncentration MATCH	Sydvästra Sverige		---
NH4++NO3- koncentration MATCH	Sydöstra Sverige	-	---
NH4+ koncentration MATCH	Norra Sverige		---
NH4+ koncentration MATCH	Sydvästra Sverige	+	---
NH4+ koncentration MATCH	Sydöstra Sverige		---
NO3- koncentration MATCH	Norra Sverige	-	---
NO3- koncentration MATCH	Sydvästra Sverige	--	---
NO3- koncentration MATCH	Sydöstra Sverige	--	---

		KLIMATMATCH 1990-2009	TRENDMATCH 1990-2009
<b>Samtliga lokaler</b>		<b>342 lokaler</b> (66 N-167 SV-109 SO)	<b>342 lokaler</b> (66 N-167 SV-109 SO)
Response variable	Område	Signifikans	
Nederbörds mängd MATCH	Norra Sverige		
Nederbörds mängd MATCH	Sydvästra Sverige		
Nederbörds mängd MATCH	Sydöstra Sverige		+

## Bilaga 6 – Statistisk analys med SMHI-nederbörd

Resultat från den statistiska analysen då depositionen är beräknad med modellerad SMHI-nederbörd visas här.

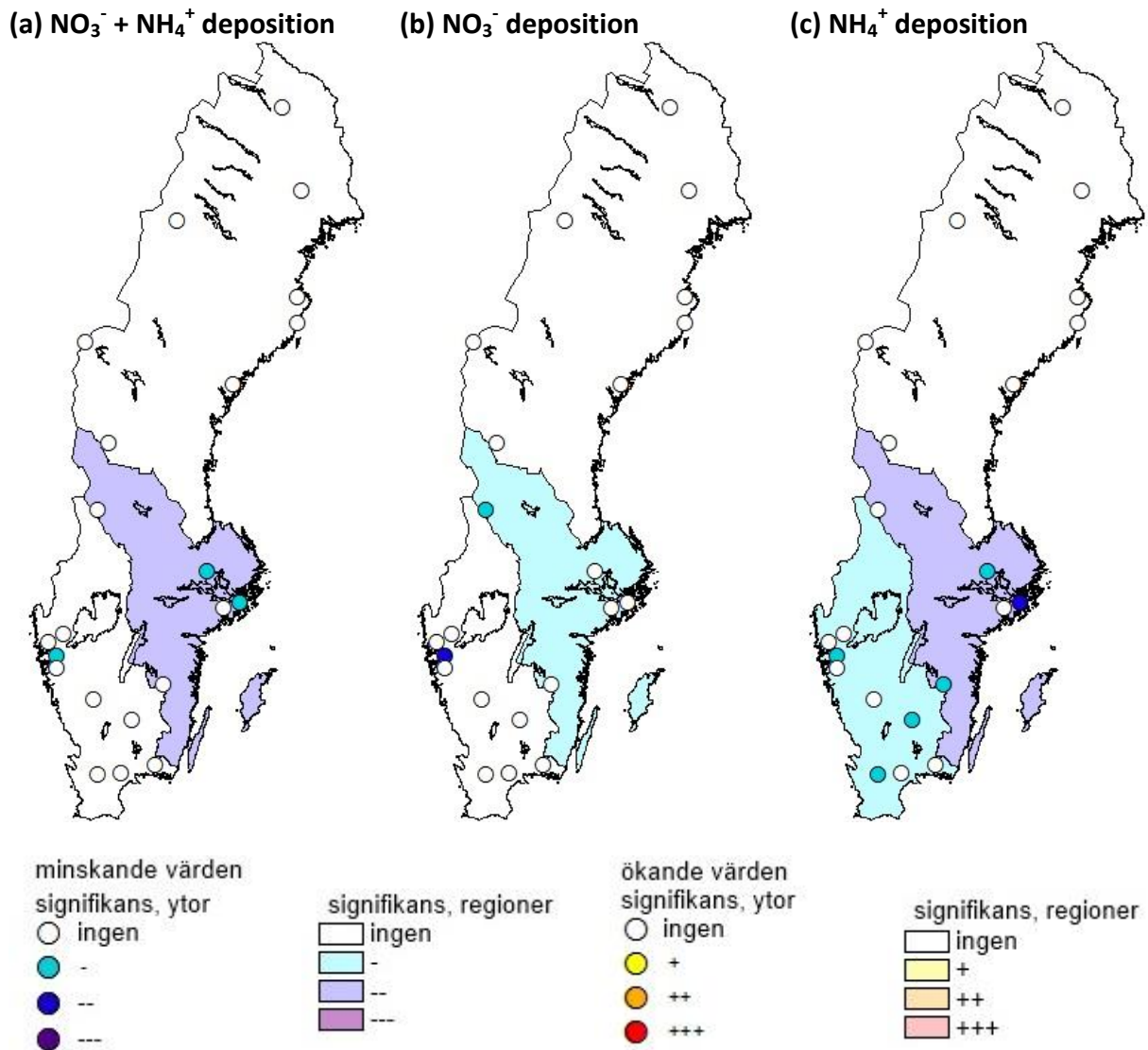


Figur B5.1. Resultat från trendanalys med Mann-Kendall, Multitest. Resultaten bygger på mätningar från öppet fält på stationer i Sverige där datamängden under 1970-89 omfattar minst 16 års data. Depositionen är uträknad med hjälp av modellerade nederbördsmängd från SMHI vid koordinaterna för de olika mätstationerna. Punkterna anger om respektive lokal uppvisade en signifikant ökning eller minskning under tidsperioden. Sverige är indelat i tre regioner och eventuell signifikans för hela regionen anges i figuren.

