

## Sakrapport 2013

Data från övervakning inom Programområde Luft t.o.m. år 2013



*Karin Sjöberg, Eva Brorström-Lundén, Gunilla Pihl Karlsson, Helena Danielsson, Katarina Hansson, Ingvar Wängberg, Annika Potter (IVL), Jenny Kreuger, Bodil Lindström (SLU), Hans Areskoug (ITM), Heléne Alpfjord och Camilla Andersson (SMHI)*

**Författare:** Karin Sjöberg, Eva Brorström-Lundén, Gunilla Pihl Karlsson, Helena Danielsson, Katarina Hansson, Ingvar Wängberg, Annika Potter (IVL), Jenny Kreuger, Bodil Lindström (SLU), Hans Areskoug (ITM), Heléne Alpfjord och Camilla Andersson (SMHI)

**Medel från:** Naturvårdsverket

**Rapportnummer:** C 53

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

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2014

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

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

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

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

## Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	5
Summary .....	10
1 Inledning .....	15
1.1 Mätningar .....	18
1.1.1 Försurande och övergödande ämnen .....	18
1.1.2 Tungmetaller .....	19
1.1.3 Organiska miljögifter .....	19
1.1.4 Volatila organiska ämnen (VOC) .....	19
1.1.5 Pesticider (växtskyddsmedel) i luft och nederbörd .....	20
1.1.6 Partiklar .....	20
1.1.7 Marknära ozon .....	21
1.2 Geografisk kartläggning och scenarier framtagna med modellsystem .....	21
1.2.1 Årlig kartläggning med MATCH-Sverigesystemet .....	22
2 Metoder och kvalitetssäkring .....	23
2.1 Mätningar .....	23
2.1.1 Metodik .....	23
2.1.2 Kvalitetssäkringsrutiner .....	23
2.2 Modellberäkningar .....	24
2.2.1 Metodik .....	24
2.2.2 Kvalitetssäkringsrutiner .....	24
2.3 Datalagring .....	25
3 Mätresultat .....	26
3.1 Försurande och övergödande ämnen .....	26
3.1.1 Luft .....	26
3.1.2 Nederbörd och deposition .....	32
3.2 Metaller .....	36
3.2.1 Luft .....	36
3.2.2 Nederbörd och deposition .....	40
3.3 Organiska ämnen .....	42
3.3.1 Organiska miljögifter i luft och deposition .....	42
3.3.2 Volatila organiska ämnen (VOC) .....	61
3.3.3 Växtskyddsmedel (pesticider) i luft och nederbörd .....	65
3.4 Partiklar .....	69
3.4.1 PM <sub>10</sub> och PM <sub>2,5</sub> .....	69
3.4.2 Partikelbundna organiska ämnen och sot .....	71

3.4.3	PM <sub>2.5</sub> i tätort.....	75
3.5	Marknära ozon.....	77
4	Modellresultat.....	81
4.1	Årlig kartläggning av MATCH-Sverigesystemet.....	81
4.1.1	Halter i luft.....	81
4.1.2	Deposition.....	89
5	Tack.....	101
6	Referenser.....	101

## Bilageförteckning

- Bilaga 1. Beskrivning av mätprogram
- Bilaga 2. Beskrivning av modellberäkningar
- Bilaga 3. Mätstationsindelning för utvärdering av lufthalter
- Bilaga 4. Statistisk analys

## Förkortningar

<i>ACTRIS</i>	<i>Aerosols, Clouds, and Trace gases Research InfraStructure network</i>
<i>CCC</i>	<i>Chemical Co-ordinating Center, inom EMEP, lokaliserat till NILU i Norge</i>
<i>CLRTAP</i>	<i>Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution</i>
<i>EMEP</i>	<i>European Monitoring and Evaluation Programme Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long range transmission of air pollutants in Europe inom UNECE</i>
<i>FMI</i>	<i>Finska Meteorologiska Institutet</i>
<i>HELCOM</i>	<i>Helsingfors Kommissionen</i>
<i>IIASA</i>	<i>International Institute for Applied Systems Analysis</i>
<i>IM</i>	<i>Integrerad Monitoring</i>
<i>IMO</i>	<i>International Maritime Organization</i>
<i>ITM</i>	<i>Institutionen för tillämpad miljövetenskap vid Stockholms universitet</i>
<i>IVL</i>	<i>IVL Svenska Miljöinstitutet AB</i>
<i>Krondroppsnätet</i>	<i>Ett långsiktigt mätprogram sedan 1985 där IVL, på uppdrag av Luftvårdsförbund, Länsstyrelser, Naturvårdsverket och några enskilda kommuner och företag, mäter nedfallet av bland annat svavel och kväve över öppet fält och i skogsytor i Sverige.</i>
<i>LNKN</i>	<i>Luft- och nederbörds-kemiska nätet</i>
<i>MATCH</i>	<i>Multi scale Atmospheric Transport and Chemistry modeling system</i>
<i>MKN</i>	<i>Miljökvalitetsnorm</i>
<i>NILU</i>	<i>Norsk Institutt for Luftforskning</i>
<i>OSPAR</i>	<i>The Oslo and Paris Conventions for the protection of the marine environment of the North-East Atlantic</i>
<i>SLU</i>	<i>Sveriges lantbruksuniversitet</i>
<i>SMED</i>	<i>Svenska MiljöEmissionsData</i>
<i>SMHI</i>	<i>Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut</i>
<i>SWEDAC</i>	<i>Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll</i>
<i>UN-ECE</i>	<i>United Nations Economic Commission for Europe</i>
<i>UNEP</i>	<i>United Nations Environment Programme</i>
<i>Urbanmätnätet</i>	<i>Ett långsiktigt mätprogram för luftkvalitetsövervakning som IVL, sedan 1986, bedriver i samarbete med en rad av landets kommuner. Varje år deltar 30-40 kommuner.</i>



# Sammanfattning

Naturvårdsverket, Enheten för luft och klimat, ansvarar för den nationella övervakningen av luftens och nederbördens kvalitet i bakgrundsmiljö. I rapporten redovisas resultat från verksamheten inom Programområde Luft avseende mätningar (genomförda av IVL, ITM och SLU) till och med 2013 och modellberäkningar (utförda av SMHI) till och med 2012.

För flertalet av de luftföroreningskomponenter som övervakas inom den nationella miljöövervakningen har det, sedan mätningarna startade för mellan 10 och 30 år sedan, generellt skett en avsevärd förbättring avseende såväl halter i luft som deposition i bakgrundsmiljö. Utvecklingen har dock varierat i något olika utsträckning beroende på komponenter och lokalisering i landet. Föroreningsbelastningen är oftast lägre ju längre norrut man kommer.

För de flesta ämnen som det finns miljö kvalitetsnormer (MKN) respektive miljömål för ligger halterna avsevärt lägre än angivna gräns- och målvärden. Halterna av ozon överskrider i dagsläget MKN för hälsa. För såväl marknära ozon, partiklar (i form av  $PM_{2.5}$ ) och bensen (i urban bakgrund) finns risk för halt nivåer som överstiger miljömålets preciseringar.

## Försurande och övergödande ämnen

### Luft

En jämförelse mellan uppmätta halter i luft av  $SO_2$ -S på 1980-talet och 2000-talet visar att den årliga medelhalten har minskat med cirka 90 % på EMEP-stationerna. När man jämför de svenska regionerna blir det tydligt att koncentrationen under 2000-talet var högst i Götaland-kust och Skåne samt Svealand-Stockholmsregionen och lägst i de västra delarna av norra Sverige. Årliga medelkoncentrationer av  $SO_4$ -S i luft, uppmätta på EMEP-stationerna, har minskat med 65-70 % från 1980-talet till 2000-talet.

En jämförelse mellan uppmätta halter i luft av  $NO_2$ -N på 1980-talet och 2000-talet visar att de årliga medelkoncentrationerna vid EMEP-stationerna har minskat med 40 % i södra Sverige (Vavihill och Rörvik/Råö) och med 70 % i de västra delarna av norra Sverige (Bredkålen). Halterna i Bredkålen har dock varit låga ( $< 1 \mu g m^{-3}$ ) under hela perioden, med undantag för 2003.

Jämförelsen mellan svenska regioner visar att halterna under 2000-talet varit högst i Svealand-Stockholmsregionen och lägst i de västra delarna av norra Sverige. Årliga medelkoncentrationer av  $NO_3$ -N i luft, mätta vid EMEP-stationerna under 1986-2013, visar en tendens till att ha minskat något i södra Sverige (Vavihill). Mätningarna på övriga stationer uppvisar ingen märkbar trend. För  $NH_4$ -N-koncentrationen i luft har årsmedelvärdet minskat med 30-35 % under motsvarande tidsperiod vid stationerna i södra Sverige (Vavihill och Rörvik/Råö).

Halter i luft av Cl, Na, Mg, Ca och K har mätts vid EMEP-stationerna under 2009-2013. Generellt har årsmedelhalterna varit högst vid Råö (Hallands län) och lägst vid Bredkålen (Jämtlands län).

Modelleringen av lufthalter utförs genom att kombinera observationer och modelldata till en kartläggning där mätningar respektive modeller kompletterar varandra i syfte att uppnå ett förbättrat kunskapsläge. Med hjälp av modellering kan föroreningshalterna i Sverige dessutom delas upp i halter orsakade av svenska emissioner och halter orsakade av emissioner utanför Sverige.

Modelleringen visar att för reducerat kväve i luft varierar totalhalten för 2012 mellan som högst  $1,7 \mu g N m^{-3}$  i söder och som lägst  $0,09 \mu g N m^{-3}$  i nordligaste Sverige. För oxiderat kväve ses de högsta

koncentrationerna i storstadsregionerna och varierar mellan 0,07 och 2,6  $\mu\text{g N m}^{-3}$  över Sverige. För svaveldioxid varierar koncentrationen i luft mellan 0,03 och 1,9  $\mu\text{g S m}^{-3}$  över Sverige, med högst värden vid storstäderna och Norrlandskusten. Över svenska landområden står Sveriges bidrag till totalhalterna år 2012 för 42 % för  $\text{SO}_2$ , 39 % för  $\text{NO}_2$  och 35 % för  $\text{NH}_x$  enligt modellering.

### **Nederbörd och deposition**

Depositionen för flertalet ämnen var relativt låg under 2013 vilket främst kan förklaras av den låga nederbördsmängden.

Uppmätta halter av olika ämnen i nederbörd över öppet fält består till största delen av våtdeposition, men i södra Sverige kan torrdepositionen uppgå till 40 % av den samlade depositionen. Ju längre norrut i Sverige desto lägre andel torrdeposition. Den statistiska analysen för nedfall med nederbörden (våtdepositionen) har koncentrerats till 2000-2013 uppdelat på tre olika områden i Sverige. De lokaler som ingått i analysen i de olika områdena är de lokaler som har full datatäckning under samtliga år. Ingen representativitetsaspekt för vilka lokaler som representerar de olika områdena har ingått i analysen.

När det gäller nederbördsmängderna syns ingen statistiskt säkerställd trend i något område i Sverige. Våtdepositionen av svavel har minskat med 49-62 % under perioden 2000-2013 för alla tre områdena i Sverige. Mest har svaveldepositionen minskat i sydvästra Sverige och minst i norra Sverige där belastningen varit lägst. Vätejondepositionen, som kan användas som ett mått på den försurande belastningen, har även den minskat i samtliga områden sedan år 2000.

Våtdepositionen av oorganiskt kväve (nitrat + ammoniumkväve) har under perioden 2000-2013 minskat signifikant i alla tre områdena i Sverige. Mest har depositionen av oorganiskt kväve minskat i sydöstra Sverige (30 %) och minst i norra Sverige (25 %). För enbart ammoniumkväve finns ingen statistiskt säkerställd förändring för något av de tre områdena. Nitratkväve däremot har minskat med 40 % i sydvästra Sverige och med 33 % i sydöstra Sverige sedan år 2000. I norra Sverige finns inga statistiskt säkerställda förändringar för nitratkväve. Man bör dock betänka att det endast är vid ett fåtal av de enskilda stationerna i de olika områdena som minskningen i våtdepositionen är statistiskt säkerställd, om man undantar nitratdepositionen i sydvästra Sverige som minskat vid 5 av 6 mätstationer.

Modellering utförs genom att kombinera observationer och modelldata till en kartläggning där mätningar och modeller kompletterar varandra, i syfte att uppnå förbättrad kunskap. Mängden totaldeposition (våt och torr) till olika marktyper har också beräknats med modellsystemet och redovisas i denna rapport. Modelleringen visar att våtdepositionens andel av totaldepositionen är det största bidraget, t.ex. år 2012 för svavel (havssalt ingår ej) 73 %, för  $\text{NH}_x$  77 % och för  $\text{NO}_x$  80 %.

Modelleringen visar att oxiderat kväve har högst totaldeposition i sydvästra Sverige och lägst i norra Norrland. För 2012 varierar totaldepositionen mellan 40 och 650  $\text{mg N m}^{-2}$ . Liknande mönster syns för reducerat kväve, där totaldepositionen varierar mellan 35 och 620  $\text{mg N m}^{-2}$  under 2012. För svavel (exklusive havssalt) varierar totaldepositionen mellan 80 och 670  $\text{mg S m}^{-2}$ . Högst är depositionen i södra Sverige och längs Norrlandskusten, och lägst i Norrlands inland. Under 2012 orsakade de svenska emissionerna i genomsnitt 9 % av totaldepositionen för svavel (exklusive havssalt) över Sveriges landyta. Motsvarande siffra för oxiderat och reducerat kväve var 7 % respektive 17 %.

### **Tungmetaller**

Halterna av tungmetaller i luft och nederbörd är, med viss reservation för kvicksilver, lägre i Sverige än i många andra jämförbara EU-länder, främst till följd av vår nordliga position och våra förhållandevis låga inhemska emissioner. Årsmedelvärden av bly, nickel, kadmium och arsenik i luft i södra Sverige är som högst en faktor 10 gånger lägre än de tröskelvärden som anges i EU:s direktiv om halter i luft



(2004/107/EG; 2008/50/EG) . Eftersom kvicksilver huvudsakligen uppträder som en gas, med lång uppehållstid i atmosfären, har metallen ett delvis annorlunda spridningsmönster än övriga tungmetaller. Numera är halterna av kvicksilver i luft och nederbörd i södra Sverige och i stora delar av Europa ungefär lika höga.

### **Organiska miljögifter**

Halterna av PCB och klorerade pesticider i bakgrundsluft har generellt minskat sedan mätningarna startade 1996, men minskningen har klingat av och halterna under de senaste åren ligger i samma nivå.

Under perioden 2009 till 2013 har halterna i luft av PAH, PCB och DDT varit högre i södra Sverige jämfört med norra Finland, medan  $\alpha$ -HCH och klordaner har varit i samma nivå, vilket också gäller för depositionen.

Pesticiderna aldrin, heptaklor, diuron, atrazin och isoproturon, vilka mäts på Råö, har endast kunnat detekteras i enstaka luft- och depositionsprover. Endosulfan ( $\alpha$ -,  $\beta$ -endosulfan, endosulfan-sulfat) förekommer i samtliga luft- och depositionsprover från både Råö och Pallas.

Sedan starten av mätningarna har BDE (47, 99, 100) i luft och deposition vid Pallas minskat för att nu ligga i samma storleksordning som vid Råö och Aspvreten. BDE-209 och HBCDD har endast detekterats vid enstaka tillfällen.

Under 2009-2012 uppmättes vid de flesta tillfällen högre halter dioxiner/furaner i luften på svenska västkusten jämfört med östkusten, medan halten av klorparaffiner (SCCP) var högre på Aspvreten.

Dessa mätningar, vars syfte är följa upp halter i luft och deposition av organiska miljögifter, visar att åtgärder som förbud mot användning, medför att halter i luft och deposition långsiktigt minskar. PCB förekommer dock fortfarande i luft vid svenska bakgrundsområden trots att användning för länge sedan stoppats. Minskningen av PCB-halterna går långsamt, vilket visar att det i samhället och i ekosystem har lagrats upp PCB. Vad gäller t.ex. PBDE syns en tydlig nedgång av halterna, vilket visar effekten av att dessa kemikalier har förbjudits inom EU.

### **Växtskyddsmedel (pesticider)**

Högre halter och fler substanser av växtskyddsmedel påträffades i nederbörd från Vavihill i sydligaste Sverige jämfört med nederbörd från Aspvreten som ligger längre åt nordost (strax söder om Stockholm). Skillnaden mellan lokalerna beror på att Vavihill ligger betydligt närmare stora jordbruksområden, både i Sverige och på kontinenten, jämfört med Aspvreten. Under maj-juni påträffades generellt flest substanser, men i relativt lägre halter jämfört med under oktober, då högst halter uppmättes i nederbörden. För båda platserna gällde att knappt hälften av de substanser som oftast påträffades i nederbörden inte har varit godkända för användning i Sverige under de åren undersökningen pågick. Dock uppvisar halterna av vissa förbjudna substanser, främst atrazin, en tydligt avtagande trend till följd av att de förbjudits inom EU. Av de i Sverige godkända substanserna var det ogräsmedlet prosulfokarb som oftast påträffades, och i högst halter. Denna substans har en mycket omfattande användning även i våra grannländer och är ganska flyktig. Den samlade depositionen av pesticider vid Vavihill har i medeltal varierat mellan 100 och 650 mg ha<sup>-1</sup>, mån<sup>-1</sup> (10-65 µg m<sup>-2</sup>, mån<sup>-1</sup>). Vid Aspvreten ligger depositionen ca en tiopotens lägre. I luftprov från Vavihill påträffas i stor utsträckning samma substanser som i nederbördsproven.

### Flyktiga organiska ämnen (VOC)

Halterna för de flesta VOC:er är högst under november till mars, d.v.s. under den kallaste tiden av året. Orsakerna till årstidsvariationen är sannolikt att utsläppen från olika typer av förbränning är större under den kallare tiden av året, men även att blandningsskiktet i den lägre delen av atmosfären är lägre under vintermånaderna. Ingen årstidsspecifik variation av fördelningen mellan mer eller mindre flyktiga VOC påvisades för 2009-2013, de mest volatila ämnena stod för den största andelen under alla årstider.

MKN för bensen är  $5 \mu\text{g m}^{-3}$  som ett aritmetiskt årsmedelvärde som inte skall överskridas. Med ledning av 60 veckomätningar av bensen vid bakgrundsstationen Råö och 30 veckomedel av uppmätta bensenhalter i urban bakgrundsluft i Göteborg, i taknivå, överskreds sannolikt inte MKN på dessa platser under 2009-2013.

För 1,3-butadien och bensen finns preciseringsgränser till de nationella miljömålen som för butadien är  $0.2 \mu\text{g m}^{-3}$  och för bensen  $1 \mu\text{g m}^{-3}$  som årsmedelvärden. Medelhalter från drygt 5000 timmedelvärden under 2009-2013, i urban bakgrundsluft i Göteborg, var för 1,3-butadien  $< 0.1 \mu\text{g m}^{-3}$  och för bensen  $0.9 \mu\text{g m}^{-3}$ , vilket indikerar att det finns risk att miljömålet för bensen överskrids på årsbas.

### Partiklar

Halten av  $\text{PM}_{10}$  i den regionala bakgrunden är ungefär  $15 \mu\text{g m}^{-3}$  i södra Sverige (Vavihill och Råö), ungefär 8 i Mellansverige (Aspvreten) och 3 i norra Sverige (Bredkålen). Halten av  $\text{PM}_{2.5}$  i den regionala bakgrunden är  $7-9 \mu\text{g m}^{-3}$  i södra Sverige (årsmedelvärde, Vavihill),  $5-7 \mu\text{g m}^{-3}$  i mellersta Sverige (Råö och Aspvreten) och cirka 2 i norra delen av landet (Bredkålen). Den urbana bakgrundshalten av  $\text{PM}_{2.5}$  är i södra Sverige (Burlöv, Stockholm) i samma storleksordning som i den regionala bakgrunden, medan nivån är något högre i tätort än på landsbygd i norra Sverige (ca  $4 \mu\text{g m}^{-3}$  i Umeå). Den genomsnittliga exponeringsindikatorn visar att Sverige uppnår de krav som EU ställt på en acceptabel exponeringsnivå. I Burlöv överskreds dock miljömålet (högst 3 dygn  $> 25 \mu\text{g m}^{-3}$ ) både 2012 (11 dygn) och 2013 (8 dygn).

Vid Aspvreten i Mellansverige, där mätningar av  $\text{PM}_{10}$  har pågått sedan 1990 har halten sjunkit från nästan 20 till  $7 \mu\text{g m}^{-3}$  idag. Vid Vavihill i Skåne, där mätningarna startade 2000, och Råö i Göteborgstrakten (mätstart 2007) finns ingen tydlig trend.

$\text{PM}_{2.5}$  vid Aspvreten har sedan 1998 sjunkit från 11-12 till cirka  $6 \mu\text{g m}^{-3}$  idag. Det är framförallt under perioden 2000-2005 som halten sjunkit, därefter verkar minskningen avstannat. Trenden på de övriga stationerna överensstämmer väl med den vid Aspvreten.

Halten av sot, mätt som organiskt kol (OC) i  $\text{PM}_{10}$ -fraktionen, är i södra och mellersta delen av Sverige (Vavihill och Aspvreten) ungefär  $1.5 \mu\text{g m}^{-3}$ , utan någon tydlig årstidsvariation. Halten av elementärt kol (månadsmedelvärden) är cirka  $0.2-0.5 \mu\text{g m}^{-3}$  under vintern och  $0.1-0.2$  under sommarhalvåret. Mätningar har gjorts sedan april 2008. Inga mätningar görs i norra Sverige.

Sot har mätts med en indirekt metod som 'black smoke' (BS) på flera bakgrundsstationer sedan början av 1980-talet. Sedan dess har halten i södra Sverige minskat från 4-7 till cirka  $1.5 \mu\text{g m}^{-3}$  idag. I norra Sverige (Bredkålen) var halten cirka  $1.5 \mu\text{g m}^{-3}$  under 1980-talet och är under  $1 \mu\text{g m}^{-3}$  idag. Det mesta av minskningen skedde under 1980-talet och början av 1990-talet. En orsak till att ingen minskning kan ses därefter kan vara att halterna ofta är under mätmetodens detektionsgräns.

### **Marknära ozon**

Halten av ozon styrs i stor utsträckning av de meteorologiska förutsättningarna, och för medelbelastningen av ozon finns det varken någon tydlig tidsmässig trend eller någon geografisk gradient över landet. Antalet höghaltstillfällen är dock betydligt fler i södra än i norra Sverige, vilket återspeglas i såväl 8-timmarsmedelvärdet (MKN för hälsa) som AOT<sub>40</sub> (MKN för växtlighet). Under åren 2012 och 2013 uppmättes inga timmedelhalter över informationsnivån ( $180 \mu\text{g m}^{-3}$ ). Däremot överskreds såväl miljömålet för timme ( $80 \mu\text{g m}^{-3}$ ) som MKN för 8-timmarsmedelvärdet ( $120 \mu\text{g m}^{-3}$ ) vid flera av mätstationerna under dessa år.

# Summary

The Swedish Environmental Protection Agency, the unit for Air Quality and Climate Change, is responsible for the national air quality and precipitation monitoring in rural background areas. The report presents the results from the activities within the National monitoring programme for air pollutants regarding measurements (performed by IVL, ITM and SLU respectively) until 2013 and modelling (performed by SMHI) under 2012.

For most of the air pollutants monitored the situation has improved significantly since the measurement started between 10 and 30 years back, regarding air concentrations as well as deposition in the rural background. The pollution load is in general decreasing the further north one goes.

For most of the components for which there are environmental quality standards and environmental objectives, the concentrations are well below the limit and target values. The ozone concentrations exceed the air quality standard for health. For O<sub>3</sub>, PM<sub>2.5</sub> and benzene (in urban background air) there is a risk for concentration levels above the specifications of the environmental objectives.

## Acidifying and eutrophication substances

### Air

A comparison made between measured concentrations of SO<sub>2</sub>-S in air in the 1980s and in the 2000s shows that the annual average concentration has fallen by about 90 % at the EMEP stations. When comparing Swedish regions it becomes clear that the concentration in the 2000s was highest on the Götaland coast and in the Skåne region and in the Svealand-Stockholm region and lowest in the western parts of northern Sweden. Annual average concentrations of SO<sub>4</sub>-S, measured at the EMEP stations, have fallen by 65-70 % from the 1980s to the 2000s.

A comparison between measured air concentrations of NO<sub>2</sub>-N in the 1980s and 2000s show that the average concentrations at the EMEP stations have decreased by 40% in the Götaland coast and Skåne region (Vavihill and Rörvik/Råö) and 70% in the western parts of northern Sweden (Bredkålen). Concentrations in Bredkålen has, however, been low (<1 µg m<sup>-3</sup>) during the entire period, except in 2003.

The comparison between Swedish regions shows that the concentrations in the 2000s were highest in the Svealand-Stockholm region and lowest in the western parts of northern Sweden. Annual average of NO<sub>3</sub>-N in air, which has been measured at the EMEP stations during 1986-2013, shows a tendency to have declined somewhat in Götaland coast and Skåne region (Vavihill). The measurements at other stations show no significant trend. For NH<sub>4</sub>-N concentration in air, the annual average has decreased by 30-35% during the same period at the stations in Götaland coast and Skåne region (Vavihill and Rörvik/Råö).

Atmospheric concentrations of Cl, Na, Mg, Ca and K have been measured at the EMEP stations during 2009-2013. Generally the annual average concentrations have been highest at Råö (the county of Halland) and lowest at Bredkålen (the county of Jämtland).

The modelling is carried out by combining observations and model data into an assessment, where measurements and model data complement each other, in order to achieve a better knowledge. With models it is also possible to quantify the air pollution concentrations into contributions by Swedish and other sources (long-range transport).