(a)  $n=7$  (norra Sverige=1, sydvästra Sverige=4, sydöstra Sverige=2)

(b)  $n=7$  (norra Sverige=1, sydvästra Sverige=4, sydöstra Sverige=2)

(c)  $n=8$  (norra Sverige=2, sydvästra Sverige=4, sydöstra Sverige=2)



Figur B5.2. Resultat från trendanalys med Mann-Kendall, Multitest för åren 1990-2009. Resultaten bygger på mätningar från öppet fält på stationer i Sverige där datamängden under 20-års perioden omfattar minst 16 års data. Depositionen är uträknad med hjälp av modellerade nederbörds mängd från SMHI vid koordinaterna för de olika mätstationerna.

Punkterna anger om respektive lokal upprisade en signifikant ökning eller minskning under tidsperioden. Sverige är indelat i tre regioner och eventuell signifikans för hela regionen anges i figuren.

(a)  $n = 22$  (norra Sverige=8, sydvästra Sverige=9, sydöstra Sverige=5)

(b)  $n = 22$  (norra Sverige=8, sydvästra Sverige=9, sydöstra Sverige=5)

(c)  $n = 22$  (norra Sverige=8, sydvästra Sverige=9, sydöstra Sverige=5)

## Bilaga 7 – Namn, region, nätverk och län på mätstationer

I de statistiska analyserna ingår följande stationer:

Period	Analysår	Stationsnamn	Region	Nätverk	Län		
10-års perioder:	1955-1964	Arjeplog	Norra Sverige	EACN	BD		
		Erken	Norra Sverige	EACN	B		
		Röbäcksdalen	Norra Sverige	EACN	AC		
		Flahult	Sydvästra Sverige	EACN	F		
		Forshult	Sydvästra Sverige	EACN	S		
		Åmot	Sydvästra Sverige	EACN	S		
	1960-1969	1960-1969	Kvarntorp	Sydöstra Sverige	EACN	T	
			Smedby	Sydöstra Sverige	EACN	H	
			Arjeplog	Norra Sverige	EACN	BD	
			Erken	Norra Sverige	EACN	B	
			Röbäcksdalen	Norra Sverige	EACN	AC	
			Bohus Malmön	Sydvästra Sverige	EACN	O	
1970-1979		1970-1979	Flahult	Sydvästra Sverige	EACN	F	
			Forshult	Sydvästra Sverige	EACN	S	
			Göteborg	Sydvästra Sverige	EACN	O	
			Kvarntorp	Sydöstra Sverige	EACN	T	
			Smedby	Sydöstra Sverige	EACN	H	
			Stockholm/Vanadis	Sydöstra Sverige	EACN	A	
		1980-1989	1970-1979	Bredkålen 84	Norra Sverige	EACN	Z
				Lappträsk	Norra Sverige	EACN	BD
				Rickleå	Norra Sverige	EACN	AC
				Arup	Sydvästra Sverige	EACN	LM
				Bohus Malmön	Sydvästra Sverige	EACN	O
				Forshult	Sydvästra Sverige	EACN	S
1980-1989	1980-1989		Granan	Sydvästra Sverige	EACN	O	
			Göteborg	Sydvästra Sverige	EACN	O	
			Sjöängen	Sydvästra Sverige	EACN	O	
			Ryda Kungsgård	Sydöstra Sverige	EACN	C	
			Smedby	Sydöstra Sverige	EACN	H	
			Stockholm/Vanadis	Sydöstra Sverige	EACN	A	
	1980-1989	1980-1989	Bredkålen lock*	Norra Sverige	EMEP	Z	
			Rickleå	Norra Sverige	EACN	AC	
			Arup	Sydvästra Sverige	EACN	LM	
			Bohus Malmön	Sydvästra Sverige	EACN	O	
			Forshult	Sydvästra Sverige	EACN	S	
			Gårdsjön	Sydvästra Sverige	IM	O	
1980-1989	1980-1989	Göteborg	Sydvästra Sverige	EACN	O		
		Rörvik lock*	Sydvästra Sverige	EMEP	N		
		Sjöängen lock*	Sydvästra Sverige	EACN	O		
		Velen lock*	Sydvästra Sverige	EMEP	M		
		Hoburgen lock*	Sydöstra Sverige	EMEP	I		
		Ryda Kungsgård	Sydöstra Sverige	EACN	C		
1980-1989	1980-1989	Stockholm/Vanadis	Sydöstra Sverige	EACN	A		

Period	Analysår	Stationsnamn	Region	Nätverk	Län
10-års perioder:	1990-1999	Abisko lock*	Norra Sverige	EACN	BD
		Ammamäs	Norra Sverige	PMK, LNKN	AC
		Ammamäs	Norra Sverige	KD	AC
		Bredkälén	Norra Sverige	PMK, LNKN	Z
		Bredkälén lock*	Norra Sverige	EMEP	Z
		Bäcksjö	Norra Sverige	KD	AC
		Djursvallen, Nedre	Norra Sverige	PMK, LNKN	Z
		Docksta	Norra Sverige	PMK, LNKN	Y
		Esränge	Norra Sverige	LNKN	BD
		Esränge	Norra Sverige	KD	BD
		Gällö	Norra Sverige	KD	Z
		Holmsvatten	Norra Sverige	KD	AC
		Jädraås lock*	Norra Sverige	EACN, PMK, LNKN	X
		Lakamark	Norra Sverige	KD	Y
		Luleå	Norra Sverige	KD	BD
		Pålkem	Norra Sverige	PMK, LNKN	BD
		Reivo	Norra Sverige	PMK, LNKN	BD
		Rickleå	Norra Sverige	PMK, LNKN	AC
		Ruskhöjden	Norra Sverige	KD	Y
		Sandnäset	Norra Sverige	PMK, LNKN	Z
		Snöberg	Norra Sverige	KD	Y
		Stockfors	Norra Sverige	KD	BD
		Stormyran	Norra Sverige	PMK, LNKN	Y
		Alandsryd	Sydvästra Sverige	KD	F
		Aneboda	Sydvästra Sverige	IM	G
		Arkelstorp	Sydvästra Sverige	KD	LM
		Arup	Sydvästra Sverige	EACN, PMK, LNKN	LM
		Arup lock*	Sydvästra Sverige	EACN, PMK, LNKN	LM
		Asa	Sydvästra Sverige	KD	G
		Beterås	Sydvästra Sverige	KD	G
		Björkered, Tranemo	Sydvästra Sverige	KD	O
		Boa-Berg	Sydvästra Sverige	PMK, LNKN	N
		Båtstad	Sydvästra Sverige	KD	S
		Enerйда	Sydvästra Sverige	KD	G
		Erikstad-Kullen	Sydvästra Sverige	KD	O
		Forshult	Sydvästra Sverige	EACN, PMK, LNKN	S
		Fristad	Sydvästra Sverige	KD	O
		Grimhult	Sydvästra Sverige	KD	F
		Gårdsjön	Sydvästra Sverige	IM	O
		Hensbacka	Sydvästra Sverige	KD	O
		Hjärtsjömåla	Sydvästra Sverige	KD	K
		Hudene	Sydvästra Sverige	KD	O
		Högsäter	Sydvästra Sverige	KD	O