The air concentration of reduced nitrogen in 2012 is modelled to range between 0.09 µg N m<sup>-3</sup> in the most northern part of Sweden and 1.7 µg N m<sup>-3</sup> in the south. For oxidized nitrogen the highest concentrations

are modeled in the larger urban areas and the concentration varies between 0.07 and 2.6  $\mu\text{g N m}^{-3}$  in Sweden. The air concentration of  $\text{SO}_2$  is modelled to vary between 0.03 and 1.9  $\mu\text{g S m}^{-3}$  in Sweden, and the highest values are seen in the larger urban areas and at the Norrland coast.

In the modelled area covering Sweden, the Swedish contribution in comparison to the total concentration was 42% for  $\text{SO}_2$ , 39% for  $\text{NO}_2$  and 35% for  $\text{NH}_x$  in 2012.

### **Deposition**

The deposition for many of the analyzed substances was relatively low in 2013. This can mainly be explained by the low amount of precipitation in 2013.

Measured levels of various substances in precipitation over open field consists mainly of wet deposition, but in southern Sweden dry deposition can amount to 40% of the total deposition. The further north in Sweden the lower the dry deposition fraction. The statistical analysis for wet deposition is made for the years 2000-2013. Averages for measurements divided in three different areas in Sweden are used. The measuring stations included in the analysis in the different areas are the stations that have full data coverage during all years. No aspect of the stations representativity in the different areas have been included.

No statistical trends in any areas of Sweden are obtained for the amount of precipitation. The sulphur deposition has decreased by 49-62% during 2000-2013 in all three areas in Sweden. The sulphur deposition has decreased the most in southwestern Sweden and lowest in northern Sweden. The hydrogen deposition, which may be used as a measure of the acid load, has also declined in all regions since 2000.

Wet deposition of inorganic nitrogen (nitrate + ammonium) has decreased significantly in all three areas in Sweden during 2000-2013. The deposition of inorganic components has decreased the most in southeast Sweden (30%) and lowest in northern Sweden (25%). The deposition of ammonium, showed no statistically significant change in any of the three areas. The nitrate deposition has decreased 40% in southwestern Sweden and by 33% in south-east Sweden, since 2000. In northern Sweden, there are no statistically significant changes for nitrate deposition. However, it is important to bear in mind that it is only at a few of the stations in the different areas where a statistical significant reduction of inorganic components was shown. The only exception from this is the nitrate deposition in south-western Sweden, which decreased at 5 of 6 stations.

The total deposition can be divided into wet and dry deposition all over the country with the use of models. The share of the wet to the total deposition was 73% for sulfur (sea salt not included), 77% for  $\text{NH}_x$  and 80% for  $\text{NO}_y$  in 2012. The deposition to different land use types can also be calculated.

The modeling shows that the deposition of oxidized nitrogen is largest in the south-western part of Sweden, and is lowest in northern Sweden. In 2012 the deposition ranges between 40 and 650  $\text{mg N m}^{-2}$ . A similar pattern is seen for reduced nitrogen, for which the deposition varies between 35 and 620  $\text{mg N m}^{-2}$  in 2012. For sulfur (sea salt not included) the total deposition varies between 80 and 670  $\text{mg S m}^{-2}$ . The deposition is highest in southern Sweden and along the coast of Norrland, and lowest in the inland of Norrland. In 2012 the Swedish emissions caused on average 9% of the deposition of sulfur (sea salt not included) to Swedish land areas. The corresponding number for oxidized and reduced nitrogen was 7% and 17% respectively.

## Heavy metals

The concentration of heavy metals in air and in precipitation is lower in Sweden than in some other comparable countries. This can be explained by Swedens northerly position and the relative low use of fossil fuels for electricity and heath production. The highest yearly average concentrations of lead, nickel, cadmium and arsenic in the air in southern Sweden are ten times lower than the threshold values given in the EU directives 2004/107/EC and 2008/50/EC. The situation with mercury is slightly different, since this metal predominantly occurs as an elemental gas in the atmosphere. Due to its long atmospheric residence time it is more or less evenly distributed in the northern hemisphere. Nowadays the concentration levels of mercury in air and in precipitation in southern Sweden are similar to that of many other European countries.

## Persistent organic substances

The concentration of PCBs and chlorinated pesticides in background air has generally declined since the start of the measurements in 1996, the decline has however in recent years levelled off. The air concentrations of PAHs, PCBs and DDTs were generally higher in southern Sweden compared to northern Finland, while  $\alpha$ -HCH and chlordanes were in the same level both in the south and in north. The same pattern also applies to the atmospheric deposition.

The pesticides, aldrin, heptachlor, diuron, atrazine and isoproturon, which only are measured at Råö, have been detected in few air and deposition samples. Endosulfan ( $\alpha$ - and  $\beta$ -endosulfan, endosulfan sulfate) is detected in all of the air and deposition samples from both Råö and Pallas.

BDE (47, 99 and 100) has declined in both air and deposition and levels are in the same range at all stations, Råö, Aspvreten and Pallas. BDE-209 and HBCDD have only been detected occasionally.

The dioxin/furans concentrations in air were generally higher at the Swedish west coast compared to the Swedish east coast, while the levels of chlorinated paraffins (SCCPs) were higher at Aspvreten compared to Råö.

The long term monitoring program gives the possibility to follow up measures and bans. Although the use of PCBs was banned long time ago, they still occur in air from background areas. The decrease in PCB levels is slow, which shows that the PCBs are stored in the communities and ecosystems. As regards e.g. PBDEs, there is a marked decline in the levels, which shows the effect of the ban of these chemicals in the EU.

## Plant protection products (pesticides)

Higher concentrations and a larger number of different pesticides were found in precipitation collected at Vavihill in the very south of Sweden, compared to precipitation collected at Aspvreten (situated just south of Stockholm). Differences in findings between the sites can be explained by the closeness of Vavihill to more intense agricultural areas, both in Sweden and on the European continent. The highest number of substances was usually detected during May and June, but at lower concentrations compared to in October when concentrations were the highest. A substantial portion (close to 50 %) of the pesticides occurring in precipitation is no longer applied within Sweden, high-lightening the importance of a trans-boundary transport, also of some modern pesticides. For some of the pesticides that are now forbidden within EU, in particular atrazine, the results demonstrate decreasing concentrations over time. Among the substances applied within Sweden, prosulfocarb was the substance most frequently detected, and in highest concentrations. Prosulfocarb is applied in large quantities also in our neighbouring countries and is quite volatile. Average deposition of pesticides at Vavihill has varied between 100 and 650 mg ha<sup>-1</sup>, month<sup>-1</sup> (10-65  $\mu$ g m<sup>-2</sup>, month<sup>-1</sup>). The deposition at Aspvreten has been one tenth of that at Vavihill. Substances found in air samples are to a large extent the same as those found in precipitation.

### Volatile organic components (VOC)

Highest concentrations of the VOCs were measured in November to March, i.e. during the coldest period of the year. The seasonal variations are probably due to higher emissions from combustion processes at wintertime combined with a lower mixing layer in the lower part of the atmosphere during the same period of the year. No specific seasonal variation in the distribution of the VOCs were detected in 2009-2013 the most volatile substances accounted for the largest share in all seasons.

EQS for benzene is 5 mg m<sup>-3</sup> as an arithmetic annual average. With the guidance of 60 weekly measurements of benzene at the background site Råö and 30 weekly average values in urban background air in Gothenburg (roof level), the EQS was not exceeded at these sites during 2009-2013.

For 1,3-butadiene and benzene there are clarifications to the national environmental objectives (butadiene 0.2 µg m<sup>-3</sup> and benzene 1 µg m<sup>-3</sup> as annual averages). The average concentrations of more than 5 000 hourly data during 2009-2013 in urban background air in Gothenburg, was <0.1 µg m<sup>-3</sup> for 1,3-butadiene and 0.9 µg m<sup>-3</sup> for benzene. These results indicate a risk that the environmental objective for benzene is exceeded on an annual basis.

### Particles

The concentration of PM<sub>10</sub> in the regional background is about 15 µg m<sup>-3</sup> in southern Sweden (Vavihill and Råö), about 8 in central Sweden (Aspvreten) and 3 in the north (Bredkålen). The concentration of PM<sub>2.5</sub> in the regional background is 7-9 µg m<sup>-3</sup> in southern Sweden (annual mean, Vavihill), 5-7 µg m<sup>-3</sup> in central Sweden (Råö and Aspvreten) and about 2 in the northern part of the country (Bredkålen). The urban background concentrations of PM<sub>2.5</sub> in southern Sweden (Burlöv, Stockholm) is in the same order as in the regional background, while the level is slightly higher in urban than in rural areas in northern Sweden (approximately 4 µg m<sup>-3</sup> in Umeå). The average exposure indicator shows that Sweden achieves the requirements set by the EU at an acceptable level of exposure. In Burlöv, however, the environmental objective (maximum of 3 days > 25 µg m<sup>-3</sup>) were exceeded both 2012 (11 days) and 2013 (8 days).

At Aspvreten in central Sweden, where measurements of PM<sub>10</sub> has been going on since 1990, the level has dropped from almost 20 to 7 µg m<sup>-3</sup> today. At Vavihill in Skåne, where measurements began in 2000, and Råö in the Gothenburg area (start of measurement in 2007), there is no clear trend.

PM<sub>2.5</sub> at Aspvreten since 1998 has fallen from 11 to 12 to about 6 µg m<sup>-3</sup> today. Most of the decrease occurred in the period 2000 – 2005. The trend are similar at the other stations in Sweden.

The concentration of soot, measured as organic carbon (OC), in the PM<sub>10</sub> fraction, was approximately 1.5 µg m<sup>-3</sup> in the southern and middle part of Sweden (Vavihill and Aspvreten) with no clear seasonal variation. The monthly averages concentration of elemental carbon (EC) is about 0.2 to 0.5 µg m<sup>-3</sup> during the winter and from 0.1 to 0.2 during the summer. Measurements of OC and EC have been made since April 2008. No measurements are made in Northern Sweden.

Soot has been measured with an indirect method 'black smoke' (BS) in several background stations since the early 1980s. Since then, the concentration in southern Sweden decreased from 4-7 to approximately 1.5 µg m<sup>-3</sup> today. In northern Sweden (Bredkålen) the concentration was approximately 1.5 in the 1980s and is below 1 µg m<sup>-3</sup> today. Most of the decrease occurred in the 1980s and early 1990s. One reason that no reduction is seen thereafter may be that the levels are often below the detection limit of the measurement method.

## Ground-level ozone

The concentration of ground-level ozone is largely determined by the meteorological conditions, and for the average annual level of ozone there is neither a clear trend in time nor a geographical gradient over the country. The number of episodes of high concentrations of ozone, though, is significantly higher in the southern part of Sweden than in the north, both as regards the 8 hour mean value (limit value for health) and AOT40 (limit value for vegetation). During 2012 and 2013 no hourly values above the information threshold ( $180 \mu\text{g m}^{-3}$ ) were observed. However, the environmental goal for hourly means ( $80 \mu\text{g m}^{-3}$ ) as well as the limit value for the 8 hour mean ( $120 \mu\text{g m}^{-3}$ ) were exceeded at many of the monitoring sites during these years.



# 1 Inledning

Naturvårdsverket, Enheten för luft och klimat, ansvarar för den nationella övervakningen av luftens och nederbördens kvalitet i bakgrundsmiljö. På uppdrag av Naturvårdsverket bedrivs mätningar av luftens och nederbördens sammansättning, främst i bakgrundsmiljö, inom olika mät- och modelleringsprogram. IVL Svenska Miljöinstitutet har ansvar för genomförandet av merparten av mätverksamheten inom luftområdet. Därtill ombesörjer både Institutionen för Tillämpad Miljöteknik (ITM) vid Stockholms universitet och Institutionen för Mark och Miljö vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) delar av övervakningen. SMHI står för årliga kartläggningar, där modellberäkningar och data från mätverksamheten integreras genom dataassimilering.

Syftet med mätningarna är främst att:

- ge underlag till bedömningar om huruvida nationella och länsvisa miljömål samt miljö kvalitetsnormer för svaveldioxid (SO<sub>2</sub>) och kväveoxider (NO<sub>x</sub>) uppnås;
- långsiktigt övervaka miljön för att finna storskaliga förändringar i föroreningshalterna som kräver åtgärder eller vidare forskningsinsatser;
- ge underlag vid utarbetande av lokala och regionala åtgärdsstrategier samt studera effekter av vidtagna åtgärder;
- erhålla en bild av hur lufthalter, nederbörds koncentrationer och deposition varierar både geografiskt och med tiden över landet;
- från dessa resultat i bakgrundsmiljö erhålla bedömningsunderlag vid studier av mer föroreningsbelastade miljöer, t.ex. vid bedömningar i miljökonsekvensbeskrivningar;
- ge underlag för validering av beräkningsmodeller och
- följa upp resultatet av vidtagna åtgärder.

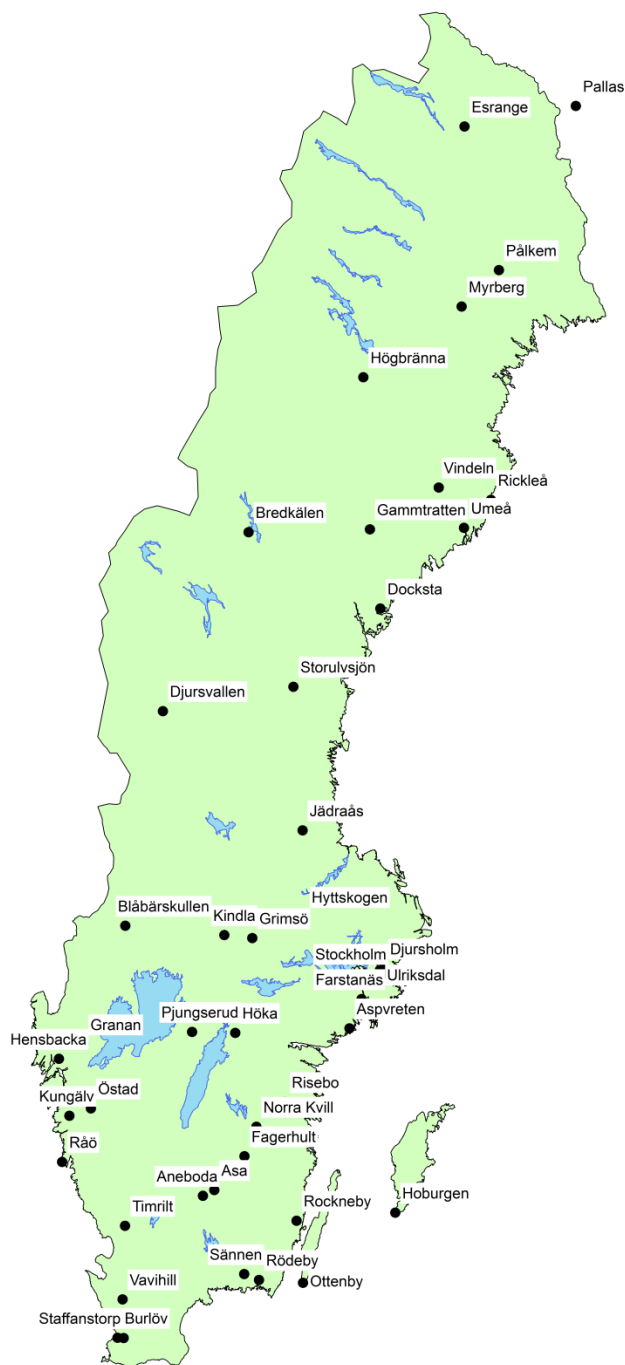
Samordnad övervakning på nationell nivå påbörjades i slutet av 1970-talet och har varierat i omfattning under åren. Nuvarande mätprogram infördes den 1 januari 2009, med undantag för ozon där den timvisa övervakningen utökades under 2013.

SMHI:s årliga modellberäkningar av lufthalter och deposition över Sverige har pågått sedan tidigt 1990-tal. Modellsystemet har under de senaste åren uppdaterats med mer avancerad metodik.

I föreliggande rapport redovisas resultaten från större delen av IVL:s, ITM:s, SLU:s och SMHI:s verksamhet inom Programområde Luft till och med 2013 (för modellberäkningarna t.o.m. 2012). Mätstationernas geografiska läge presenteras i Figur 1 och Figur 2. Modelleringen inbegriper hela Europa, men redovisningen av beräknade lufthalter och deposition visas över Sverige.

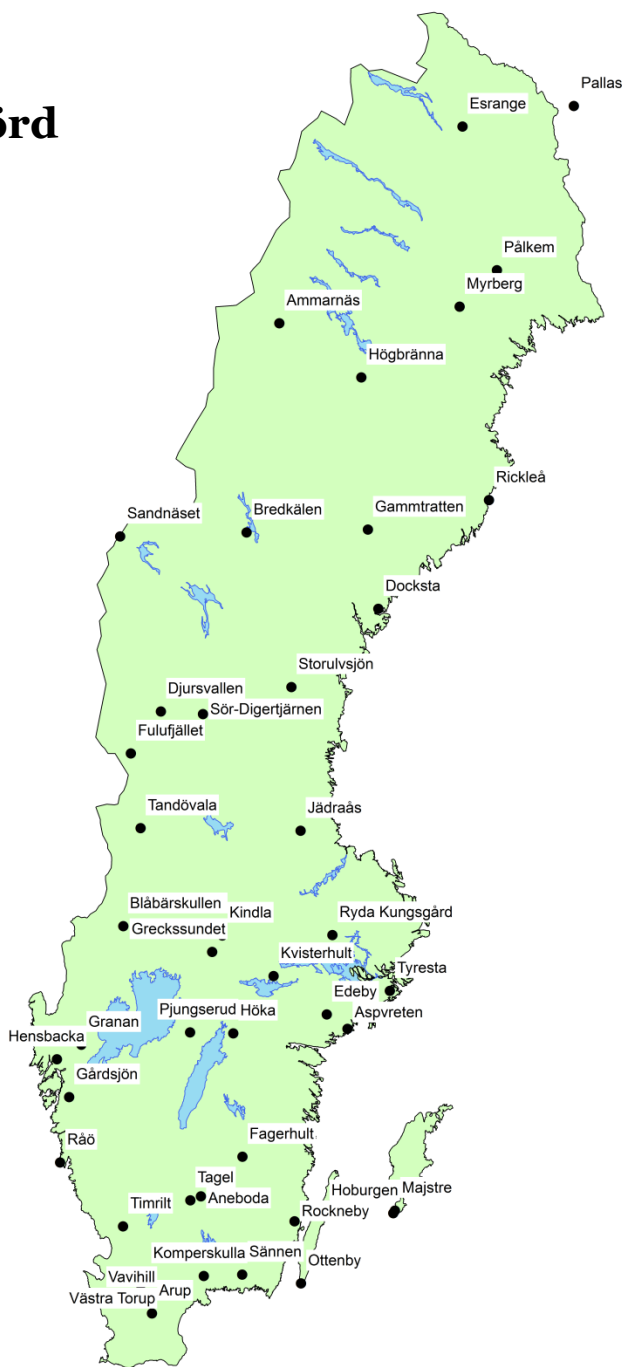
Utöver den övervakning som redovisas i denna rapport ingår mätning av UV-strålning (SMHI) och ozonskiktets tjocklek (SMHI) samt övervakning av partiklar och klimatpåverkande ämnen på Svalbard i Naturvårdsverkets nationella luftövervakning.

## Luft



**Figur 1** Mätstationerna för Luft inom EMEP, LNKN och IM som ingår i den nationella miljöövervakningen (för mätstationernas programtillhörighet, se Bilaga 1). I figuren ingår även de stationer som mäter lufthalter inom Krondroppsnetet då dessa resultat använts i denna rapport. De ingår dock inte i den nationella miljöövervakningen.

## Nederbörd



**Figur 2** Mätstationerna för Nederbörd inom EMEP, Krondroppsnetet, LNKN och IM som ingår i den nationella miljöövervakningen (för mätstationernas programtillhörighet, se Bilaga 1). I figuren ingår även några stationer som mäter över öppet fält inom Krondroppsnetet då dessa resultat använts i denna rapport. De ingår dock inte i den nationella miljöövervakningen.

## 1.1 Mätningar

### 1.1.1 Försurande och övergödande ämnen

Delprogrammet följer trender för försurande och övergödande ämnen. Syftet är att uppfylla nationella, länsvisa och internationella riktlinjer som ligger till grund för nationell och regional miljömålsuppföljning. Rapportering sker också till internationella konventioner. De miljökvalitetsmål som främst berörs är *Bara naturlig försurning*, *Ingen övergödning* och *Frisk luft*.

#### 1.1.1.1 Luft- och nederbördskemi inom EMEP

Stationerna inom EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) ingår i ett europeiskt samarbete om cirka 100 mätplatser där bakgrundshalter i luft och nederbörd övervakas. I Sverige har verksamheten inom EMEP bedrivits sedan slutet av 1970-talet. Sedan mätningarna startade har provtagnings- och analysmetoder utvecklats och vissa förändringar har under åren skett både avseende provtagning och kemisk analys.

Resultaten från EMEP-mätningarna rapporteras till EMEP/CCC (Chemical Co-ordinating Center) i Norge och utgör underlag för internationella förhandlingar i Luftkonventionen (CLRTAP) inom UN-ECE om minskade utsläpp av luftföroreningar i Europa.

Provtagning sker med dygnsupplösning för flertalet parametrar avseende halter i luft. För nederbörd sker provtagningen antingen per dygn (2 stationer) eller per månad (2 stationer). Mätprogrammet redovisas i Bilaga 1.

#### 1.1.1.2 Luft- och nederbördskemiska nätet

Mätningar inom Luft- och nederbördskemiska nätet (LNKN) har bedrivits inom den nationella miljöövervakningens ram sedan 1983. Vid vissa stationer som ingår i nätet finns mätserier ännu längre tillbaka i tiden. Inom LNKN utförs mätningar av bland annat svavel- och kväveföreningar och baskatjoner i nederbörd samt svaveldioxid, kvävedioxid och marknära ozon i luft på månadsbasis. Mätningarna av halter i nederbörd har pågått sedan 1983 och av halter i luft sedan 1994 på stationer över hela landet. Under denna tid har vissa förändringar skett såväl vad gäller antal stationer som provtagnings- och analysmetoder. Idag mäts halter i nederbörd vid sexton stationer och halter i luft vid nio stationer, se Bilaga 1.

#### 1.1.1.3 Krondroppsnetet inkl. IM<sup>1</sup>

Inom Krondroppsnetet mäts deposition (nedfall) av bland annat svavel och kväve samt baskatjoner. Nedfallet mäts både som krondropp och över öppet fält. Dessutom mäts även torrdepositionen på 10 platser över Sverige. Utöver nedfallsmätningarna utförs även markvattenkemiska provtagningar och analyser av lufthalter på provytorna. De första mätningarna inom Krondroppsnetet startade i södra Sverige 1985. Den del av Krondroppsnetet som finansieras av Naturvårdsverket utgörs främst av mätningar i nederbörd över öppet fält vid 18 stationer (2013), se Bilaga 1. Mätningarna kompletteras med modellberäkningar för utvärdering även på regional nivå, framförallt med fokus på luftföroreningarnas påverkan. Syftet är att beskriva tillstånd, regionala skillnader, utveckling i tiden samt effekter av olika luftföroreningar främst med avseende på försurande och övergödande ämnen.

<sup>1</sup> Mätningar inom Integrated Monitoring sorterar under Programområde Skog. Luft- och nederbördsdata från IM presenteras även här som ett komplement till övriga data.

I denna rapport sker även rapportering från mätningar över öppet fält vid fyra stationer inom IM (Programområde Skog). Vid IM-stationerna är provtagningsfrekvens, provtagningsmetodik och analysmetodik desamma som för mätningarna inom Krondroppsnetet.

### 1.1.2 Tungmetaller

Mätning av tungmetallerna sker på mätstationerna Råö, Vavihill, Aspvreten och Bredkälén, med undantag för att kvicksilver mäts vid Pallas i norra Finland istället för vid Aspvreten. Finland övervakar övriga tungmetaller vid Pallas, och samtliga dessa data rapporteras till EMEP som gemensamma data. Mätningarna av tungmetaller inom den miljöövervakningen syftar till att följa halter och deposition av tungmetaller. Mätprogrammet ingår i internationella nätverk för att följa upp effekterna av ett internationellt avtal inom Luftkonventionen (CLRTAP) om minskade utsläpp av tungmetaller och används även för att följa upp förändringar i tungmetall-depositionen i den arktiska regionen.

Mätningarna av tungmetaller utökades fr.o.m. januari 2009 till ett mer omfattande övervakningsprogram, bl.a. till följd av införandet av EU:s luftkvalitetsdirektiv 2008/50/EG, se vidare Bilaga 1.

De nationella miljömål som främst berörs är *Giftfri miljö* samt *Frisk luft*.

### 1.1.3 Organiska miljögifter

Mätningar inom delprogrammet organiska miljögifter bedrivs vid fyra stationer Råö, Aspvreten, Pallas och Vavihill. Mätningarna inom ramen för den nationella miljöövervakningen på Råö och Aspvreten startades 1994. Mätningarna vid Pallas i norra Finland startade 1996 och genomförs i samarbete med Finska Meteorologiska Institutet (FMI). Stationen Vavihill inkluderades i delprogrammet år 2009. Fram till 2008 genomfördes mätningarna av organiska ämnen i luft och deposition vid Aspvreten av ITM. IVL tog 2008 över ansvaret för provtagningen och analyserna vid Aspvreten. Provtagningen genomförs fortfarande av ITM. Från januari 2009 har det nationella miljöövervakningsprogrammet utökats med flera ämnen och ämnesgrupper, t.ex. dioxiner och furaner, klorparaffiner, perflourinerade ämnen samt vissa pesticider. Mer information om ämnesgrupperna ges i Bilaga 1.

De nationella miljömål som främst berörs är *Giftfri miljö* samt *Frisk luft*.

### 1.1.4 Volatila organiska ämnen (VOC)

Cirka 30 olika VOC mäts sedan 2004 i luft inom miljöövervakningsprogrammet. Många VOC spelar en viktig roll i fotokemiska processer i den lägre delen av atmosfären, där de bidrar till bildningen av ozon och andra oxidanter. EU:s luftkvalitetsdirektiv 2008/50/EG kräver, förutom ozon, även mätningar av ozonbildande ämnen såsom kväveoxider och ett antal VOC. De VOC som ingår i mätprogrammet är, med undantag av formaldehyd och totalkolväte, de ämnen som man inom direktivet rekommenderar mätningar av, se vidare i Bilaga 1.