Period	Analysår	Stationsnamn	Region	Nätverk	Län
10-års perioder:	1990-1999	Jakobsbyn-Ödegård	Sydvästra Sverige	KD	O
Fortsatt		Kallgårdsmåla	Sydvästra Sverige	KD	K
		Klippan O	Sydvästra Sverige	KD	O
		Knapanäs	Sydvästra Sverige	KD	G
		Koberg	Sydvästra Sverige	KD	O
		Lidhult	Sydvästra Sverige	KD	G
		Lindhult	Sydvästra Sverige	KD	O
		Mellan Hurr	Sydvästra Sverige	KD	S
		Ryssberget	Sydvästra Sverige	KD	K
		Rörvik lock*	Sydvästra Sverige	EMEP	N
		Sexdrega	Sydvästra Sverige	KD	O
		Sjöängen lock*	Sydvästra Sverige	EACN, PMK, LNKN	O
		Skived A	Sydvästra Sverige	KD	S
		Svartedalen	Sydvästra Sverige	PMK, LNKN	O
		Sännen	Sydvästra Sverige	PMK, LNKN	K
		Södra Averstad	Sydvästra Sverige	KD	S
		Södra Fjället	Sydvästra Sverige	KD	O
		Söstared	Sydvästra Sverige	KD	N
		Trollebo	Sydvästra Sverige	KD	F
		Valshalla	Sydvästra Sverige	KD	O
		Vavhill	Sydvästra Sverige	LNKN	M
		Vavhill lock*	Sydvästra Sverige	EMEP	M
		Vättlefjäll	Sydvästra Sverige	KD	O
		Älmeshult	Sydvästra Sverige	KD	F
		Ösjö	Sydvästra Sverige	KD	O
		Alsjö	Sydöstra Sverige	KD	H
		Aspvreten lock*	Sydöstra Sverige	EMEP	D
		Brohyttan	Sydöstra Sverige	KD	T
		Norra Kväll	Sydöstra Sverige	PMK, LNKN	H
		Norrköping	Sydöstra Sverige	KD	E
		Omberg	Sydöstra Sverige	KD	E
		Ottenby	Sydöstra Sverige	KD	H
		Ryda Kungsgård	Sydöstra Sverige	EACN, LNKN	C
		Råsjön	Sydöstra Sverige	KD	D
		Skullebo	Sydöstra Sverige	KD	E
		Tandövala	Sydöstra Sverige	PMK, LNKN	W
		Tyresta	Sydöstra Sverige	PMK, LNKN	AB
		Åker	Sydöstra Sverige	KD	D