Några VOC som har visats, eller misstänks vara cancerogena, ingår också bland de VOC som mäts. Exempel är eten, propen, 1,3-butadien och bensen (IMM-rapport, 1994 och 2004).

Eftersom den långväga transporten spelar en viktig roll när det gäller ozon och de mer stabila av de ozonbildande flyktiga kolvätena, har diffusiva veckomätningar av bensen, toluen, etylbensen och xylen (BTEX) inom mätprogrammet utförts vid Råö sedan 2009.

### 1.1.5 Pesticider (växtskyddsmedel) i luft och nederbörd

Pesticider (växtskyddsmedel) är en grupp substanser som främst används för att skydda grödor från olika typer av angrepp, exempelvis av svampar och insekter, och för att hålla undan konkurrerande vegetation (ogräs). Jordbruket står för den största användningen av dessa substanser, men även inom den produktionsinriktade trädgårdsodlingen är användningen omfattande. Användningen sker under större delen av odlingssäsongen, och avdunstning från mark och gröda kan leda till betydande förluster till atmosfären. Aktiva substanser i växtskyddsmedel bedöms gemensamt inom EU och regleras numera genom förordningen 1107/2009.

Godkännandeprocessen innebär en riskbedömning av substanserna, vilken bland annat inkluderar en bedömning av hur långlivad substansen är i atmosfären och därmed risken för långdistansspridning. Detta arbete bygger i stor utsträckning på modeller, varför det föreligger ett behov av underlag som visar hur substanserna uppträder i verkligheten. Arbetet under det senaste årtiondet har lett till att flera pesticider med kända negativa effekter i miljön numera är förbjudna inom EU. Några av dessa är atrazin, endosulfan och lindan, vilka tidigare har använts i stor omfattning och varit vanligt förekommande i atmosfärisk deposition inom exempelvis de nordiska länderna, men förbuden gör att depositionen nu klingar av.

Det finns fortfarande uppskattningsvis cirka 400 olika aktiva substanser registrerade som växtskyddsmedel inom EU och det godkänns även kontinuerligt nya substanser. Dessa substanser har generellt sett bättre egenskaper vad gäller både hälsa och miljö än tidigare generationer av pesticider. Det finns emellertid substanser som fortfarande är godkända trots att de till exempel är både endokrinstörande och persistenta i mark och vatten, eller med en beräknad halveringstid i luft på närmare 2 dygn. Det är därför angeläget att kontinuerligt följa utvecklingen när det gäller potentiellt hälso- och miljöfarliga pesticider som deponeras över Sverige.

Nuvarande övervakningsprogram för pesticider (Delprogram Pesticider i luft och nederbörd) inleddes 2002 med insamling av nederbörd vid en lokal i södra Sverige (Vavihill). Delprogrammet utvidgades 2009 och inkluderar numera även luftprovtagning av pesticider vid Vavihill och nederbördsprovtagning vid Aspvreten.

Syftet med miljöövervakningsprogrammet är att:

- studera innehåll av bekämpningsmedel i luft och nederbörd samt följa förändringar i sammansättning och halter över tiden,
- ge underlag för bedömningar av atmosfärisk deposition av bekämpningsmedel i Sverige,
- ge underlag till nationellt och internationellt arbete kring riskminskning vid användning av pesticider samt uppföljning av utförda åtgärder,
- komplettera mätningar i ytvatten för att studera varifrån belastningen härrör, som underlag för myndigheternas arbete med påverkansanalys.

Mätprogrammet redovisas i Bilaga 1.

### 1.1.6 Partiklar

Delprogrammet Partiklar och sot i luft följer upp miljökvalitetsmålet *Frisk luft* samt direktiv 2008/50/EG om luftkvalitet och renare luft i Europa. Även önskemål från EMEP tillgodoses.

Mätning av partiklar i form av PM<sub>10</sub> och PM<sub>2,5</sub> sker idag vid de fyra EMEP-stationerna, där även andra luftkomponenter samt nederbörd övervakas, se vidare Bilaga 1. Vid vissa av dessa stationer sker också

mätning av andra partikelmått. För uppföljning av det exponeringsminskningsmål (mått på befolkningens genomsnittliga exponering) som anges i Luftkvalitetsförordningen (SFS 2010:477) övervakas även PM<sub>2,5</sub> i urban bakgrundsluft i tre tätorter i landet. Aktuellt mätprogram redovisas under EMEP i Bilaga 1.

Stationerna Aspvreten och Vavihill ingår också i ACTRIS (Aerosols, Clouds, and Trace gases Research InfraStructure Network). Syftet med ACTRIS är att samordna avancerade markbaserade mätningar av aerosoler, molnegenskaper och kortlivade gaser vid ett tjugotal stationer runt om i Europa. En del av dessa mätningar ingår i den nationella miljöövervakningen, nämligen organiskt och elementärt kol (OC/EC), partiklarnas storleksfördelning och ljusspridning. Sot bestäms också, men med en mer avancerad metod än den som nämns ovan.

### 1.1.7 Marknära ozon

Syftet med delprogrammet är att följa upp de halter av marknära ozon som är reglerade enligt svensk och internationell lagstiftning. Delprogrammet följer upp miljökvalitetsmålet *Frisk luft*.

Även övervakningen av marknära ozon sker inom ramen för EMEP-programmet (se avsnitt 1.1.1.1). Mätningarna sker på timbasis med kontinuerligt registrerande UV-absorptionsinstrument vid totalt 14 stationer, varav IVL driver 13 och ITM 1 av dessa.

Enligt gällande EU-direktiv och svenska miljökvalitetsnormer skall allmänheten informeras om halterna överskrider vissa nivåer. IVL har ansvar för detta varningssystem, och vid tillfällen då ozonhalten överstiger 180 µg m<sup>-3</sup> i mer än en timme skickar IVL ut information till lokalradiostationerna. Hemsidan ([www.ivl.se/ozon](http://www.ivl.se/ozon)) uppdateras också varje timme med aktuella halter vid samtliga mätstationer i bakgrundsluft samt några mätstationer i tätorter i södra Sverige.

Detta delområde omfattar också viss kompletterande övervakning av ozonbildande ämnen, då kvävedioxid (NO<sub>2</sub>) mäts på månadsbasis vid de fyra ozonstationer där dygnsprovtagning av NO<sub>2</sub> inte sker. Därutöver sker mätning av ozon på månadsbasis vid de nio stationer som mäter luft inom LNKN (avsnitt 1.1.1.2). Aktuellt mätprogram redovisas under EMEP i Bilaga 1.

## 1.2 Geografisk kartläggning och scenarier framtagna med modellsystem

SMHI genomför varje år kartläggning av halter i luft och deposition av försurande och övergödande ämnen på nationell nivå. För att erhålla en så bra kartläggning som möjligt kombineras modellbeskrivning av lufthalter och koncentration i nederbörd över Sverige med kvalitetsgranskade mätdata i en så kallad variationell analys. Genom denna analys kan man beskriva den geografiska fördelningen av föroreningshalter snarare än att presentera mätresultat i mätpunkter. För bästa möjliga analys krävs kunskap om utsläpp och de atmosfärskemiska processer som ingår i MATCH-Sverigesystemets fysikaliska modeller, samt sofistikerad användning av tillgänglig och kvalitetsgranskad mätdata.

Med hjälp av fysikaliska modeller kan man särskilja bidrag till lufthalter och deposition från olika källregioner och sektorer, t.ex. Sveriges bidrag och långdistansbidrag, något som inte är möjligt om enbart mätdata finns att tillgå. Vidare behövs modeller för att kunna beskriva förändringar framåt i tiden genom olika utsläppsscenarier.

I denna rapport presenteras försurande och övergödande nedfall samt halter i luft för åren 2009 till 2012, framtaget med MATCH-Sverigesystemet. Resultat för 2013 inkluderas inte, eftersom det är ett års fördröjning från att mätdata blir tillgängliga till att resultaten är klara för MATCH-Sverigesystemet.

### 1.2.1 Årlig kartläggning med MATCH-Sverigesystemet

Syftet med MATCH-Sverigesystemet är att geografiskt kartlägga halter i luft samt deposition av försurande och övergödande ämnen över Sverige. De miljömål som berörs är främst *Frisk luft, Bara naturlig försurning* och *Ingen övergödning*. I systemet ingår fysikaliska modeller och kvalitetsgranskad mätdata, vars resultat integreras för att erhålla en så bra kartläggning som möjligt.

Tillgänglig data är sammanställd i Bilaga 2.

Resultaten finns tillgängliga i form av kartor och för nedladdning via SMHI:s karttjänst (se [www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi](http://www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi)).



## 2 Metoder och kvalitetssäkring

### 2.1 Mätningar

#### 2.1.1 Metodik

För beskrivning av mätmetoder hänvisas till de beskrivningar av undersökningstyper som finns på Naturvårdsverkets hemsida ([www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se)). Inom den nationella luftkvalitetsövervakningen används de i mätföreskrifterna (NFS 2013:11) angivna referensmetoderna endast för ozon (timbasis), PM<sub>2.5</sub>-mätningar i urban bakgrund och analys av tungmetaller.

#### 2.1.2 Kvalitetssäkringsrutiner

IVL har ackreditering hos SWEDAC enligt SS-EN ISO/IEC 17025:2005. Ackrediteringen omfattar sedan 1991 merparten av analysverksamheten inom luftövervakningen. 1997 utvidgades ackrediteringen till att även omfatta analys av persistenta organiska ämnen (PAH och PCB) samt stora delar av provtagningsverksamheten. IVL har en årlig revision av SWEDAC där kvaliteten följs upp. Intern revision genomförs en gång per år. Tillämpliga rutiner för kvalitetskontroll (QC) och kvalitetssäkring (QA) som gäller för ackrediterade analyser används även för de metoder som ännu inte ackrediterats.

IVL deltar årligen i provningsjämförelser som anordnas av EMEP och andra internationella organ där luft- och nederbördsprover ingår som provmatriser, samt följer upp bland annat ny analysmetodik genom att delta vid internationella konferenser.

Även NILU:s laboratorier för oorganiska och organiska analyser, som fram till 2012 anlätades för bland annat analys av tungmetaller, har ackreditering enligt NS-EN ISO/IEC 17025.

Miljökemiska laboratoriet vid Kemiska institutionen vid Umeå universitet anlitas för analys av dioxiner och klorparaffiner. Dioxinanalyserna utförs inom ramen för laboratoriets ackreditering (registreringsnummer 1808) och klorerade paraffiner kvalitetssäkras på liknande sätt.

SLU:s pesticidlaboratorium är ackrediterat av SWEDAC enligt SE-EN ISO/IEC 17025:2005 och deltar regelbundet i internationella interkalibreringar för relevanta matriser. Laboratoriet har analyserat växtskyddsmedel (pesticider) i miljömatriser sedan början av 1980-talet och inom ramen för ackreditering sedan 1994. Vid laboratoriet analyseras även övriga prover från den nationella miljöövervakningen av växtskyddsmedel (ytvatten, grundvatten och sediment) med samma metodik som för regnvattenproverna.

Alla mätningar av ozon som görs inom den nationella miljöövervakningen är kvalitetssäkrade genom årliga spårbara kalibreringar mot det referensinstrument som finns hos ITM.

För bestämning av halter av partiklar i luft mätt som PM<sub>10</sub> och PM<sub>2.5</sub> (partiklar mindre än 10 resp. 2.5 µm) skall enligt EU:s luftkvalitetsdirektiv 2008/50/EG endast referensmetoderna eller metoder som har visats vara likvärdiga med referensmetoden användas.

Mätningarna av PM<sub>2.5</sub> i den urbana bakgrunden görs med referensmetoden. På de övriga stationerna används metoder som bedömts vara likvärdiga med referensmetoden av det svenska referenslaboratoriet för tätortsluft efter test enligt de principer som fastslagits inom EU eller har visats ge likvärdiga resultat men inte testats så rigoröst som krävs i EU:s testprogram (EC Working Group, 2010).

De partikelmått som bestäms inom ACTRIS (OC/EC, sot, ljusspridning och partikelstorleksfördelning) kvalitetssäkras genom kalibreringar och interkalibreringar mellan olika forskningsgrupper runt om i Europa samt standardisering av mätmetoderna.

## 2.2 Modellberäkningar

### 2.2.1 Metodik

#### 2.2.1.1 Årlig kartläggning med MATCH-Sverigesystemet

MATCH-Sverige är ett modellsystem som består av den atmosfärskemiska spridningsmodellen MATCH, en modell för variationell analys (där uppmätta atmosfärskemiska data integreras med modellerade resultat) och en modell för beräkning av depositionsflöden till olika marktper.

I MATCH-modellen (Robertson m.fl., 1999; Andersson m.fl. 2007) beskrivs utsläpp, spridning, luftkemi och nedfall av luftföroreningar såsom marknära ozon, partiklar och kväve- och svavelhaltiga föroreningar. I modellen ingår ett 70-tal kemiska komponenter vars fotokemi och termiska kemi beskrivs genom ca 130 kemiska reaktioner. Utsläpp av volatila organiska föreningar (VOC) från naturen beskrivs av modellen, baserat på olika meteorologiska förhållanden och markanvändning.

MATCH används i två steg inom modellsystemet, på Europaskala och nationell nivå. Över Europa används en grövre modellskala (44 km), och de antropogena utsläppen kommer från EMEP med 50 km upplösning (EMEP). För beräkning av det svenska bidraget till lufthalter används en version av MATCH som är speciellt anpassad för beräkningar baserade på svenska högupplösta emissioner från SMED ([www.smed.se](http://www.smed.se)). Denna version av MATCH körs med en upplösning på 11 km.

Inom MATCH-Sverigesystemet används tvådimensionell variationell analys för att beskriva halter i luft och koncentration i nederbörd. I variationell analys beräknas de optimala analyserade luft- och nederbördshalterna på basis av såväl modell- och mätvärden som osäkerhet hos mätningar och modellberäkningar. De observerade data som används i dataassimilationen tillhandahålls av IVL och NILU. De stationsnät som utnyttjas är svenska och norska EMEP samt Luft- och nederbördskemiska nätet (LNKN).

#### 2.2.2 Kvalitetssäkringsrutiner

MATCH-modellen har utvärderats såväl i specifika modelljämförelsestudier (t.ex. van Loon m.fl., 2007) som kontinuerligt i uppdrag (ex. Andersson m.fl., 2011; Engardt m.fl., 2010) och forskningsprojekt (t.ex. Robertson m.fl., 1999; Andersson m.fl., 2007; Andersson m.fl., 2009). Utvärderingen är utförd för såväl gasfaskomponenter som våtdeposition och halter i nederbörd. Slutsatsen är att MATCH har en kvalitet som är jämförbar med de allra bästa internationella modellerna inom forskning och kartläggning (bl.a. van Loon m.fl., 2004). De exakta utvärderingsresultaten beror på modelluppsättning (modellversion), indata, skala och meteorologiskt år. Exempel på (typisk) modellavvikelse över Europa för våtdeposition av oxiderat svavel och oxiderat och reducerat kväve är -17 %, -32 % respektive -15 % i Andersson m.fl., (2011), och -1 %, -16 % respektive -17 % i Andersson m.fl., (2007).

I den variationella analysen (2dvar-modellen) i MATCH-Sverigesystemet används alla tillgängliga mätdata i Sverige och Norge, vilket innebär att det inte finns oberoende mätningar att jämföra mot. Dock kvalitetsgranskas och kontrolleras 2dvar-resultaten inom MATCH-Sverigesystemets kartläggning genom överensstämmelse med mätdata. 2dvar-modellen har dessutom kontrollerats för marknära ozon (Andersson m.fl., 2014), samt luft- och nederbördshalter av svavel och kvävekomponenter.

Inom utvecklingsprojektet för MATCH-Sverigesystemet kvalitetsgranskades systemet med korsvalidering för luft- och nederbördshalter. Resultatet av denna utvärdering står att finna i Andersson m.fl., (2014). Utvärderingen visar att variationell analys är ett kraftfullt verktyg för att beskriva geografisk och temporal variation hos föroreningar, där en fysikalisk modells resultat kan förbättras med hjälp av tillgängliga observationsnätverk. Inom projektet föreslås även en förbättrad metodik för MATCH-Sverige-systemet, där även 2dvar-analyserat marknära ozon kommer att inkluderas i fälten som tillgängliggörs.

Det finns förbättringspotential för metodiken i den variationella analysen. En övergång till variationell analys i tre dimensioner skulle troligen förbättra slutresultaten. En annan förbättring skulle vara framtagande av optimala spridningslängder över hela Sverige, där avståndet som varje observation sprids från sin mätplats skulle optimeras beroende på plats, säsong och kemiskt ämne. I nuläget används konstanta spridningslängder.

## 2.3 Datalagring

Resultaten från den nationella miljöövervakningen rapporteras till aktuell datavärd, som i sin tur ansvarar för det långsiktiga hållandet av databasen, inkluderande säkerhetskopiering, behörighetskontroll, skydd mot oriktig användning (dataintegritet), uppdatering av datamodeller och uppdatering till nya programversioner och ny maskinvara. Data framtagna av IVL respektive ITM levereras till Datavärdskap Luft, medan data som genereras av SLU ingår i Datavärdskap Jordbruksmark där även övriga data för växtskyddsmedel samlas i en gemensam databas.

Modellresultat för miljöövervakning finns tillgängliga i form av kartor och för nedladdning via SMHIs karttjänst (se [www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi](http://www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi)).

## 3 Mätresultat

### 3.1 Försurande och övergödande ämnen

I detta avsnitt redovisas erhållna resultat inom respektive delområde, huvudsakligen i form av årstidsvariationer, trender och jämförelse med miljökvalitetsnormer (MKN) och miljömål. För grunddata och vissa statistiska sammanställningar hänvisas till hemsidorna för Datavärdskap Luft ([www.ivl.se](http://www.ivl.se)) respektive Datavärdskap Jordbruksmark ([www.slu.se](http://www.slu.se)).

#### 3.1.1 Luft

Halter i luft av bland annat svavel- och svavelkomponenter, klorid och baskatjoner mäts inom de fyra mätnäten EMEP (The European Monitoring and Evaluation Programme), LNKN (Luft- och nederbördskemiska nätet), IM (Integrerad monitoring) och KD (Krondroppsnätet) (se kapitel 1.1). Nedan presenteras trender av årsmedelhalter i luft av svavel och kväve samt även årsmedelhalter av klorid, natrium, magnesium, kalcium och kalium.

Inom EMEP startade mätningar av halter i luft redan 1978. EMEP är därmed det mätnät där mätningar av halter i luft har pågått under längst tid. Mätseriernas längd varierar något mellan stationer och parametrar. I figurerna nedan visas årsmedelhalter av SO<sub>2</sub>-S, SO<sub>4</sub>-S, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N och NH<sub>4</sub>-N stationsvis för samtliga år då mätningar pågått.

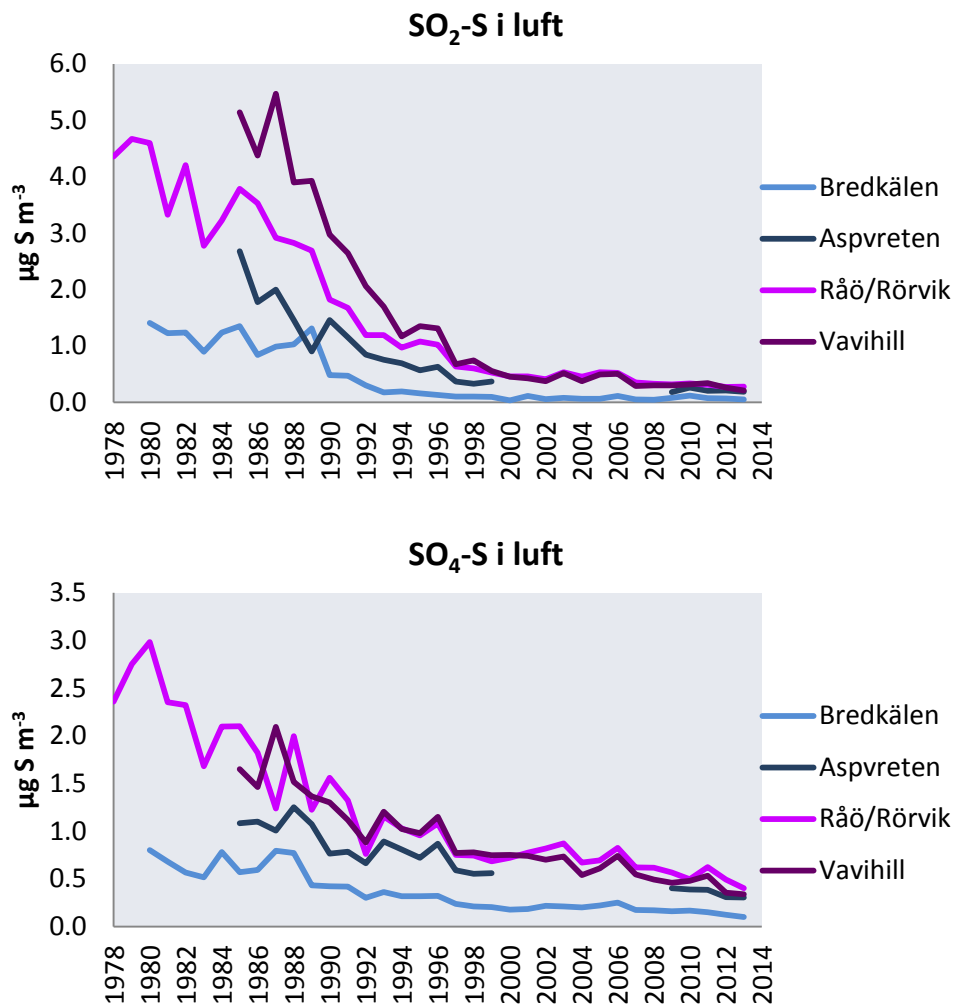
Halter i luft av SO<sub>2</sub>-S och NO<sub>2</sub>-N har mätts kontinuerligt vid sammanlagt 30 respektive 31 stationer sedan 2001 inom de fyra mätnäten. För flera av stationerna inom EMEP och LNKN finns mätdata även från 1980- och 1990-talen. För att kunna se om skillnader finns mellan olika delar av Sverige har stationerna delats in i sex olika regioner, se Bilaga 3. Baserat på årsmedelvärden för enskilda mätstationer inom respektive region har årsmedelvärden beräknats för samtliga sex regioner. Stationer med mätserier som saknar mätdata för ett eller flera år under perioden har uteslutits ur beräkningarna.

I avsnitt 3.1.1.3 redovisas årsmedelhalter av klorid, natrium, magnesium, kalcium och kalium i luft vid EMEP-stationerna under perioden 2009-2013.

##### 3.1.1.1 Svavel

Årsmedelhalter av SO<sub>2</sub>-S och SO<sub>4</sub>-S i luft för fem EMEP-stationer 1978-2013 visas i Figur 3. Vid en jämförelse mellan uppmätta halter av SO<sub>2</sub>-S på 1980-talet och 2000-talet har medelhalterna minskat med ca 90% vid Bredkålen, Rörvik/Råö och Vavihill. För Aspvreten saknas data för större delen av 2000-talet eftersom mätningar inte skedde 2000-2008, men halterna ser ut att ha minskat i samma utsträckning som vid övriga platser.

Vid en jämförelse mellan uppmätta halter av SO<sub>4</sub>-S på 1980-talet och 2000-talet har medelhalterna minskat med ca 70% vid Bredkålen och Rörvik/Råö och ca 65% vid Vavihill. För Aspvreten saknas data för större delen av 2000-talet eftersom mätningar inte skedde 2000-2008, men halterna har minskat även i Aspvreten. De lägsta halterna av SO<sub>2</sub>-S och SO<sub>4</sub>-S har under hela tidsperioden uppmätts vid stationen i Bredkålen.

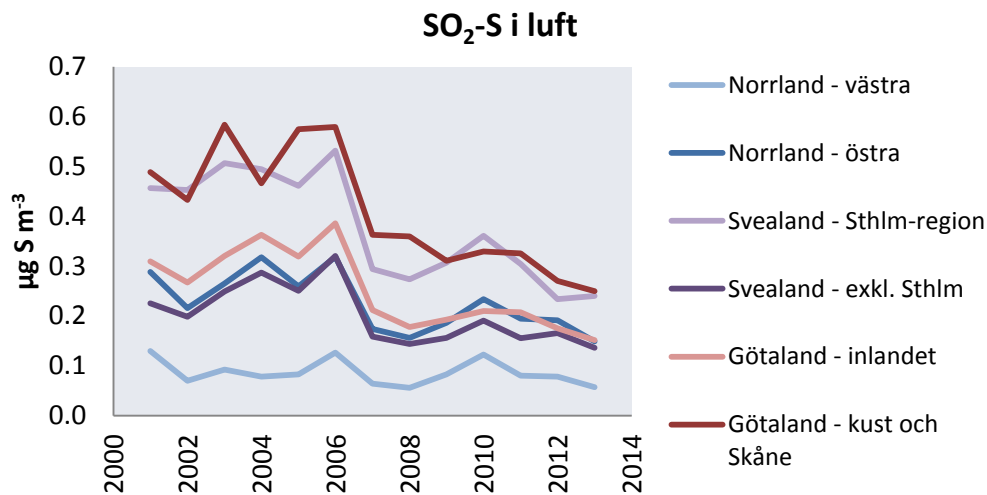


**Figur 3** Årsmedelhalter av SO<sub>2</sub>-S och SO<sub>4</sub>-S i luft (µg m<sup>-3</sup>) vid EMEP-stationerna Bredkålen, Aspvreten, Rörvik/Råö samt Vavihill. År med databortfall över 20% är inte inkluderade i figuren.

I Figur 4 visas regionvisa årsmedelhalter av SO<sub>2</sub>-S i luft i Norrland-västra, Norrland-östra, Svealand exklusive Stockholmsregionen, Svealand-Stockholmsregionen, Götaland-inlandet och Götaland-kust och Skåne 2001-2013. Sedan 2007 har årsmedelhalterna för regionerna varit betydligt lägre jämfört med den tidigare delen av 2000-talet. Medelhalterna 2007-2013 är ca 40 % lägre för samtliga regioner förutom för de nordligaste, vilka visar på 20-35 % minskning jämfört med 2001-2006. Ett motsvarande resultat ses även för halterna av svavel i deposition (se kapitel 3.1.2) där minskningen av svavelhalterna i södra Sverige är större jämfört med motsvarande minskning i norra Sverige.

Under hela 2000-talet har uppmätta halter varit högst i regionerna Götaland-kust och Skåne samt Svealand-Stockholmsregionen. Lägst halter har under perioden mätts upp på stationerna i Norrland-västra. Figuren visar också att det är skillnader mellan uppmätta halter inom Norrland, Svealand respektive Götaland. I Norrland har halterna under 2000-talet varit 50-75 % högre i områdets östra delar jämfört med de västra. I Svealand har uppmätta halter i Stockholmsregionen varit 30-55 % högre jämfört med uppmätta halter i inlandet. Även för Götaland kan man tydligt se skillnader mellan Götaland-inlandet och Götaland-kust och Skåne. I Skåne och vid kusten har halterna av SO<sub>2</sub>-S varit 20-50 % högre jämfört

med i inlandet. Modellering av SO<sub>2</sub>-koncentration visar på ett liknande mönster med de lägsta koncentrationerna i de västra delarna av Norrland.

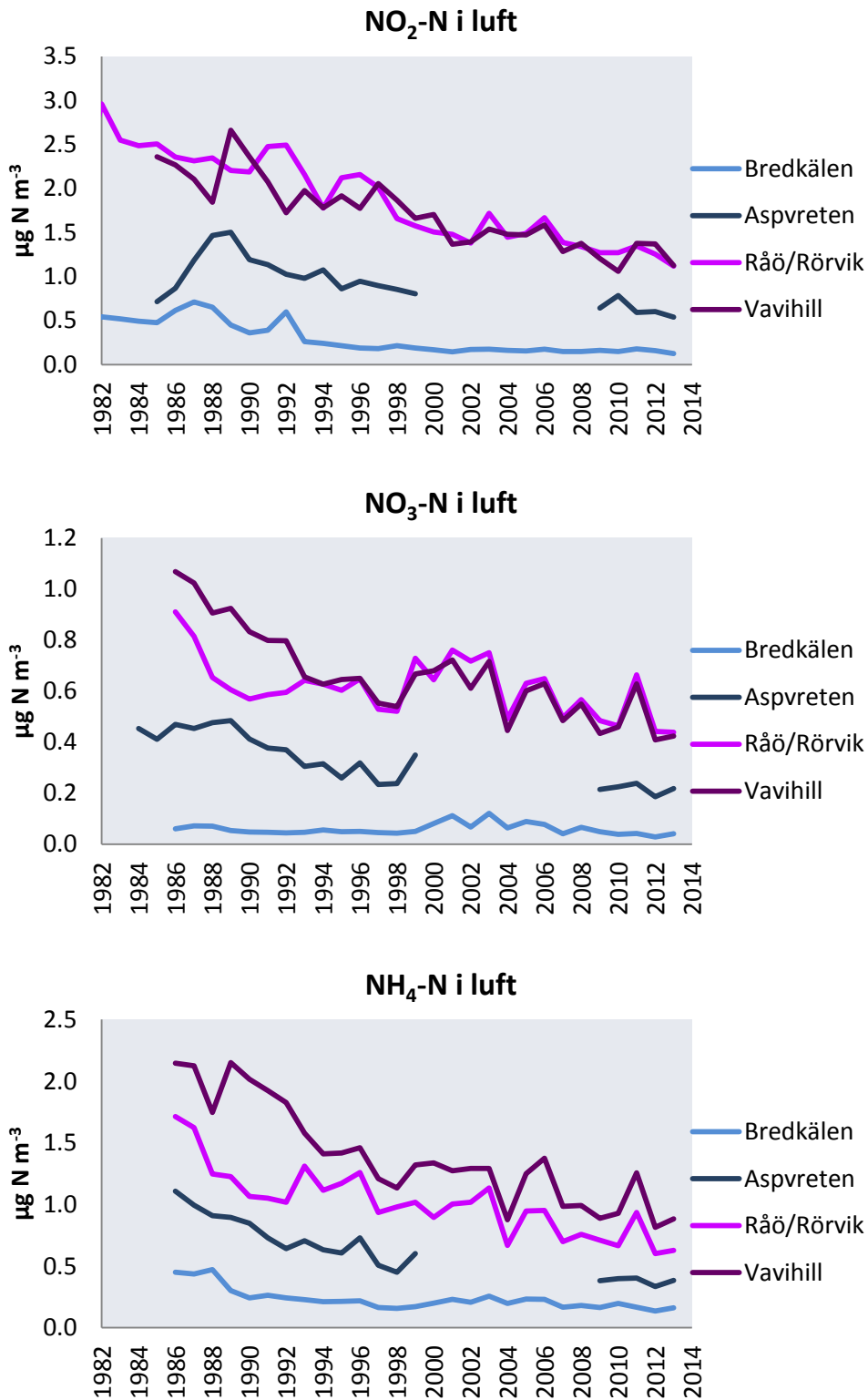


**Figur 4** Årsmedelhalter av SO<sub>2</sub>-S i luft ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) i Norrland, Svealand och Götaland 2001-2013. Årsmedelvärdena har beräknats genom att medelvärdesbilda uppmätta halter i luft från mätstationer i respektive region enligt Bilaga 3.

### 3.1.1.2 Kväve

Årsmedelhalter av NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N och NH<sub>4</sub>-N i luft vid fyra EMEP-stationer 1982-2013 visas i Figur 5. Analyserna visar att de lägsta halterna av NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N och NH<sub>4</sub>-N under hela tidsperioden finns i Bredkälén.

Vid en jämförelse mellan uppmätta halter av NO<sub>2</sub>-N på 1980-talet och 2000-talet har medelhalterna minskat med ca 70% vid Bredkälén och ca 40% vid Rörvik/Råö och Vavihill. För Aspvreten saknas data för större delen av 2000-talet eftersom mätningar inte skedde 2000-2008, men halterna har minskat även i Aspvreten.



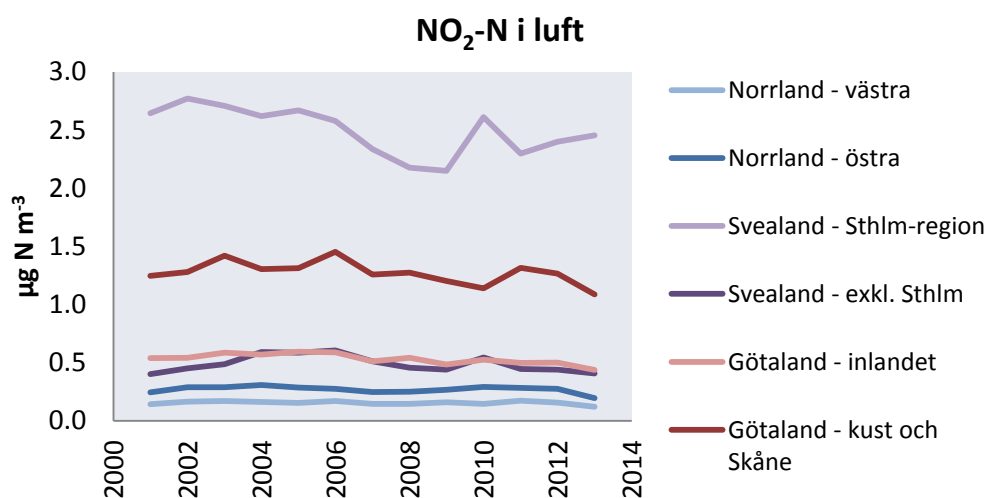
**Figur 5** Årsmedelhalter av NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N (gas+partiklar) och NH<sub>4</sub>-N (gas+partiklar) i luft (µg N m<sup>-3</sup>) vid EMEP-stationerna Bredkålen, Aspvreten, Rörvik/Råö samt Vavihill. År med databortfall över 20 % är inte inkluderade i figuren.

Vid motsvarande jämförelse mellan uppmätta halter av  $\text{NO}_3\text{-N}$  under perioden 1986-1999 och 2000-talet har halterna varit lägre än  $0,1 \mu\text{g m}^{-3}$  vid Bredkålen under hela perioden förutom under 2003. Skillnaden mellan periodmedelhalterna vid Rörvik/Råö är liten, men i Vavihill har de minskat med cirka 25 %. För Aspvreten saknas data för större delen av 2000-talet eftersom mätningar inte skedde 2000-2008.

Jämförelse mellan uppmätta halter av  $\text{NH}_4\text{-N}$  under perioderna 1986-1999 och 2000-2011 visar att medelhalterna har minskat med ca 25 % vid Bredkålen och ca 30-35 % vid Rörvik/Råö och vid Vavihill. För Aspvreten saknas data för större delen av 2000-talet eftersom mätningar inte skedde 2000-2008.

I Figur 6 visas regionvisa årsmedelhalter av  $\text{NO}_2\text{-N}$  i luft i Norrland-västra, Norrland-östra, Svealand utan Stockholmsregionen, Svealand-Stockholmsregionen, Götaland-inlandet och Götaland-kust och Skåne 2001-2013. Vid en jämförelse av periodmedelvärde 2001-2005 och 2006-2013 har halterna minskat något (runt 10 %) i Svealand och Götaland. I Norrland har haltnivåerna legat på i stort sett samma nivå över hela tidsperioden.

Under hela 2000-talet har uppmätta halter varit högst i Svealand-Stockholmsregionen. Lägst halter har under perioden mätts upp på stationerna i Norrland-västra. Figuren visar också att det är skillnader mellan uppmätta halter inom Norrland, Svealand respektive Götaland. I Norrland har halterna under 2000-talet varit ca 40-50 % högre i områdets östra delar jämfört med de västra. I Svealand har uppmätta halter i Stockholmsregionen varit ca 75-85% högre jämfört med uppmätta halter i inlandet. Haltnivåerna skiljer sig även mellan Götaland-inlandet och Götaland-kust och Skåne. I Skåne och vid kusten har halterna av  $\text{NO}_2\text{-N}$  varit 55-60 % högre jämfört med i inlandet. Modellerade halter av  $\text{NO}_2$  visar att de högsta koncentrationerna finns i områdena runt Stockholm och Göteborg samt i västra Skåne.

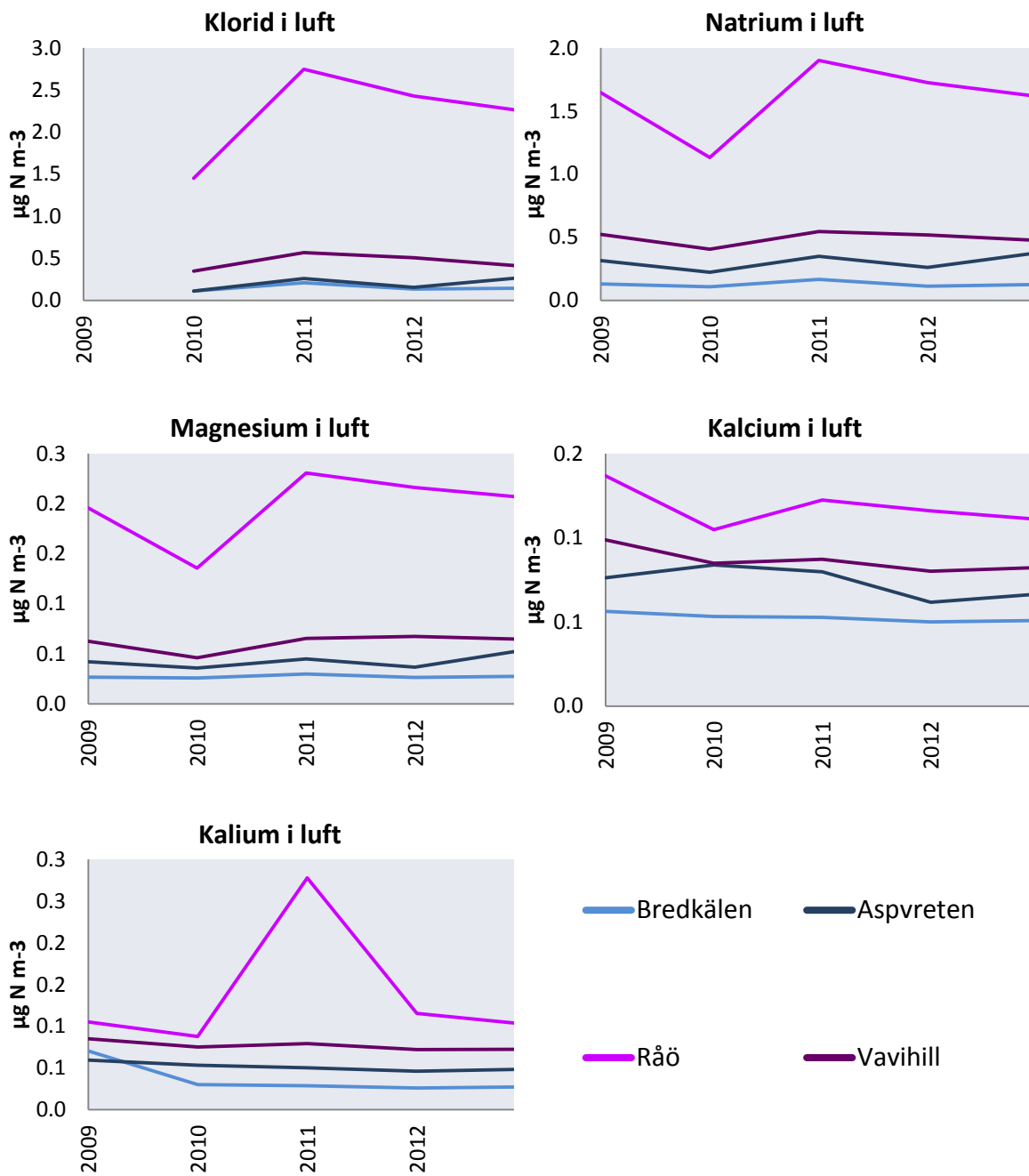


**Figur 6** Årsmedelhalter av  $\text{NO}_2\text{-N}$  i luft ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) i Norrland, Svealand och Götaland 2000-2013. Årsmedelvärdena har beräknats genom att medelvärdesbilda uppmätta halter i luft från mätstationer i respektive region enligt Bilaga 3.

### 3.1.1.3 Klorid, natrium, magnesium, kalcium och kalium

I januari 2009 påbörjades dygnsvisa mätningar av klorid, natrium, magnesium, kalcium och kalium i luft vid EMEP-stationerna Vavihill, Råö, Aspvreten och Bredkålen. Resultaten redovisas i Figur 7 som årsmedelvärden för respektive station och parameter.





**Figur 7** Årsmedelhalter av klorid, natrium, magnesium, kalcium och kalium i luft (partikelfas  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) under 2009-2013.

Generellt uppvisar haltnivåerna av klorid, natrium, magnesium, kalcium och kalium samma avtagande gradient från söder till norr som för övriga mätta parametrar. Uppmätta halter är lägst i Bredkålen och högst i Råö. Att halterna av speciellt klorid, natrium och magnesium är högst i Råö beror på att stationen är belägen nära havet på västkusten, söder om Göteborg.

### 3.1.2 Nederbörd och deposition

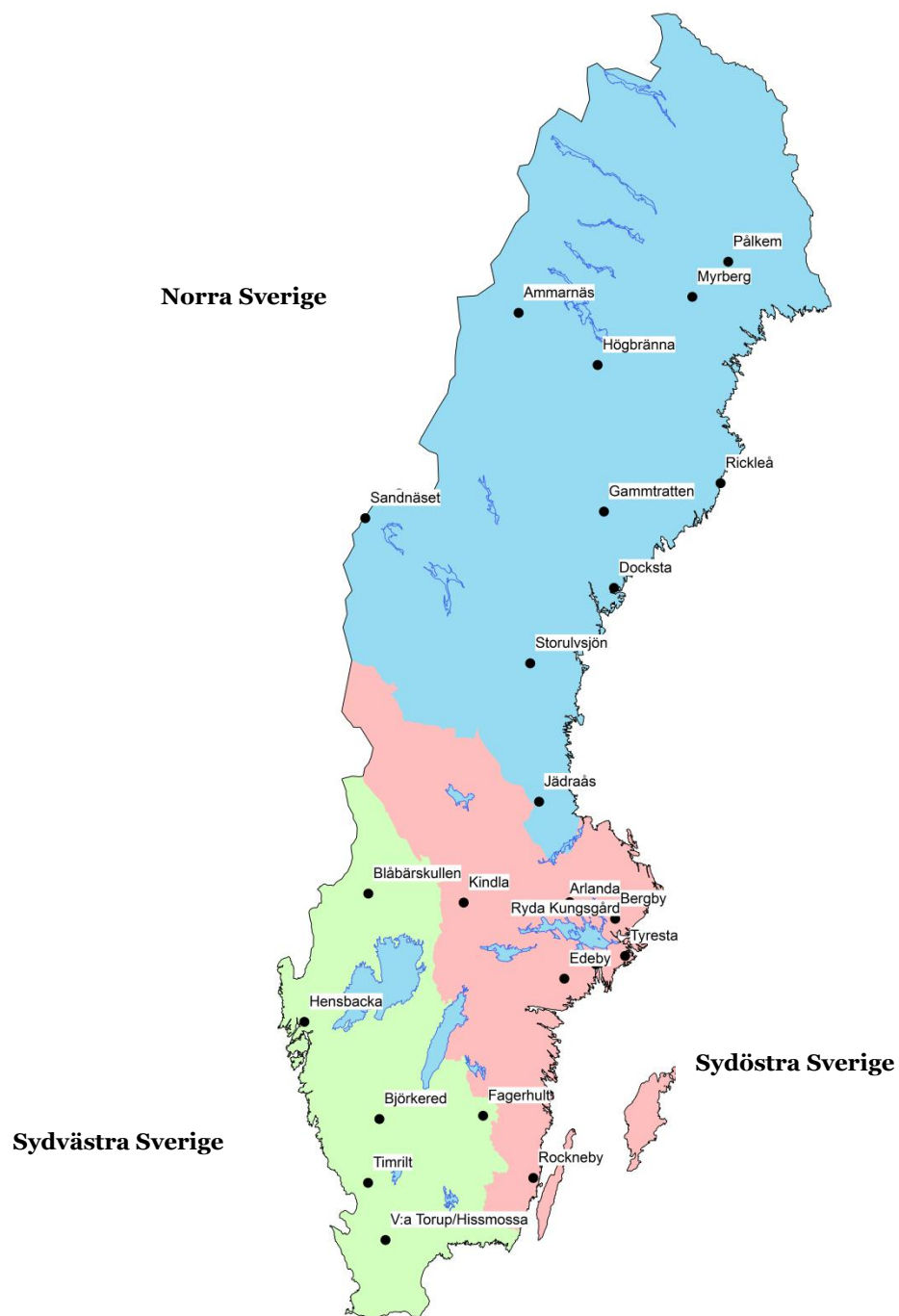
Även halter i nederbörd av bland annat olika försurande och övergödande ämnen mäts inom fyra olika mätnät; EMEP, LNKN, Krondroppsnätet och IM (se avsnitt 1.1). Figur 8 visar den nationella indelning som gjorts för nederbördsanalysen. Indelningen är samma som används inom miljömålsuppföljningen (<http://www.miljomal.se/Miljomalen/Alla-indikatorer/Indikator sida/Fordjupning/?iid=100&pl=1&t=Land&l=SE>).

Mätningarna av nedfall över öppet fält inkluderar våtdeposition och speglar därför inte den totala depositionen. Dock ingår även en mindre del torrdeposition till trattarna. Generellt kan torrdepositionen till trattarna uppskattas till cirka 10% av den totala depositionen i bulkprovtagarna i södra Sverige för de flesta parametrarna, förutom natrium där torrdepositionen till trattarna är högre, cirka 25 % av den totala depositionen till bulkprovtagarna (Hellsten & Westling, 2006). Ju längre norrut i Sverige desto lägre torrdeposition till trattarna (Karlsson m. fl., 2011)

Dataanalysen har för nederbörd koncentrerats till perioden 2000-2013 uppdelat på tre olika områden i Sverige. Figurerna baseras på kalenderår och endast stationer där alla års data finns är med i trendanalysen. I Figur 8 och i Tabell 1 visas vilka stationer som ingår i trendanalysen. I analysen ingår även en del stationer som ej finansieras av Naturvårdsverket utan av kunderna inom Krondroppsnätet.

Inom de olika mätnäten hanteras saknade värden på lite olika sätt, beroende på syftet med mätnäten. Inom Krondroppsnätet görs en uppskattning av saknade värden främst utifrån omkringliggande stationer, inom EMEP samt LNKN görs ingen liknande ersättning varför data från en del månader i dessa mätnät kan saknas. Då tre eller fler månader saknas har dessa stationer inom LNKN uteslutits i denna analys. I denna analys kan data från stationer där det saknas upp till två månader vara med, dock har nederbördsmängden då korrigerats så att den motsvarar 12 månader. Halterna kan dock fortfarande vara 10 eller 11 månader (ej korrigerade). Data från EMEP har uteslutits då problem med själva lockprovtagarna vid några av mätstationerna uppmärksammats.

Statistisk analys av trender har skett med Mann-Kendall-analys. Alla data från analysen presenteras i Bilaga 4 tillsammans med en beskrivning av metoden. Man bör dock betänka att den statistiska analysen gjorts på ett medelvärde för depositionen för de olika områdena, och att enskilda stationer kan ha en statistisk säkerställd förändring som ej redovisas i denna analys. En ytterligare faktor som bör beaktas är att endast de lokaler som uppfyller ovan ställda krav på datatäckning har ingått, dvs. ingen representativitetsaspekt för de olika stationerna i de tre områdena har ingått i analysen.



**Figur 8** Karta över de mätstationer som ingår i analysen av nederbördsmätningarna.

**Tabell 1** Mätplatser som ingår i områdesindelning för analys av nederbörd.

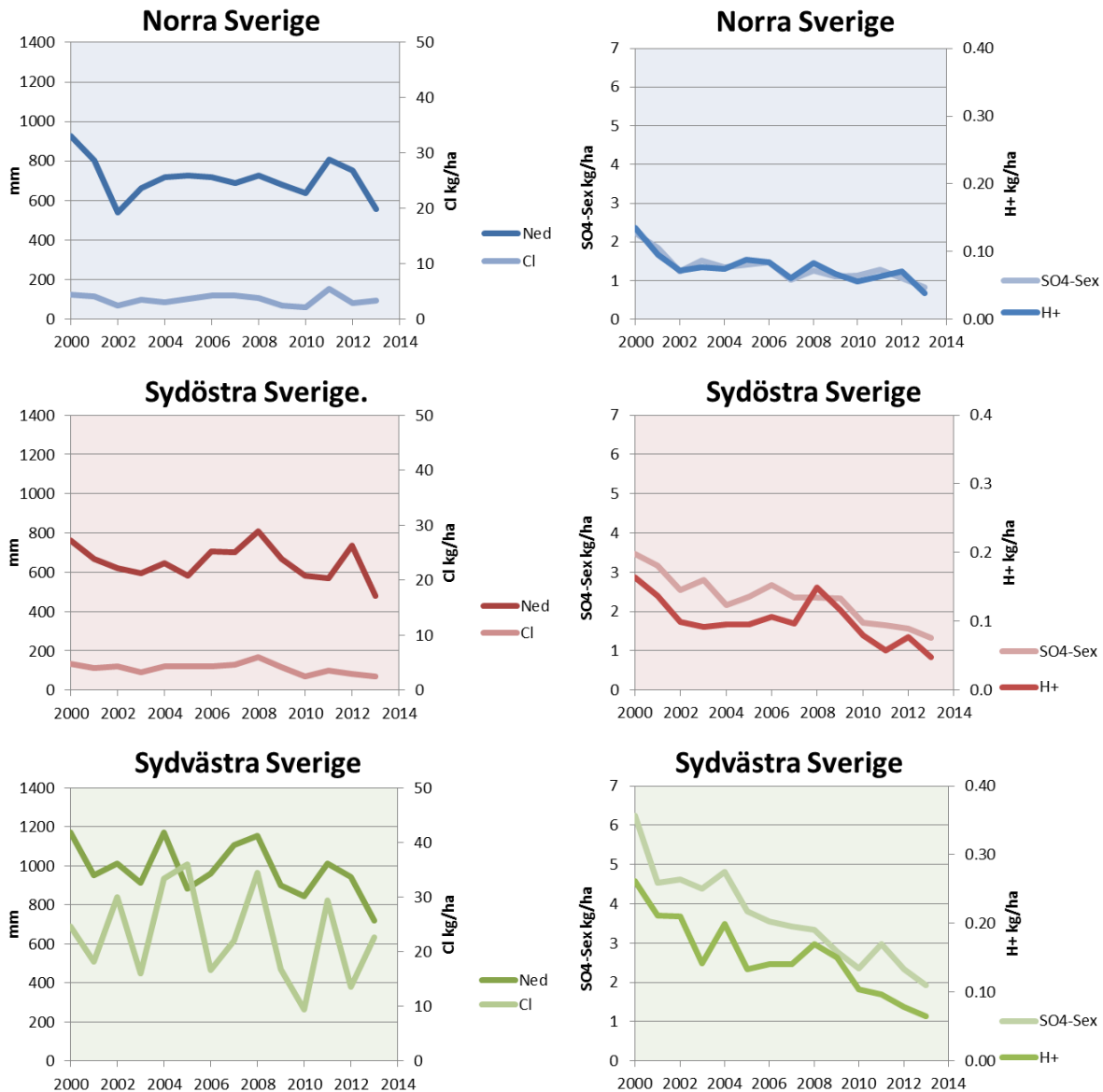
Område	Mätstation
<b>Norra Sverige</b>	Ammarnäs, Docksta, Gammtratten, Högrännan, Jädraås, Myrberg, Pålkem, Rickleå, Sandnäset, Storulvsjön
<b>Sydöstra Sverige</b>	Arlanda*, Bergby*, Edeby, Farstanäs, Kindla, Rockneby, Ryda Kungsgård, Tyresta
<b>Sydvästra Sverige</b>	Björkered*, Blåbärskullen, Fagerhult, Hensbacka, Timrilt, V:a Torup/Hissmossa

- \*Finansieras ej av Naturvårdsverket

Nederbördsmängd samt depositionen av klorid, svavel och H+ vid de olika områdena 2000-2013 visas i Figur 9. När det gäller nederbördsmängderna finns ingen statistiskt säkerställd trend för något av de 3 olika områdena. Nederbördsmängden är högst i de sydvästra delarna av Sverige. Under 2013 var nederbördsmängderna generellt mycket låga över Sverige. Att nederbördsmängden spelar en stor roll för depositionen är tydlig för flertalet analyserade ämnen. Exempelvis var depositionen relativt hög för flera ämnen under 2011 då nederbördsmängden var hög, och depositionen var låg för flera ämnen under 2013 då nederbördsmängden var låg.