Period	Analysår	Stationsnamn	Region	Nätverk	Län
10-års perioder:	2000-2010	Abisko lock*	Norra Sverige	EACN	BD
		Ammamäs	Norra Sverige	PMK, LNKN	AC
		Bredkålen lock*	Norra Sverige	EMEP	Z
		Djursvallen, Nedre	Norra Sverige	PMK, LNKN	Z
		Docksta	Norra Sverige	PMK, LNKN	Y
		Esränge	Norra Sverige	LNKN	BD
		Gammtratten	Norra Sverige	IM	Y
		Holmsvatten	Norra Sverige	KD	AC
		Hundshögen H	Norra Sverige	KD	Z
		Hundshögen L	Norra Sverige	KD	Z
		Högbränna	Norra Sverige	KD	AC
		Jädraås	Norra Sverige	LNKN	X
		Myrberg	Norra Sverige	KD	BD
		Pålkem	Norra Sverige	PMK, LNKN	BD
		Rickleå	Norra Sverige	PMK, LNKN	AC
		Sandnäset	Norra Sverige	PMK, LNKN	Z
		Storulvsjön	Norra Sverige	KD	Y
		Sänfjället H	Norra Sverige	KD	Z
		Sänfjället L	Norra Sverige	KD	Z
		Aneboda	Sydvästra Sverige	IM	G
		Björkered, Tranemo	Sydvästra Sverige	KD	O
		Blåbärskullen	Sydvästra Sverige	KD	S
		Fagerhult, Jönköping	Sydvästra Sverige	KD	F
		Granan	Sydvästra Sverige	LNKN	O
		Gårdsjön	Sydvästra Sverige	IM	O
		Hensbacka	Sydvästra Sverige	KD	O
		Råö lock*	Sydvästra Sverige	EMEP	N
		Sjöängen	Sydvästra Sverige	LNKN	O
		Sännen	Sydvästra Sverige	PMK, LNKN	K
		Tagel	Sydvästra Sverige	KD	G
		Timrilt	Sydvästra Sverige	KD	N
		Vavhill lock*	Sydvästra Sverige	EMEP	M
		Västra Torup 2	Sydvästra Sverige	KD	LM
		Arlanda	Sydöstra Sverige	KD	A
		Bergby	Sydöstra Sverige	KD	A
		Edeby	Sydöstra Sverige	KD	D
		Farstanäs	Sydöstra Sverige	KD	A
		Fulufjället	Sydöstra Sverige	KD	W
		Kindla	Sydöstra Sverige	IM	T
		Kvisterhult	Sydöstra Sverige	KD	U
		Majstre	Sydöstra Sverige	LNKN	I
		Norra Kväll	Sydöstra Sverige	PMK, LNKN	H
		Rockneby	Sydöstra Sverige	KD	H
		Ryda Kungsgård	Sydöstra Sverige	EACN, LNKN	C
		Tandövala	Sydöstra Sverige	PMK, LNKN	W
		Tyresta	Sydöstra Sverige	PMK, LNKN	AB
		Ulriksdal	Sydöstra Sverige	KD	A

Period	Analysår	Stationsnamn	Region	Nätverk	Län	
20-års perioder	1970-1989	Rickleå	Norra Sverige	EACN, PMK, LNKN	AC	
		Arup	Sydvästra Sverige	PMK, LNKN	LM	
		Bohus Malmön	Sydvästra Sverige	EACN	O	
		Forshult	Sydvästra Sverige	EACN	S	
		Göteborg	Sydvästra Sverige	EACN	O	
		Ryda Kungsgård	Sydöstra Sverige	EACN	C	
		Stockholm/Vanadis	Sydöstra Sverige	EACN	A	
		1990-2009	Abisko lock*	Norra Sverige	EACN	BD
			Ammarnäs	Norra Sverige	PMK, LNKN	AC
			Bredkälen lock*	Norra Sverige	EMEP	Z
Djursvallen, Nedre	Norra Sverige		PMK, LNKN	Z		
Docksta	Norra Sverige		PMK, LNKN	Y		
Esränge	Norra Sverige		LNKN	BD		
Holmsvatten	Norra Sverige		KD	AC		
Jädraås lock*	Norra Sverige		EACN, PMK, LNKN	X		
Pålkem	Norra Sverige		PMK, LNKN	BD		
Rickleå	Norra Sverige		PMK, LNKN	AC		
Sandnäset	Norra Sverige		PMK, LNKN	Z		
Aneboda	Sydvästra Sverige		IM	G		
Arkelstorp	Sydvästra Sverige		KD	LM		
Björkered, Tranemo	Sydvästra Sverige		KD	O		
Granan	Sydvästra Sverige		LNKN	O		
Gårdsjön	Sydvästra Sverige		IM	O		
Hensbacka	Sydvästra Sverige		KD	O		
Svartedalen	Sydvästra Sverige		PMK, LNKN	O		
Sännen	Sydvästra Sverige		PMK, LNKN	K		
Vavhill lock*	Sydvästra Sverige		EMEP	M		
Västra Torup 2	Sydvästra Sverige		KD	LM		
Farstanäs	Sydöstra Sverige		KD	A		
Norra Kväll	Sydöstra Sverige		PMK, LNKN	H		
Ryda Kungsgård	Sydöstra Sverige		EACN, LNKN	C		
Tandövala	Sydöstra Sverige		PMK, LNKN	W		
Tyresta	Sydöstra Sverige		PMK, LNKN	AB		