Även kloriddepositionen var som väntat högst i sydvästra Sverige. Inte heller när det gäller kloriddepositionen finns någon statistiskt säkerställd trend. När det gäller svavel visar en statistisk analys på en minskning mellan 49-62 % av svaveldepositionen (utan bidrag från havssalt) under perioden 2000-2013 för alla tre områdena i Sverige. Mest har svaveldepositionen minskat i sydvästra Sverige och minst i norra Sverige där belastningen varit lägst. Liksom svaveldepositionen finns även för depositionen av H+ en statistiskt säkerställd minskning för alla tre områden i Sverige. Vätejondepositionen kan användas som ett mått på den försurande belastningen. Minskningen under perioden 2000-2013 var 43 % i norra Sverige, 51 % i sydöstra Sverige och 69 % i sydvästra Sverige. Under 2013 var svavel- och vätejondepositionen relativt låg vilket främst kan förklaras med att nederbördsmängderna var låga.

Under perioden 2000-2010 minskade de rapporterade, samlade svavelutsläppen från EU-27 med ca 55 %. Minskningen av svavelnedfallet med nederbörden över Sverige ligger således på ungefär samma nivå som utsläppsminskningarna.

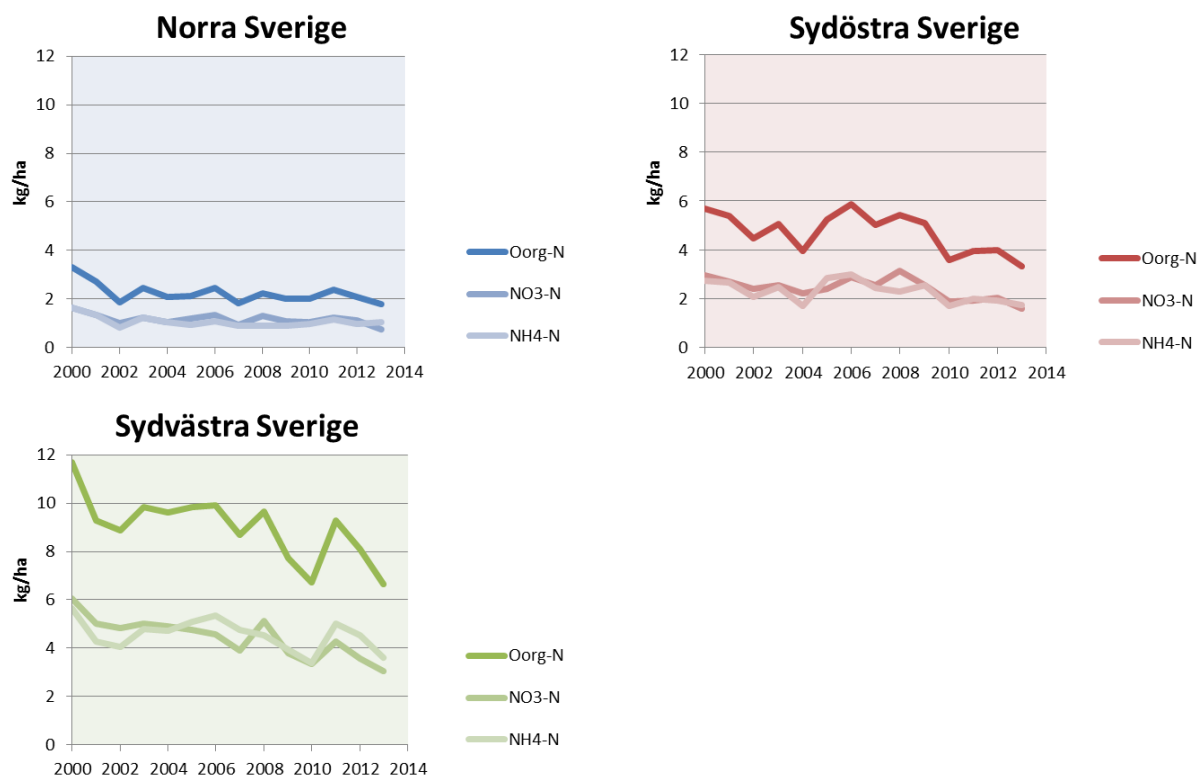


**Figur 9** Medelnederbördsmängd samt depositionen av klorid, svavel samt H+ för de olika områdena över Sverige under 2000-2013.

Kvävedepositionen, både som totalt oorganiskt kväve och uppdelat på nitrat- respektive ammoniumkväve, på årsbasis i de olika områdena under perioden 2000-2013 visas i Figur 10. Depositionen av oorganiskt kväve (nitrat + ammoniumkväve) har minskat signifikant i alla tre områden i Sverige. Mest har depositionen av oorganiskt kväve minskat i sydöstra Sverige (30 %) och minst i norra Sverige (25 %) där belastningen varit lägst. Om man ser till enskilda lokaler har oorganiskt kväve minskat i sydöstra Sverige endast vid en lokal (Bergby) av totalt 8 lokaler i området, i sydvästra Sverige vid två lokaler (Hensbacka och Västra Torup/Hissmossa) av totalt 6 lokaler som ingår i området. För enbart ammoniumkväve finns ingen statistiskt säkerställd förändring för något av de tre områdena. Nitratkväve däremot har minskat med 40 % i sydvästra Sverige och med 33 % i sydöstra Sverige sedan år 2000. Om man ser till enskilda lokaler har nitratkväve minskat i sydöstra Sverige endast vid två av totalt 8 lokaler i området, i sydvästra Sverige vid fem av totalt 6 lokaler som ingår i området. I norra Sverige finns inga statistiskt säkerställda

förändringar för nitratkväve. Även kvävedepositionen var låg under 2013, vilket även det främst kan förklaras med att nederbördsmängderna var låga.

Under perioden 2000-2010 minskade de rapporterade, samlade utsläppen av nitrat från EU-27 med ca 27 %, medan utsläppen av ammoniak endast minskade 11 %. Minskningen av nitratnedfallet med nederbörden över Sverige ligger således på ungefär samma nivå som utsläppsminskningarna. Den relativt sett begränsade minskningen av ammoniakutsläppen från Europa förklarar sannolikt till viss del varför nedfallet av ammonium över Sverige inte minskar signifikant.



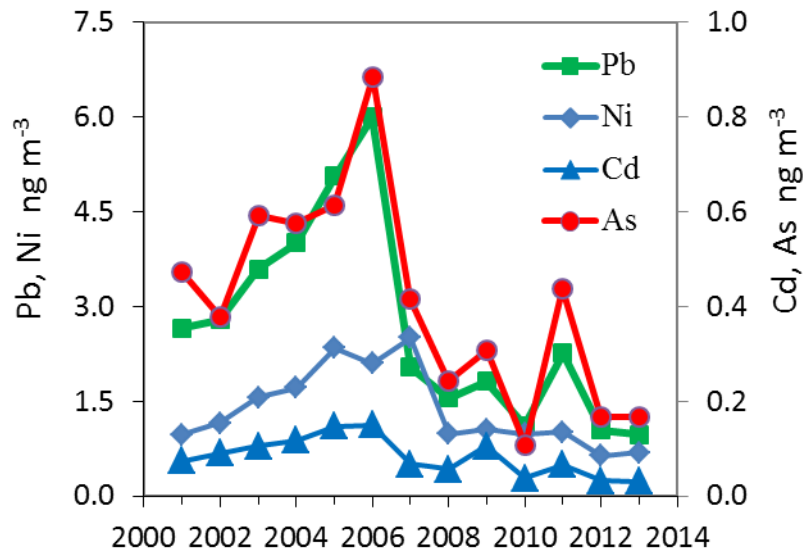
**Figur 10** Deposition av oorganiskt kväve samt nitrat- och ammoniumkvävedeposition för de olika områdena över Sverige under 2000-2013.

## 3.2 Metaller

### 3.2.1 Luft

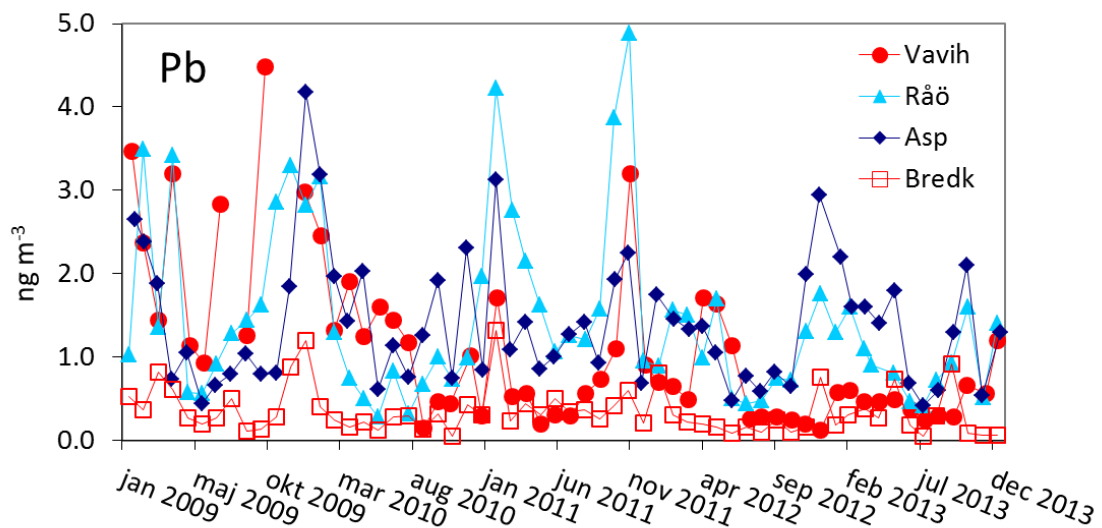
I Figur 11 visas resultaten från mätningar av tungmetaller på partiklar vid Råö-stationen under perioden 2001 till 2013. Resultaten från 2001 - 2008 är uppmätta med annan metod för partikelprovtagning, se Bilaga 1, och har tagits med som jämförelse. Resultatet indikerar en viss samvariation mellan de olika metallerna med förhöjda halter kring år 2006. Speciellt ter sig samvariationen mellan bly och arsenik vara stor, men även nickel och kadmium uppvisar en liknande trend. Samvariationen beror troligtvis på att metallerna har gemensamma källor. Bly, arsenik och kadmium förekommer i flygaska och emitteras vid förbränning av kol för energiproduktion och vid sopförbränning etc. Nickel är förknippat med förbränning av olja men emitteras också vid förbränning av kol (Bradl, 2005). Förhöjda lufthalter av tungmetaller i Sverige beror till stor del på långväga transport, d.v.s. import av emissioner från andra europeiska länder.

Via modellering uppskattades mer än 85 % av den totala antropogena depositionen av bly, kadmium och kvicksilver i Sverige under år 2010 bero på import (EMEP Status Report 2/2012).

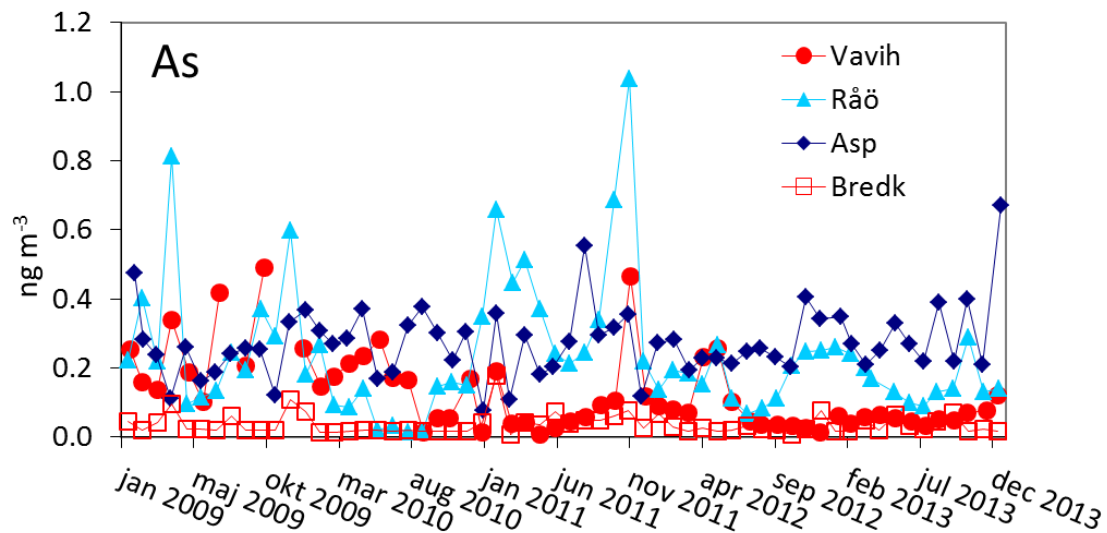


**Figur 11** Årsmedelvärden av tungmetaller på partiklar mätt vid Råö-stationen under perioden 2001 – 2013. Observera att Pb och Ni (vänster y-axel), respektive Cd och As (höger y-axel) har olika skalor.

Figur 12 och Figur 13 visar månadsmedelhalter i luft av partikulärt bly och arsenik vid fyra EMEP-stationer i Sverige under 2009-2013. En geografisk trend med låga värden i Bredkålen i norr och högre halter i söder kan skönjas. Dessutom framträder en årtidsvariation i de uppmätta blyhalterna med förhöjda halter vintertid, vilket kan förmodas bero på högre värmeproduktion med hjälp av fossila bränslen på vintern.



**Figur 12** Månadsmedelvärden av partikelbundet bly från mätningar vid 4 mätstationer under 2009-2013.

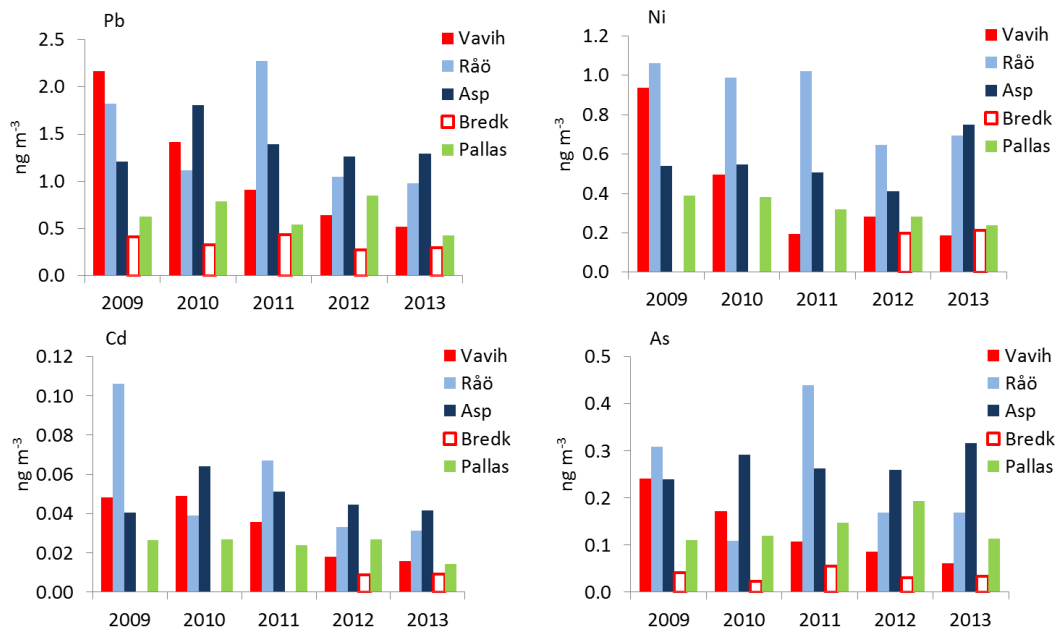


**Figur 13** Månadsmedelvärden av partikelbundet arsenik från mätningar vid 4 mätstationer under 2009-2011.

Figur 14 visar årsmedelhalter halter av bly, nickel, kadmium och arsenik vid fyra mätstationer i Sverige samt i Pallas i norra Finland under perioden 2009 till 2013. Halterna av nickel och kadmium vid Bredkälven är inte medtagna under 2009 till 2011 eftersom dessa var lägre än den använda mätmetodens detektionsgräns. Under 2009 är även flera mätvärden av kadmium under detektionsgränsen vid Råö och samma sak gäller även för nickel under 2010. Varför nedfallet av tungmetaller förefaller vara större i Pallas än i Bredkälven har inte utretts, men närhet till Ryssland kan möjligen vara en förklaring. Dessutom är Finlands energiproduktion i mycket större utsträckning än den svenska baserad på förbränning av fossila bränslen (Eurostat, 2014). Det kan konstateras att halterna som visas i Figur 14 är låga i förhållande till de nedre utvärderingströsklar som är angivna för bly ( $250 \text{ ng m}^{-3}$ ), nickel ( $10 \text{ ng m}^{-3}$ ), kadmium ( $2 \text{ ng m}^{-3}$ ) och arsenik ( $2,4 \text{ ng m}^{-3}$ ) i Luftkvalitetsförordningen (SFS 2010:477).

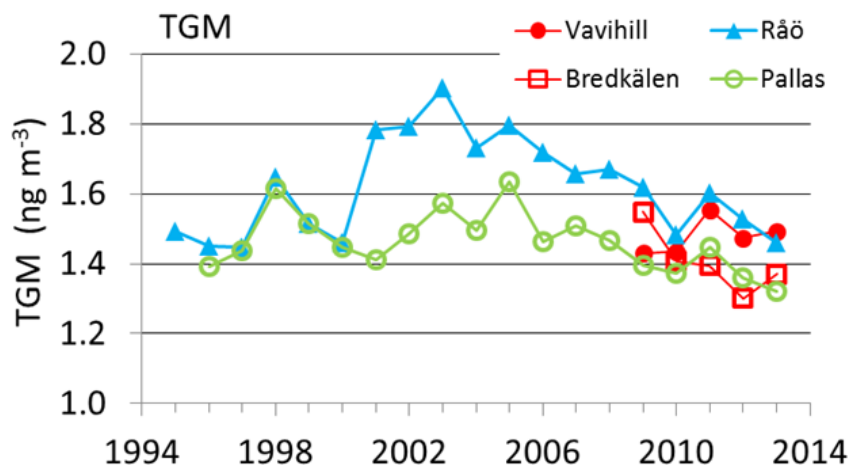
De högsta halterna av nickel och arsenik har uppmätts vid stationerna Råö och Aspveten. Medelvärdena av nickel- och arsenikhalterna under perioden 2009 till 2013 motsvarade cirka 10% av respektive nedre utvärderingströsklar på de båda mätstationerna. De högsta bly- och kadmiumhalterna har mätts på Råö och medelvärdena av dessa metaller under perioden 2009 till 2013 uppgick till 0,6% och 3% av respektive nedre utvärderingströsklar.





**Figur 14** Årsmedelhalter av partikelbundet bly, nickel, kadmium och arsenik vid fyra svenska mätstationer samt Pallas i norra Finland under perioden 2009 - 2013.

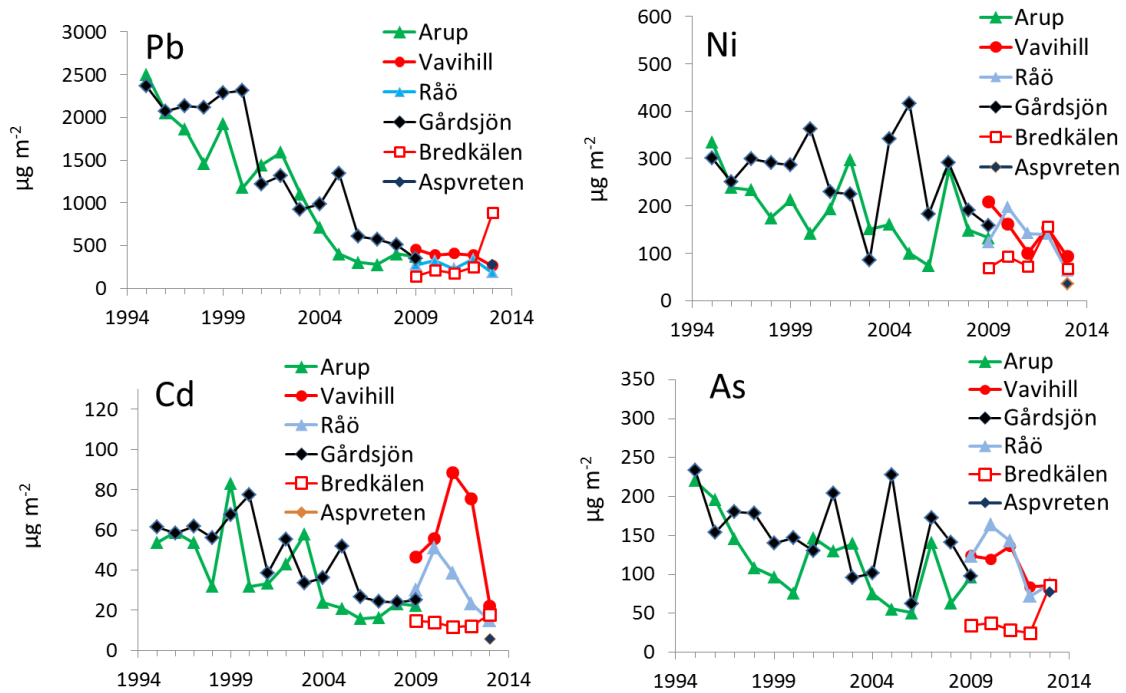
Figur 15 visar årsmedelhalter av totalt gasformigt kvicksilver (TGM). Medelvärden av TGM från Bredkälven år 2009 är baserat på en delmängd av erhållna mätdata på grund förmodade mätproblem. Mellan 1985-1989 var medelhalten av kvicksilver vid Råö 3,2 ng m<sup>-3</sup> (Iverfeldt m.fl., 1995), men har till följd av minskade utsläpp av kvicksilver från egna och europeiska källor minskat till dagens nivå kring 1,4 – 1,6 ng m<sup>-3</sup>. Det här motsvarar bakgrundshalten av kvicksilver i norra hemisfären, vilken uppskattades till 1,7 ng m<sup>-3</sup> för perioden 1996 – 2000 (Slemr m.fl., 2003). Dock tycks kvicksilver ytterligare ha minskat i bakgrundsluft i norra Europa under senare tid. Mätningar på Mace Head på Irland (Ebinghaus m.fl. 2011) indikerar att årsmedelhalten där har minskat med i genomsnitt 0,03 ng m<sup>-3</sup> per år under det senaste decenniet. En liknande trend kan även skönjas vid Råö och i Pallas.



**Figur 15** Totalt gasformigt kvicksilver (TGM) vid Råö och Pallas i norra Finland. Årsmedelvärden vid Bredkälven och Vavihill från 2009 - 2013 visas också.

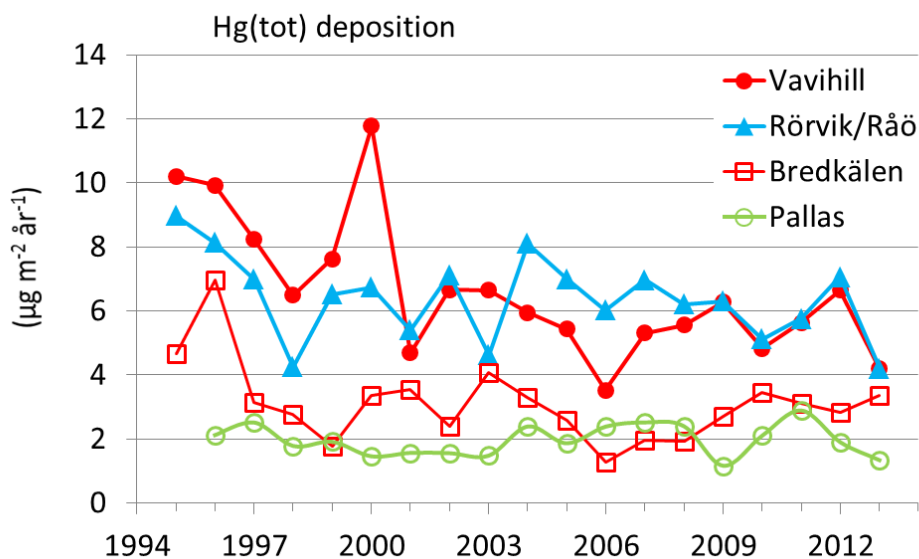
### 3.2.2 Nederbörd och deposition

I Figur 16 visas deposition av bly, nickel, kadmium och arsenik. Från stationerna Vavihill, Råö och Bredkålen finns endast data från 2009 – 2013 och från Aspvreten endast från och med februari 2013. Även resultat från de två mätstationerna Arup och Gårdsjön, som tidigare ingick i det nationella övervakningsprogrammet, redovisas i Figur 16. Av figuren framgår bland annat att depositionen av bly vid både Arup och Gårdsjön har minskat med en faktor 4 - 5 sedan mitten av 1990-talet. En starkt bidragande orsak till minskningen är att man i Sverige och övriga Europa då slutade använda bensin med blytillsats.



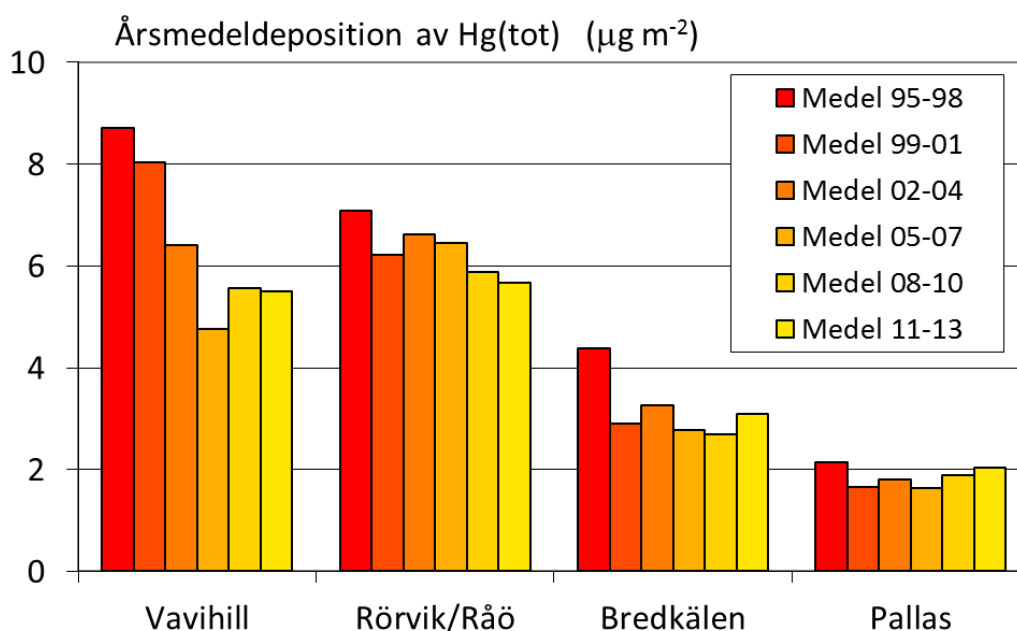
**Figur 16** Deposition av bly, nickel, kadmium och arsenik vid svenska mätstationer.

Figur 17 visar kvicksilverdeposition från Vavihill i söder till Pallas i norr. Både en geografisk trend, med högre kvicksilverdeposition i söder i jämförelse med de nordliga stationerna, och en tidsmässigt avtagande trend för de sydligt belägna stationerna Vavihill och Rörvik/Råö kan skönjas.



Figur 17 Deposition av Hg(tot) vid svenska mätstationer samt vid Pallas, norra Finland.

Figur 18 visar kvicksilverdeposition, presenterad som 4-årsmedelvärden (perioden 1995-1998), samt 3-årsmedelvärden under 1999 till 2013. Kviksilverdepositionen minskade under senare delen av 1990-talet vid Vavihill, Rörvik/Råö och Bredkålen som en följd av minskande kvicksilverhalter i nederbörd, trots att nederbördsmängderna ökat något.



Figur 18 Medelvärden av deposition av Hg(tot).

### 3.3 Organiska ämnen

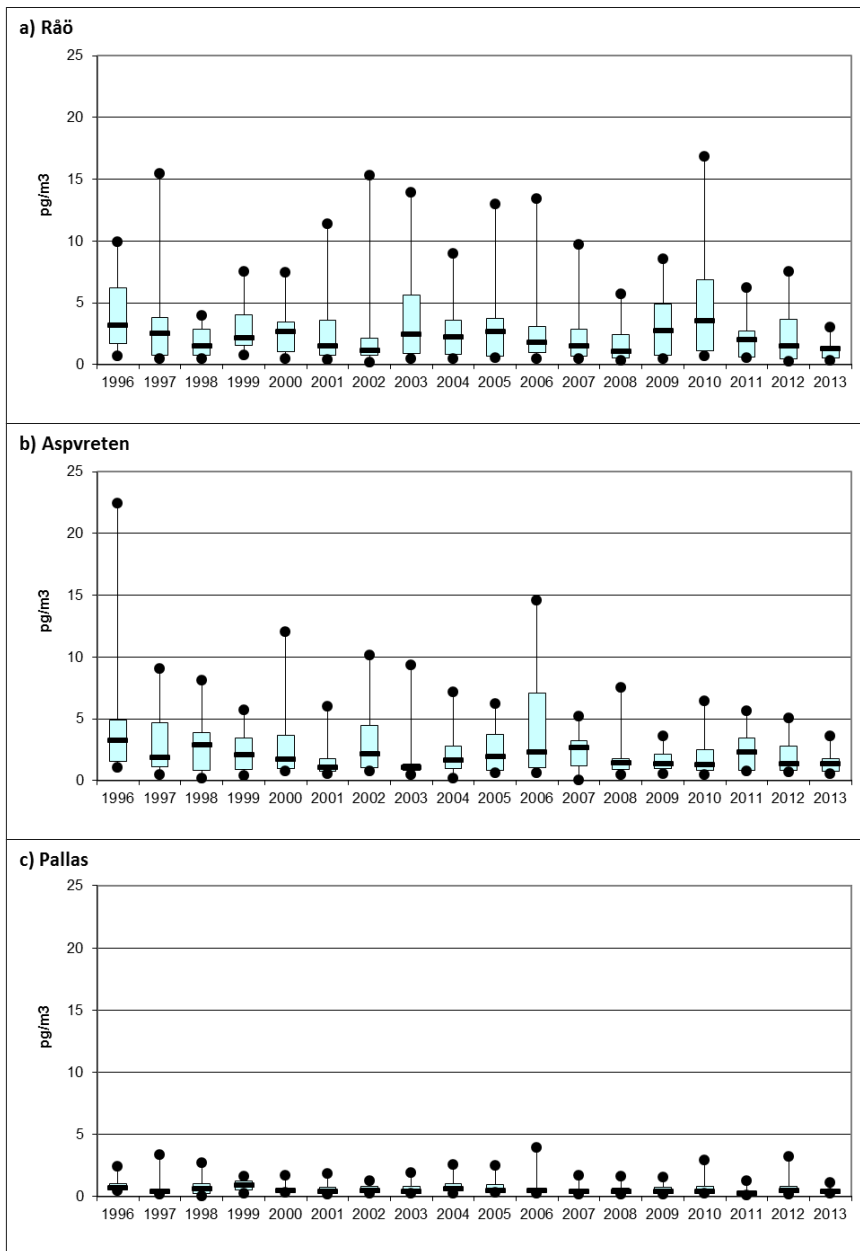
I figurerna nedan presenteras resultat från mätningar utförda mellan 1996 och 2013. En jämförelse av halter görs dock generellt för de sista fem mätåren (2009-2013) och motsvarar perioden med det nya, utökade mätprogrammet. Fram till 2001 (Råö) och 2008 (Aspvreten och Pallas) genomfördes mätningarna med en frekvens på 1 vecka per månad för att därefter övergå till kontinuerliga månatliga mätningar.

#### 3.3.1 Organiska miljögifter i luft och deposition

##### 3.3.1.1 Polycykliska Aromatiska Kolväten (PAH)

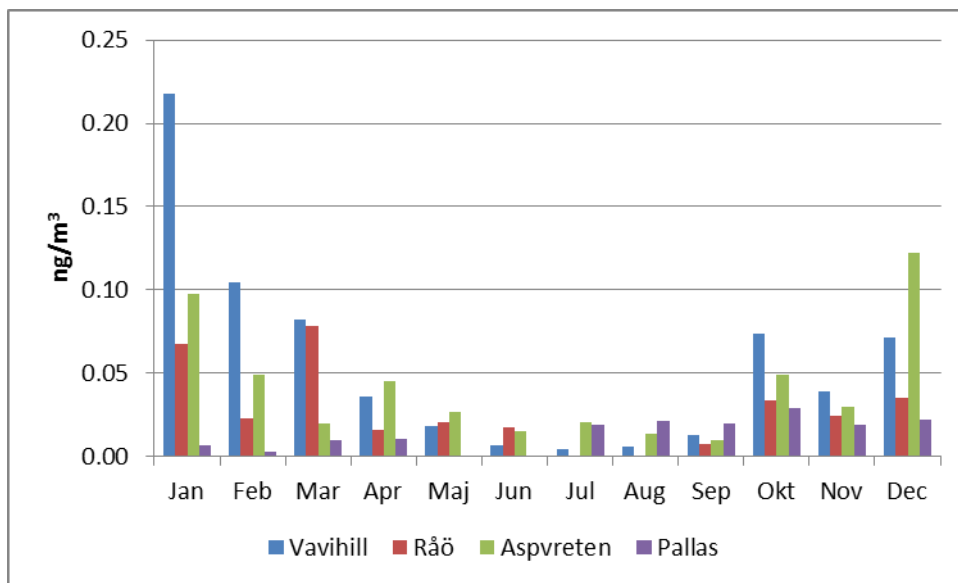
PAH resultaten redovisas som "box whisker plots", där gränsen av själva boxen representerar 25- och 75-percentilen, linjen inne i boxen medianvärdet samt min- och maxvärden som svarta prickar.

Årsmedelhalterna av PAH (summa 12, se Bilaga 1) i luft vid Råö och Pallas för åren 1996 till 2013 visas i Figur 19. Sedan starten av mätprogrammet har resultaten inte visat på någon tydlig minskning, däremot förekommer en mellanårsvariation. Halten av PAH i luft har generellt varit högre vid Råö och Aspvreten jämfört med vid Pallas. Under 2009 till 2013 har årsmedelhalterna varierat mellan 2.1-5.5  $\mu\text{g m}^{-3}$  vid Råö, 1.5-2.3  $\mu\text{g m}^{-3}$  vid Aspvreten samt 0.4-0.88  $\mu\text{g m}^{-3}$  vid Pallas. Årsmedelhalten av summa (12) PAH (2012-2013) vid Vavihill låg mellan 0.86-1.2  $\mu\text{g m}^{-3}$ .



**Figur 19** Medelårshalten av PAH (summa 12) i luft vid a) Råö, b) Aspvreten och c) Pallas.

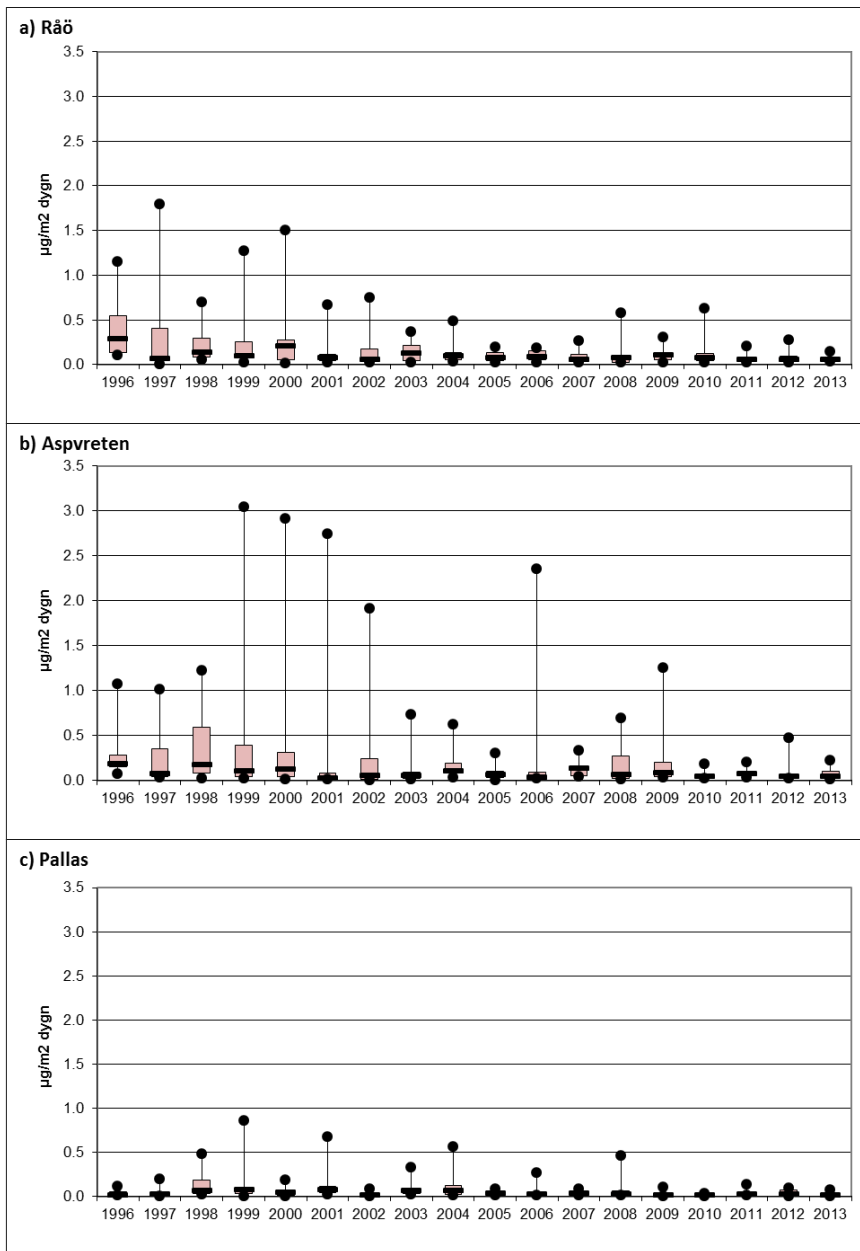
Som ett exempel på årstidsvariation visas i Figur 20 en av PAH:erna, benso(a)pyren. Halten benso(a)pyren var under 2013, i likhet med andra år, högst under den kalla årstiden. MKN för benso(a)pyren,  $1 \text{ ng m}^{-3}$  som årsmedelvärde, överskreds inte vid någon av stationerna.



**Figur 20** Halten benso(a)pyren i luft 2013 vid Vavihill, Råö, Aspvreten och Pallas.

Depositionen av PAH (summa 12) vid Råö, Aspvreten och Pallas för åren 1996 till 2013 visas i Figur 21. Med undantag av de första mätåren vid Råö och Aspvreten har den uppskattade depositionen av PAH varit relativt likartad från år till år. Under perioden 2009-2013 har depositionen varierat mellan 0.063-0.12  $\mu\text{g m}^{-2}$ ,  $\text{dygn}^{-1}$  vid Råö, 0.061-0.22  $\mu\text{g m}^{-2}$ ,  $\text{dygn}^{-1}$  vid Aspvreten och 0.019-0.04  $\mu\text{g m}^{-2}$ ,  $\text{dygn}^{-1}$  vid Pallas. Under samma period har deposition av PAH varierat mellan 0.081 till 0.15  $\mu\text{g m}^{-2}$ ,  $\text{dygn}^{-1}$  i Vavihill.

Depositionen i norr är något lägre än vid de södra stationerna.



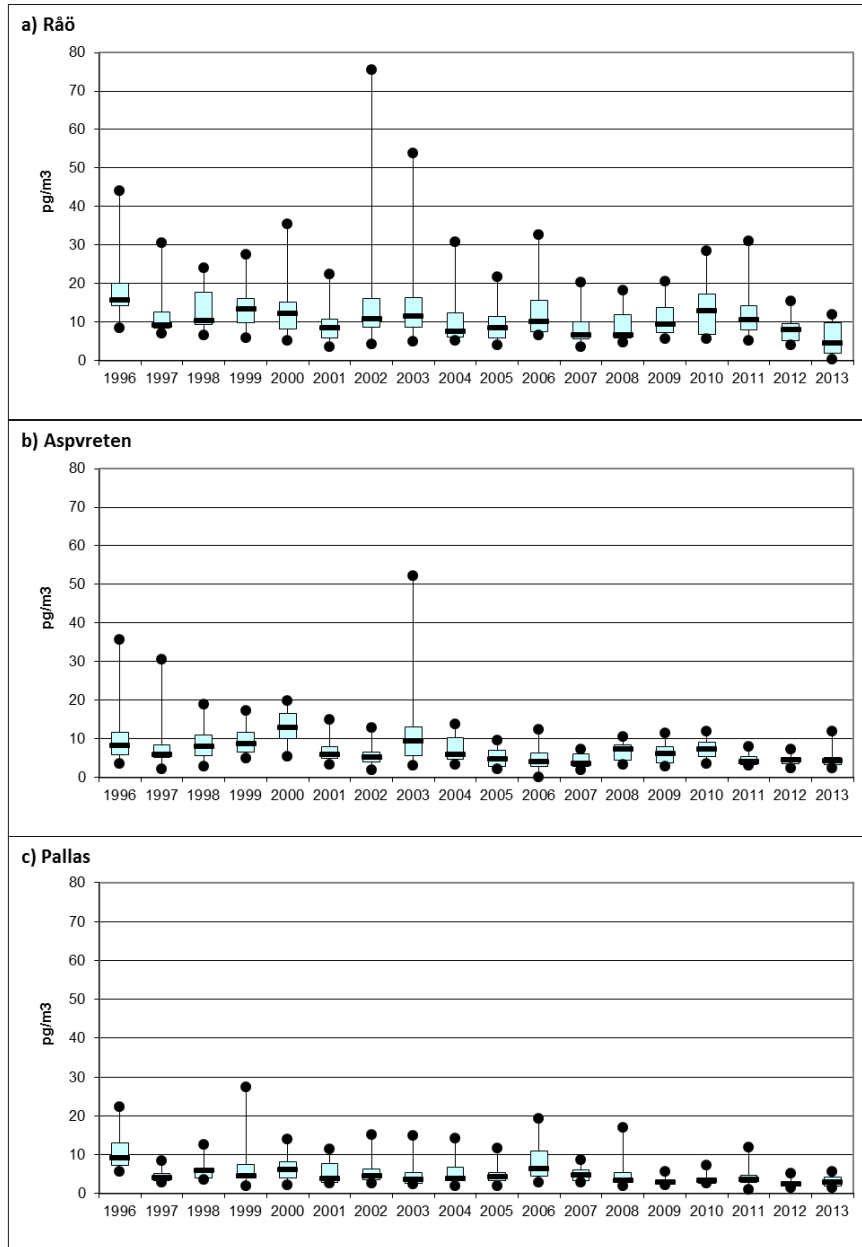
Figur 21 Deposition av PAH (summa 12) vid a) Råö, b) Aspvreten och c) Pallas.

### 3.3.1.2 Polyklorerade Bifenyl (PCB)

PCB-resultaten redovisas som "box whisker plots", där gränsen av själva boxen representerar 25- och 75-percentilen, linjen inne i boxen medianvärdet samt min- och maxvärden som svarta prickar.

Årsmedelhalterna av PCB (summa 7, se Bilaga 1) i luft vid Råö och Pallas för åren 1996 till 2013 visas i Figur 22. Resultaten från tidigare mätningar genomförda vid Råö och Pallas visade att PCB-halterna minskat vid båda stationerna sedan starten av mätprogrammet (Brorström-Lundén et al., 1994). Generellt har minskningen klingat av, och under de senaste åren ligger halterna på samma nivåer.

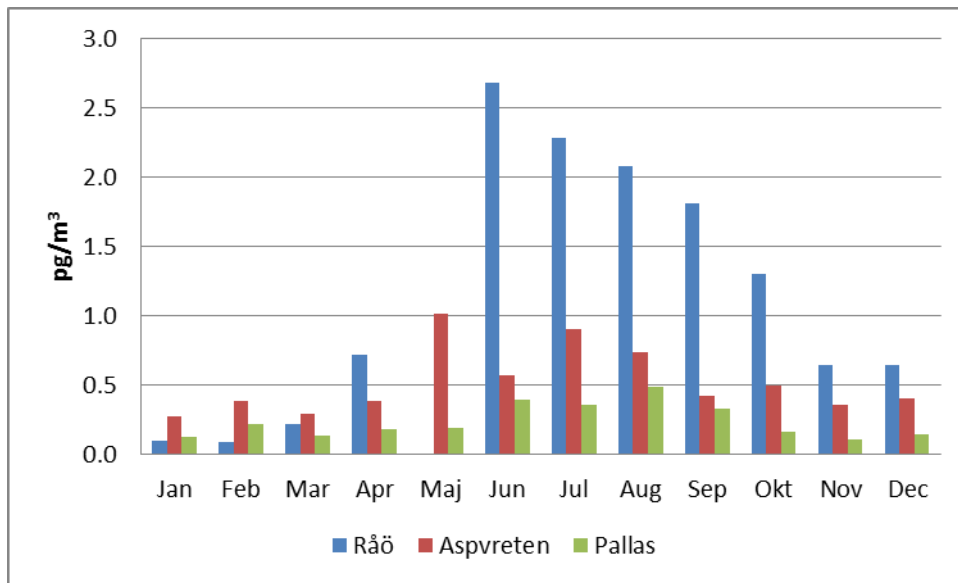
Mätningar visar också att årsmedelhalten av PCB varierar mellan åren för de olika stationerna. Halterna har generellt varit högre på västkusten (Råö) jämfört med ostkusten (Aspvreten) och finska Lappland (Pallas). Halten PCB varierade 2009-2013 mellan 6.1-14 pg m<sup>-3</sup> vid Råö, 4.3-6.0 pg m<sup>-3</sup> vid Aspvreten samt 2.6-4.1 pg m<sup>-3</sup> vid Pallas.



**Figur 22** Årsmedelhalten PCB (summa 7) i luft vid a) Råö, b) Aspvreten och c) Pallas.

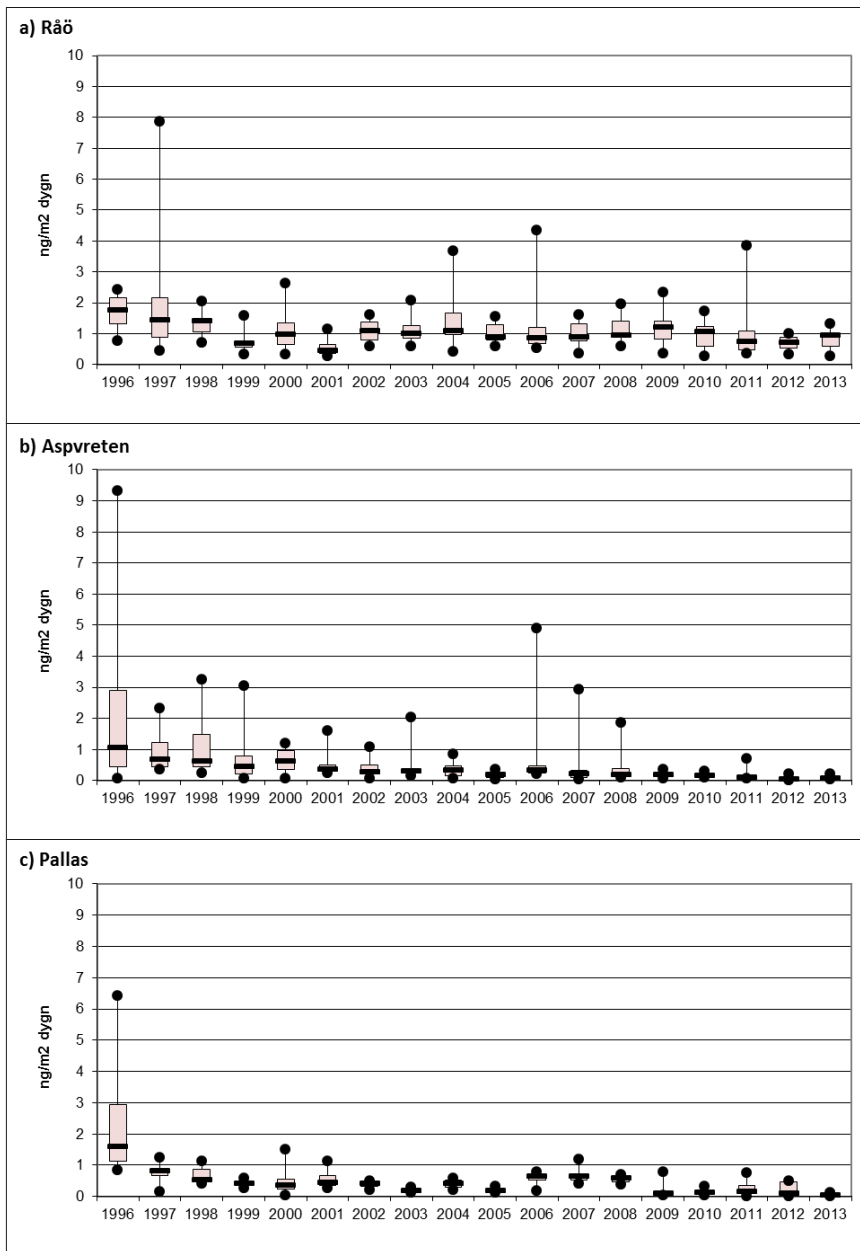
I Figur 23 visas som exempel årstidsvariationen av PCB-153. Den högsta halten under 2013 förekom, i likhet med andra år, under sommaren och de lägsta koncentrationerna under vinterhalvåret. Värdet för maj vid Råö avviker pga. analysproblem och har därför tagits bort.





**Figur 23** Halten PCB-153 i luft 2013 vid Råö, Aspvreten och Pallas.

Depositionen av PCB (summa 7) för åren 1996-2013 vid Råö, Aspvreten och Pallas presenteras i Figur 24. Undantaget Aspvreten (1996-2000) och de första mätåren vid Råö och Pallas har depositionen varit relativt likartad från år till år vid alla tre stationerna. Halterna på Råö var något högre jämfört med Aspvreten och Pallas. Under 2009-2013 varierade halterna mellan 0.70-1.2 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup> (Råö), 0.15-0.21 pg m<sup>-3</sup> vid Aspvreten samt 0.14-0.50 pg m<sup>-3</sup> vid i Pallas.



Figur 24 Deposition av PCB (summa 7) vid a) Råö, b) Aspvreten och c) Pallas.

### 3.3.1.3 Hexaklorbensen (HCB)

Mellan 2008-2013 varierade årsmedelhalten hexaklorbensen (HCB) i luft mellan 16-32  $\mu\text{g m}^{-3}$  vid Råö, 18-36  $\mu\text{g m}^{-3}$  vid Aspvreten och 20-51  $\mu\text{g m}^{-3}$  vid Pallas. Dessa värden kan vara underskattade p.g.a. provtagningsmetodiken.

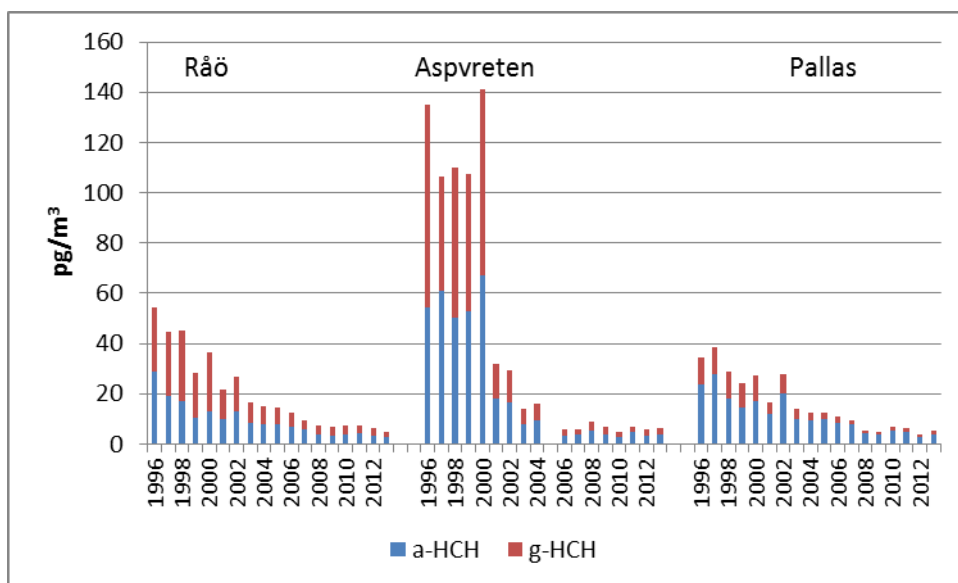
Depositionen av HCB varierade under 2008 till 2013 mellan 0.084-0.23  $\text{ng m}^{-2}$ ,  $\text{dygn}^{-1}$  vid Råö, 0.071-0.14  $\text{ng m}^{-2}$ ,  $\text{dygn}^{-1}$  vid Aspvreten och 0.063-0.17  $\text{ng m}^{-2}$ ,  $\text{dygn}^{-1}$  vid Pallas.

### 3.3.1.4 Pesticider (reglerade inom internationella konventioner och EU-direktiv)

#### 3.3.1.4.1 Hexaklorocyklohexan (HCH), Klordaner, DDT

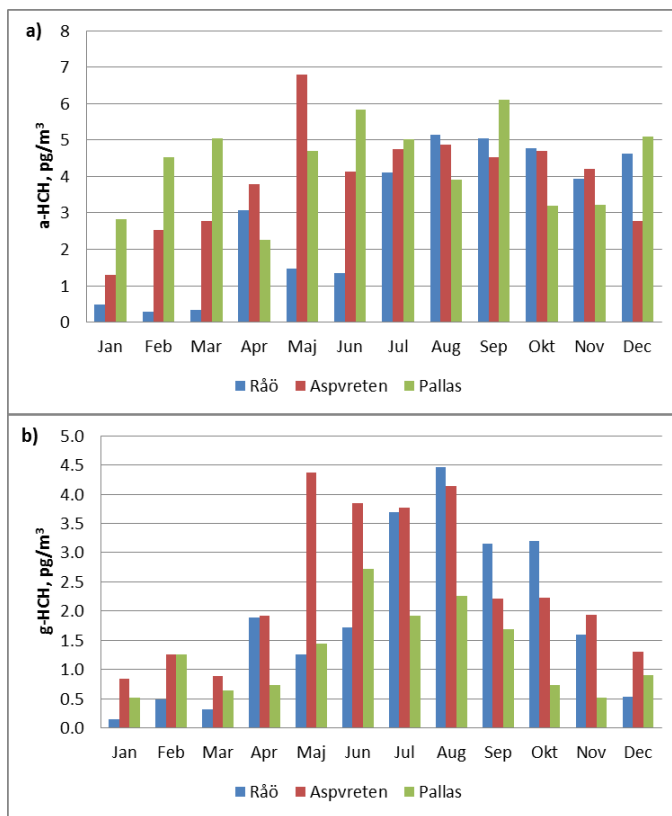
Medelårshalten  $\gamma$ - och  $\alpha$ -HCH i luft för åren 1996-2013 vid Råö, Aspvreten och Pallas visas i Figur 25. Halterna av HCH:er i luften har en tydlig minskande trend vid alla tre stationerna. Den största minskningen skedde under de första årens mätningar.

Under åren 2009-2013 varierade årsmedelhalten av  $\alpha$ -HCH mellan 2.9-4.2  $\text{pg m}^{-3}$  vid Råö, 3.0-5.0  $\text{pg m}^{-3}$  vid Aspvreten och 3.0-5.2  $\text{pg m}^{-3}$  vid Pallas. Årsmedelhalten av  $\gamma$ -HCH varierade under samma period mellan 1.9-3.5  $\text{pg m}^{-3}$  vid Råö, 1.6-3.1  $\text{pg m}^{-3}$  vid Aspvreten och 0.72-1.6  $\text{pg m}^{-3}$  i Pallas. Halten  $\alpha$ -HCH var i samma storleksordning vid alla tre stationer, och någon geografisk variation mellan syd och norr förekom inte. Däremot var halten  $\gamma$ -HCH högre i söder (Råö och Aspvreten) jämfört med norra Lappland (Pallas).



Figur 25 Årsmedelhalten av  $\alpha$ - och  $\gamma$ -HCH i luft vid Råö, Aspvreten och Pallas.

Årstidsvariationen av  $\gamma$ - respektive  $\alpha$ -HCH i luft visas i Figur 26. Precis som för PCB, och i likhet med övriga mätår, var halterna under vår och sommarmånader något förhöjda. I bilden nedan är detta dock mer tydligt för  $\gamma$ -HCH.

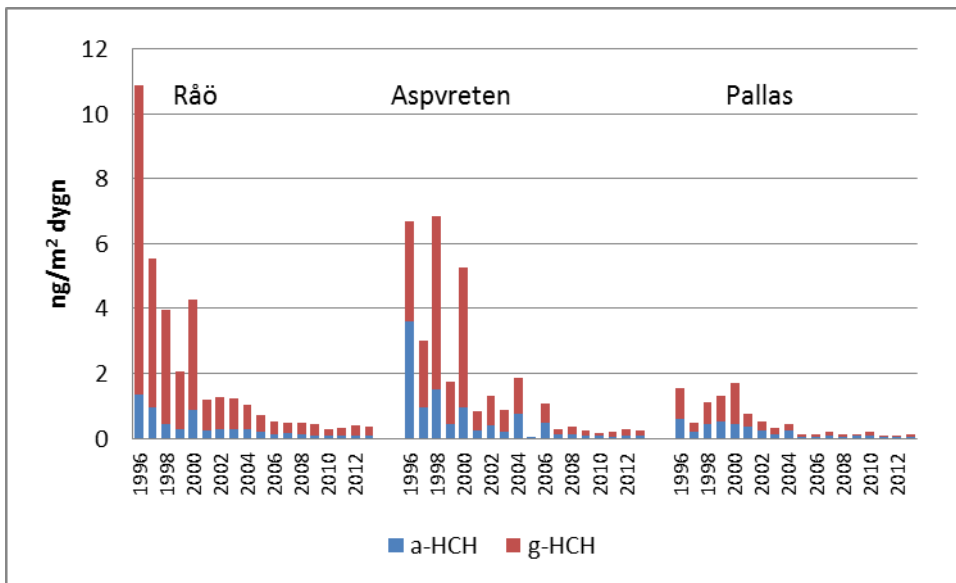


**Figur 26** Halten av a)  $\alpha$ -HCH och b)  $\gamma$ -HCH i luft 2013 vid Råö, Aspvreten och Pallas.

Depositionen av  $\alpha$ - och  $\gamma$ -HCH vid Råö, Aspvreten och Pallas (1996-2013) visas i Figur 27. Depositionen av  $\alpha$ - och  $\gamma$ -HCH har minskat vid alla tre stationerna sedan starten av mätningarna.

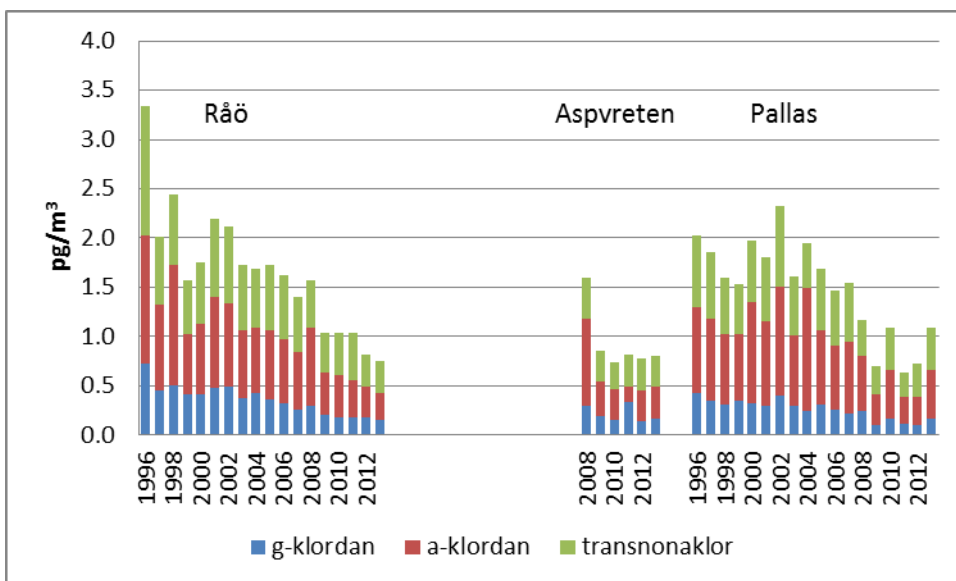
Under de senaste fem åren varierade dygnsdepositionen av  $\alpha$ -HCH mellan 0.073-0.1 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup> vid Råö, 0.064-0.1 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup> vid Aspvreten och 0.028-0.099 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup> vid Pallas.  $\alpha$ -HCH fluxerna var i samma storleksordning vid alla tre stationer och ingen skillnad mellan norr och söder kunde urskiljas.

Depositionen av  $\gamma$ -HCH (2009-2013) varierade mellan 0.22-0.32 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup> vid Råö, 0.077-0.2 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup> vid Aspvreten och 0.035-0.097 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup> i Pallas. Depositionen av  $\gamma$ -HCH uppvisade samma geografiska fördelning som i luft, med de högsta fluxerna i söder och de lägsta i norr (Pallas).



Figur 27 Deposition av HCH vid Råö, Aspvreten och Pallas.

Årsmedelhalten  $\gamma$ - och  $\alpha$ -klordan samt transnonaklor i luft (1996-2013) vid Råö, Aspvreten och Pallas visas i Figur 28. Mätningarna av klordaner vid Aspvreten startade 2008. Årsmedelhalterna ligger i samma storleksordning vid alla tre stationer. Mellan 2009 och 2013 varierade årsmedelhalterna mellan 0.75-1.0  $\text{pg m}^{-3}$  vid Råö, 0.74-0.85  $\text{pg m}^{-3}$  vid Aspvreten samt 0.63-1.1  $\text{pg m}^{-3}$  i Pallas.

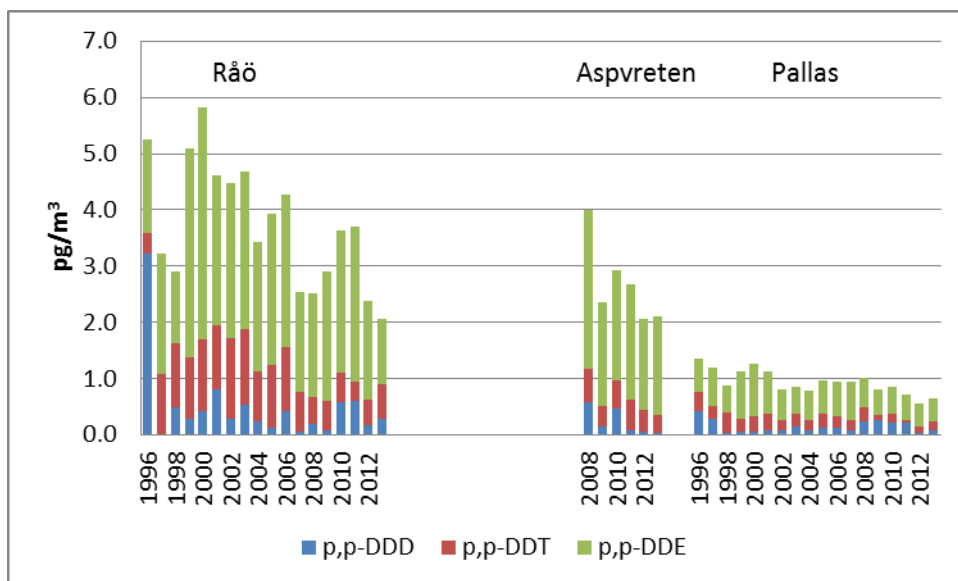


Figur 28 Årsmedelhalter av klordaner i luft vid Råö, Aspvreten och Pallas.

Depositionen av klordaner under de senaste fem åren har varit låg eller ej detekterbar vid alla tre stationerna.

Årsmedelhalten p,p-DDE, p,p-DDT och p,p-DDD i luft vid Råö, Aspvreten och Pallas (1996 (2008)-2013) visas i Figur 29. Lufthalterna vid Råö och Aspvreten var högre jämfört med vid Pallas och p,p-DDE förekom i högsta halten.

Under de senaste fem åren varierade årsmedelhalterna av p,p-DDD mellan 0.08-0.61  $\text{pg m}^{-3}$  vid Råö, 0.05-0.47  $\text{pg m}^{-3}$  vid Aspvreten samt 0.051-0.26  $\text{pg m}^{-3}$  vid Pallas. Årsmedelhalten för p,p-DDT varierade under samma period mellan 0.34-0.61  $\text{pg m}^{-3}$  (Råö), 0.32-0.56  $\text{pg m}^{-3}$  (Aspvreten) och 0.053-0.17  $\text{pg m}^{-3}$  (Pallas), medan årsmedelhalten av p,p-DDE låg mellan 1.2-2.8  $\text{pg m}^{-3}$  vid Råö, 1.6-2.0  $\text{pg m}^{-3}$  vid Aspvreten samt 0.41-0.47  $\text{pg m}^{-3}$  vid Pallas.



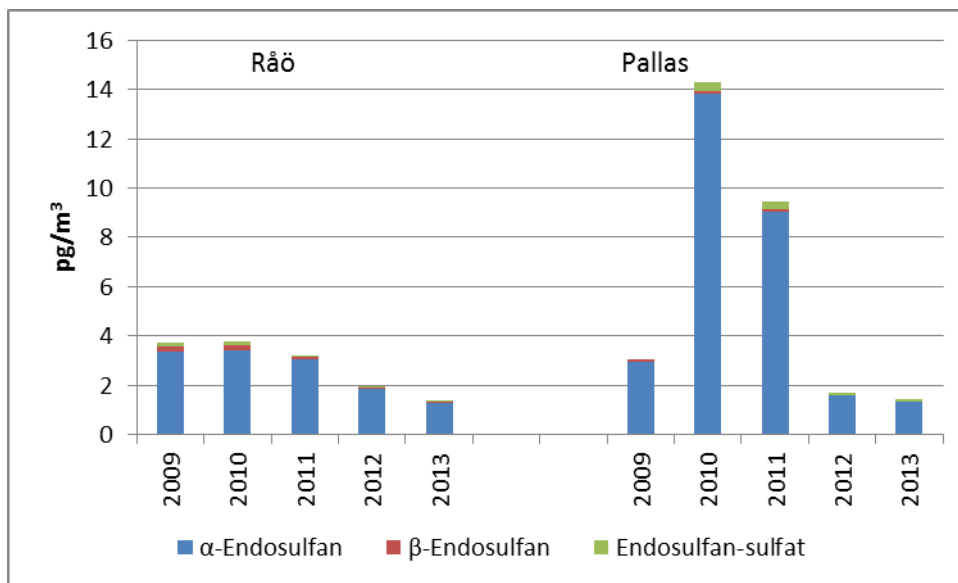
**Figur 29** Årsmedelhalter av p,p-DDE, p,p-DDT och p,p-DDD vid Råö, Aspvreten och Pallas.

Depositionen av p,p-DDE, p,p-DDT och p,p-DDD har under 2009-2013 generellt varit låg. p,p-DDD-fluxerna varierade mellan  $<0.01-0.019 \text{ ng m}^{-2}, \text{ dygn}^{-1}$  (Råö),  $<0.01-0.022 \text{ ng m}^{-2}, \text{ dygn}^{-1}$  (Aspvreten) och  $<0.01-0.54 \text{ ng m}^{-2}, \text{ dygn}^{-1}$  (Pallas). p,p-DDT-fluxerna varierade mellan  $0.051-0.1 \text{ ng m}^{-2}, \text{ dygn}^{-1}$  (Råö),  $0.042-0.070 \text{ ng m}^{-2}, \text{ dygn}^{-1}$  (Aspvreten) och  $<0.01-0.014 \text{ ng m}^{-2}, \text{ dygn}^{-1}$  (Pallas). Depositionen av p,p-DDE varierade mellan  $0.071-0.17 \text{ ng m}^{-2}, \text{ dygn}^{-1}$  (Råö),  $0.01-0.15 \text{ ng m}^{-2}, \text{ dygn}^{-1}$  (Aspvreten) och  $0.014-0.044 \text{ ng m}^{-2}, \text{ dygn}^{-1}$  (Pallas). Precis som i luft var depositionen i Pallas lägst jämfört med de övriga stationerna.

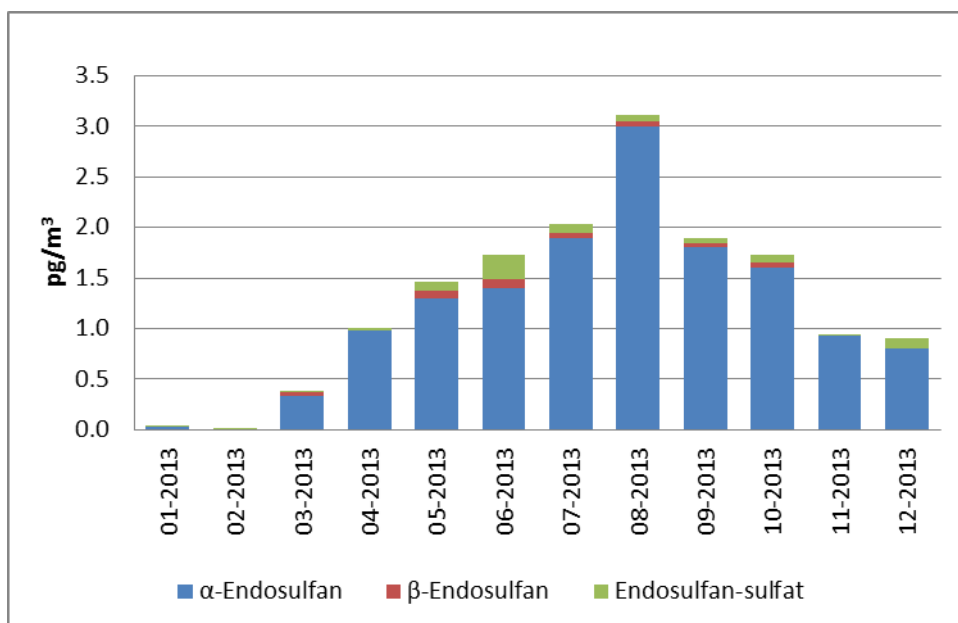
#### 3.3.1.4.2 Endosulfan

Årsmedelhalten av  $\alpha$ - och  $\beta$ -endosulfan samt endosulfan-sulfat i luft vid Råö och Pallas för åren 2009-2013 presenteras i Figur 30. Med undantag för 2010-2011 har halten  $\alpha$ -endosulfan vid Pallas varit i ungefär samma storleksordning som vid Råö.  $\alpha$ -endosulfan uppmättes i de högsta halterna och varierade mellan  $1.3-3.4 \text{ pg m}^{-3}$  vid Råö respektive  $1.3-14 \text{ pg m}^{-3}$  vid Pallas. Ingen tydlig årstidsvariation förekom, men halterna under 2013 var högst under sommarhalvåret, se Figur 31.

Halten  $\beta$ -endosulfan för åren 2009-2013 varierade mellan  $0.055-0.2 \text{ pg m}^{-3}$  vid Råö och  $0.047-0.18 \text{ pg m}^{-3}$  vid Pallas. Halten endosulfan-sulfat varierade mellan  $<0.03-0.11 \text{ pg m}^{-3}$  vid Råö respektive  $0.065-0.38 \text{ pg m}^{-3}$  vid Pallas.



Figur 30 Årsmedelhalten av α- och β-endosulfan samt endosulfan-sulfat i luft vid Råö och Pallas.

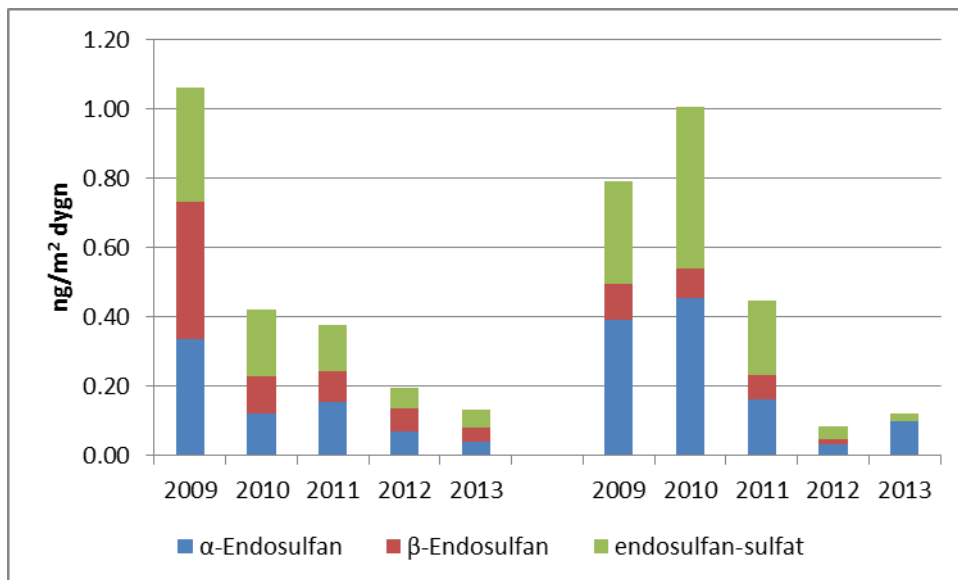


Figur 31 Årstidsvariation av α- och β-endosulfan samt endosulfan-sulfat i luft vid Råö 2013.

Depositionen av endosulfan vid Råö och Pallas visas i Figur 32. Under 2009-2013 var depositionen av α-endosulfan i ungefär samma storleksordning vid Råö (årsmedel 0.038-0.33 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup>) och Pallas (0.033-0.45 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup>). Fördelning mellan de olika föreningarna skilde sig i den från luft. α-endosulfan var inte lika dominant i deposition jämfört med luft medan endosulfan-sulfat kunde vara högre.

Depositionen av endosulfan-sulfat varierade mellan 0.051-0.33 vid Råö och 0.023-0.46 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup> vid Pallas. Depositionen av β-endosulfan varierade mellan 0.042-0.40 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup> vid Råö och <0.01-0.1 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup> vid Pallas.

En viss årstidsvariation, med förhöjda halter under sommarhalvåret, gick att urskilja vid Råö. Säsongsvariationen var inte lika tydlig vid Pallas.



**Figur 32** Deposition av endosulfan vid Råö och Pallas.

#### 3.3.1.4.3 Aldrin, Heptaklor

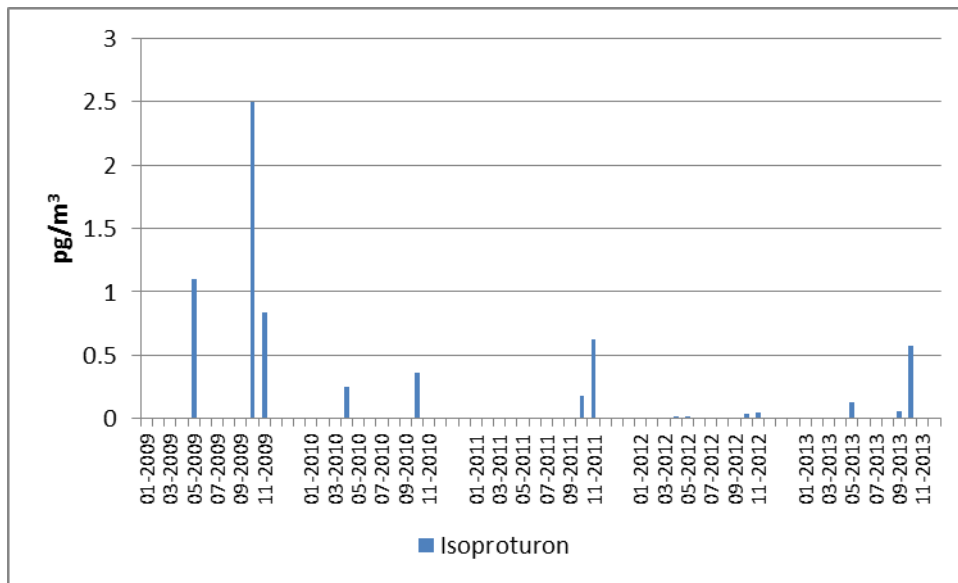
Aldrin har endast detekterats i ett luftprov från Råö, augusti 2010, då 1.2 pg m<sup>-3</sup> uppmättes. Heptaklor har hittats i två luftprover från 2010, juli och augusti, i halter på 0.8 respektive 1.2 pg m<sup>-3</sup>. I övriga prover kunde aldrin eller heptaklor inte påvisas.

Aldrin har endast detekterats i ett depositionsprov från Råö 2009-2013 (0.12 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup>, mars 2013). Heptaklor detekterades endast i juli- och augustiprovet från 2010 (0.47 respektive 0.25 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup>).

#### 3.3.1.4.4 Atrazin, Diuron och Isoproturon

Pesticiderna, isoproturon, diuron och atrazin, bestämdes i luft och depositionsprover från Råö. Halterna isoproturon varierade mellan <0.005-2.5 pg m<sup>-3</sup>, se Figur 33. De högsta halterna uppmättes under vår och höstmånader. Atrazin har inte hittats i något av proverna (<0.5 pg m<sup>-3</sup>) och diuron detekterades endast i ett prov från 2009 (0.49 pg m<sup>-3</sup>).





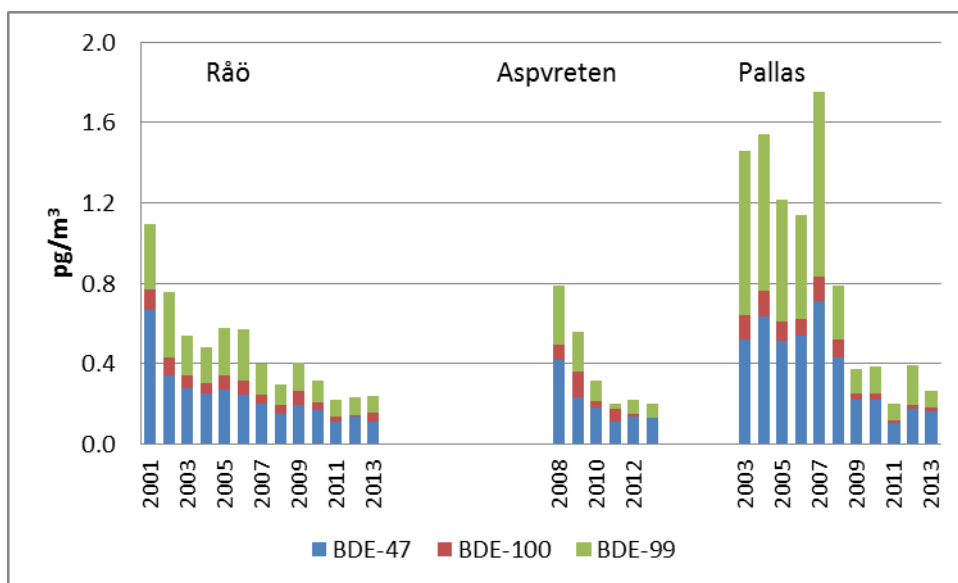
**Figur 33** Halten isoproturon i luft, Råö 2009-2013.

Diuron och atrazin har inte detekteras i depositionsprover från Råö 2009-2013 ( $<0.1 \text{ ng m}^{-2}, \text{ dygn}^{-1}$ ). Isoproturon hittades i totalt fem månadsprover (2011 och 2013) då depositionen varierade mellan  $0.026\text{-}0.19 \text{ ng m}^{-2}, \text{ dygn}^{-1}$ .

### 3.3.1.5 Bromerade flamskyddsmedel

Årsmedelhalten PBDE (BDE-47, 99, 100) i luft vid Råö, Aspvreten och Pallas visas i Figur 34. Sedan starten av mätningar har halter BDE 47, 99 och 100 i luft minskat vid alla tre stationerna. Under de senaste fem åren har årsmedelhalterna varierat mellan  $0.22\text{-}0.40 \text{ pg m}^{-3}$  vid Råö,  $0.20\text{-}0.56 \text{ pg m}^{-3}$  vid Aspvreten och  $0.20\text{-}0.42 \text{ pg m}^{-3}$  vid Pallas.

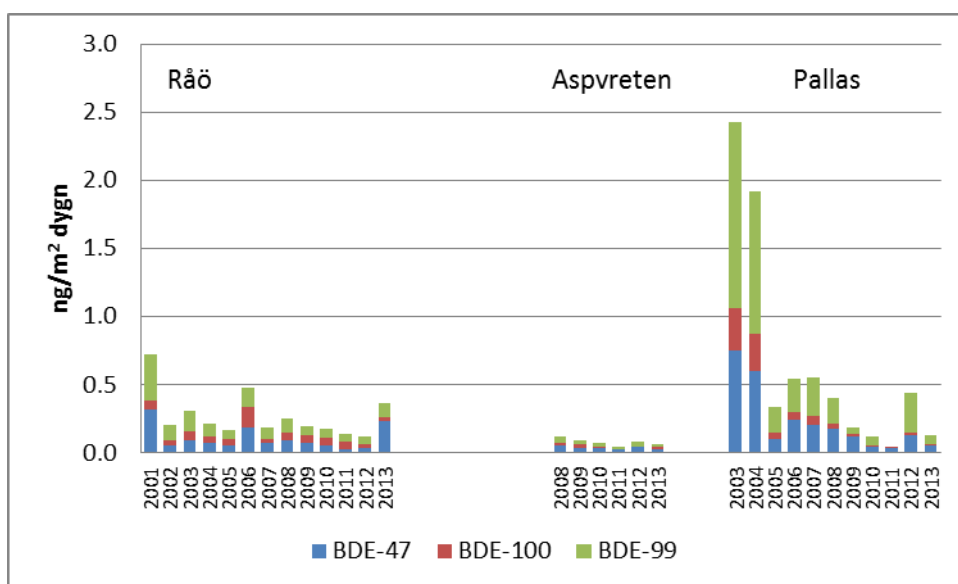
Halterna BDE-209 (deca-BDE) och hexabromcyklododekan (HBCDD) i luft på Råö och Pallas (2009-2013) förekom endast sporadiskt i detekterbara halter. Halten BDE-209 varierade mellan  $<0.08\text{-}17 \text{ pg m}^{-3}$  vid Råö och  $<0.08\text{-}4.7 \text{ pg m}^{-3}$  vid Pallas. Halten HBCDD i luft varierade mellan  $<0.05\text{-}10 \text{ pg m}^{-3}$  vid Råö. HBCDD kunde inte detekteras i några av luftprover från Pallas.



**Figur 34** Årsmedelhalten av BDE (47, 99, 100) i luft vid Råö, Aspvreten och Pallas.

Depositionen av PBDE (BDE-47, 99, 100) vid Råö, Aspvreten och Pallas visas i Figur 35. De högsta BDE-47, 99, 100-fluxerna uppmättes vid Pallas 2003 och 2004. I likhet med halterna i luft har depositionen minskat. Depositionen av BDE (47, 99, 100) 2009-2013 varierade mellan 0.12-0.37 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup> på Råö, 0.042-0.092 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup> vid Aspvreten och 0.043-0.44 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup> vid Pallas.

Depositionen av BDE-209 och HBCDD på Råö och Pallas (2009-2013) varierade precis som i luft, mellan olika tillfällen och detekterades endast sporadisk. Depositionen av BDE-209 varierade mellan <0.1-11 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup> vid Råö och <0.1-6.4 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup> vid Pallas och depositionen av HBCDD varierade mellan <0.05-8.2 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup> vid Råö. Med undantag för december 2009 (0.59 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup>) har depositionen av HBCDD inte kunnat detekteras i prover från Pallas (<0.05 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup>).

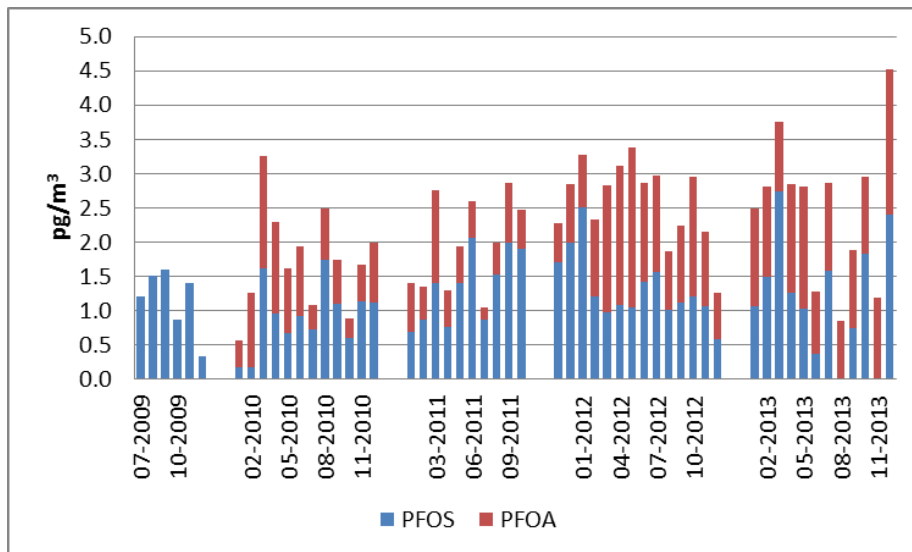


**Figur 35** Deposition av BDE (47, 99, 100) vid Råö, Aspvreten och Pallas.

### 3.3.1.6 Perflourinerade ämnen (PFAS)

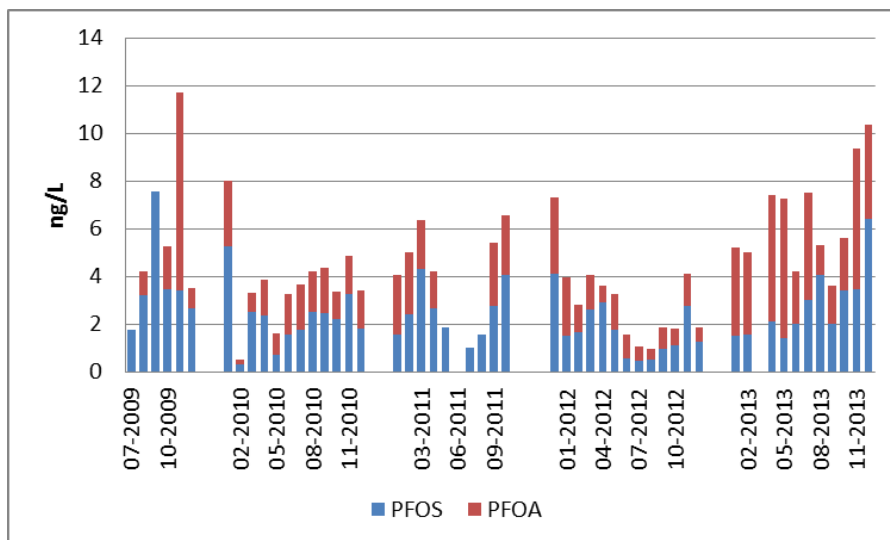
Halten perfluoroktansulfonat (PFOS) och perfluoroktansyra (PFOA) i luft vid Råö för åren 2009-2013 visas i Figur 36. Mätningarna startade i juli 2009.

Månadsmedelhalten PFOS och PFOA i luft mellan 2009-2013 varierade mellan 0.17-2.7 pg m<sup>-3</sup> respektive 0.17-2.3 pg m<sup>-3</sup>. Mätningarna uppvisar en variation både under och mellan olika år. PFOA gick inte att detektera i proverna från första årets mätningar, (vilket kan bero på analytiska problem i samband med starten av mätningarna).



**Figur 36** Halten av PFOS och PFOA i luft vid Råö.

Halten PFOS och PFOA i nederbörd vid Råö visas i Figur 37. Mätningarna startade i juli 2009. Månadsmedelhalten PFOS i nederbörden vid Råö 2009 till 2013 varierade mellan 0.32-7.5 ng l<sup>-1</sup>, medan PFOA varierade mellan <1.7-8.3 ng l<sup>-1</sup>.

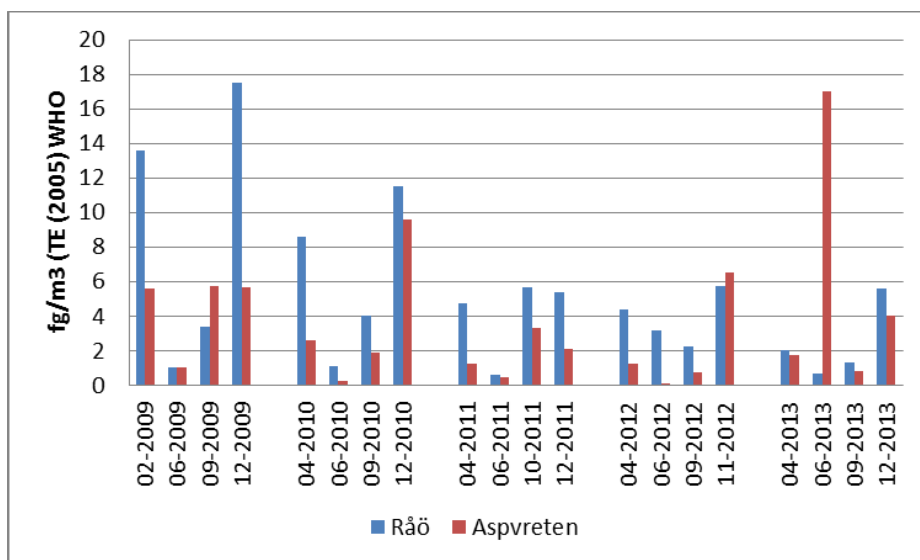


**Figur 37** Halten av PFOS och PFOA i nederbörd vid Råö.

### 3.3.1.7 Polyklorerade dibensodioxiner och furaner (PCDD/PCDF)

Summa polyklorerade dibensodioxiner och furaner (PCDD/PCDF) mäts i luft- och deposition vid Råö och Aspvreten under fyra månader jämnt spridda över året. Resultaten från dessa mätningar presenteras i Figur 38.

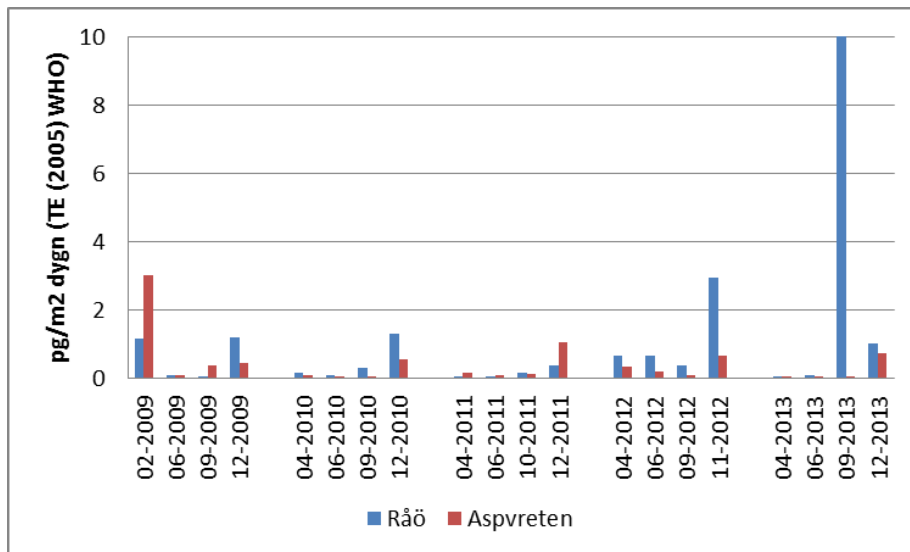
Månadsmedelhalten av summan PCDD/PCDF på västkusten varierade mellan 0.6-18 fg TEQ m<sup>-3</sup>, generellt med de lägsta koncentrationer under sommaren. Dessa halter är i samma storleksordning som vid tidigare mätningar på Råö (2004-2005), (Palm Cousins et al., 2006). Vid Aspvreten uppmättes vid de flesta tillfällen lägre koncentrationer jämfört med Råö. Halterna varierade där mellan 0.05-18 fg TEQ m<sup>-3</sup>. I juni 2013 uppmättes förhöjda halter av två enskilda komponenter (2378-TCDD och 12378-PeCDD) vid Aspvreten. Det avvikande höga värdet under sommarhalvåret kan inte förklaras.



**Figur 38** Summa polyklorerade dibensodioxiner och furaner i luft vid Råö och Aspvreten, halterna är angivna i fg TEQ m<sup>-3</sup>, lower limit (2378-TCDD toxicitetsekvivalenter enligt WHO-modellen).

Deposition av summan PCDD/PCDF vid Råö och Aspvreten presenteras i Figur 39. Baserat på fyra mätningar per år varierade dygnsmedeldepositionen av summa PCDD/F mellan 0.14 till 2.8 pg TEQ m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup> vid Råö och 0.17 till 0.97 pg TEQ m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup> vid Aspvreten.

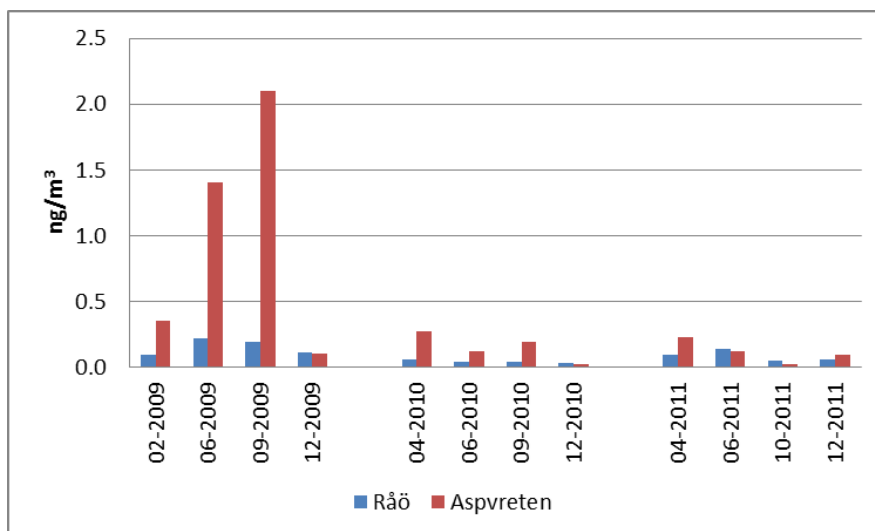
Med undantag för juni 2013 vid Råö har den högsta depositionen vid båda stationerna uppmätts under vintermånader. Det avvikande värdet beror på två höga enskilda komponenter (2378-TCDD och 12378-PeCDD). Detta avvikande värde kan inte förklaras.



**Figur 39** Deposition av polyklorerade dibensodioxiner och furaner (summa PCDD/PCDF) vid Råö och Aspvreten 2009-2012, halterna är angivna i pg TEQ m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup>, lower limit (2378-TCDD toxicitetsekvivalenter enligt WHO-modellen).

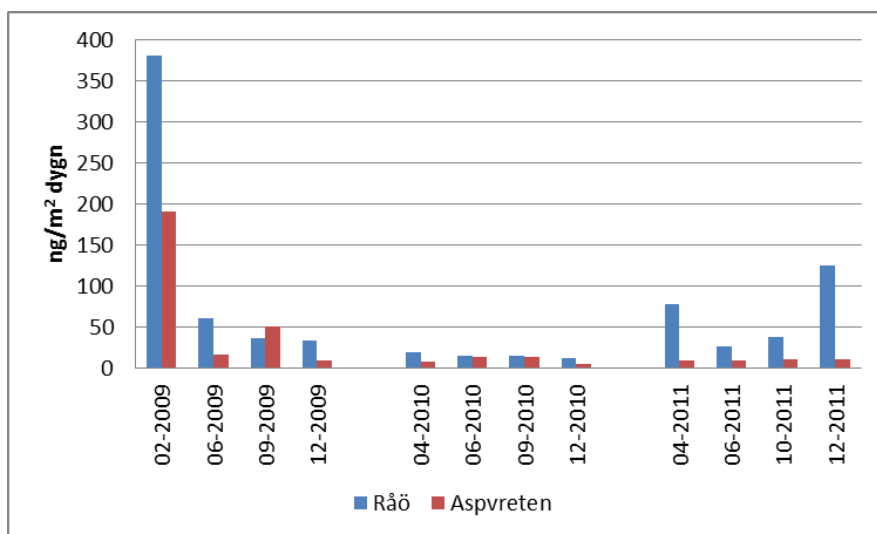
### 3.3.1.8 Kortkedjiga Klorparaffiner

Halten kortkedjiga klorparaffiner, C<sub>10</sub>-13 (SCCP) i luft vid Råö och Aspvreten presenteras i Figur 40. Halterna vid Råö var relativt jämna med endast små variationer mellan mätningarna (0.09-0.22 ng m<sup>-3</sup> år 2009, 0.03-0.06 ng m<sup>-3</sup> år 2010 och 0.048-0.14 ng m<sup>-3</sup> år 2011). Halterna vid Aspvreten varierade mellan 0.1-2.1 ng m<sup>-3</sup> år 2009, 0.02-0.27 ng m<sup>-3</sup> år 2010 och mellan 0.022-0.23 ng m<sup>-3</sup> år 2011. Halterna 2009 (juni, september) var också högre vid Aspvreten jämfört med koncentrationer uppmätta under 2010 och 2011.



**Figur 40** Halten av kortkedjiga klorparaffiner (SCCP) i luft vid Råö och Aspvreten.

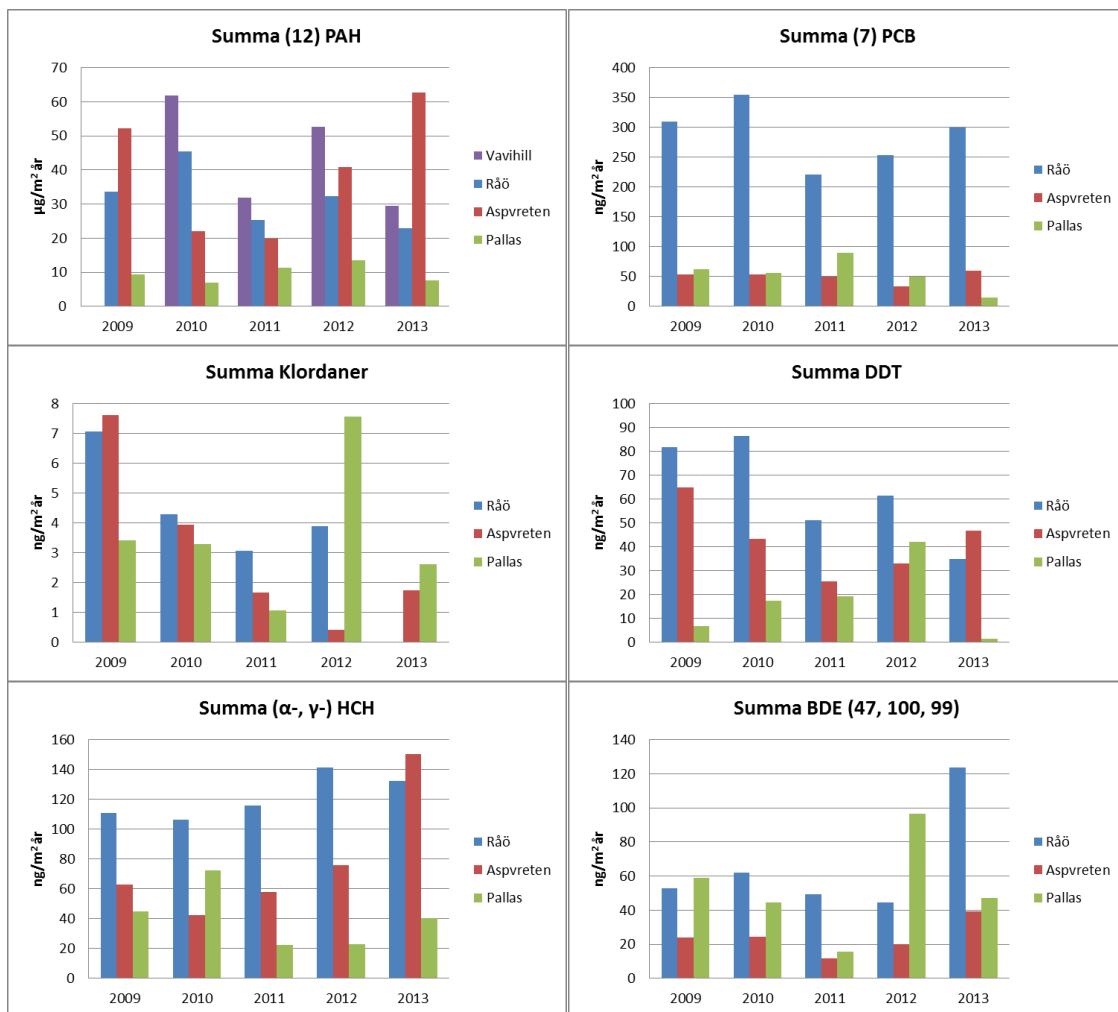
Depositionen av SCCP för mätningarna mellan 2009 till 2011 visas i Figur 41. Depositionen av SCCP som årsmedel baserat på fyra mätningar per år, varierade mellan 15 till 130 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup> vid Råö och mellan 9.6 till 66 ng m<sup>-2</sup>, dygn<sup>-1</sup> vid Aspvreten. Högsta värden vid båda stationerna uppmättes i februari 2009.



**Figur 41** Kortkedjiga klorparaffiner (SCCP) i deposition vid Råö och Aspvreten.

### 3.3.1.9 Uppskattad årlig deposition

Uppskattad årlig deposition av summa PAH, PCB, HCH, klordaner, DDT samt BDE (47, 99, 100) för åren 2009 till 2013 presenteras i Figur 42. Summa klordaner vid Råö 2013 har inte bestämts eftersom resultaten var under kvantifieringsgränsen för analysen.



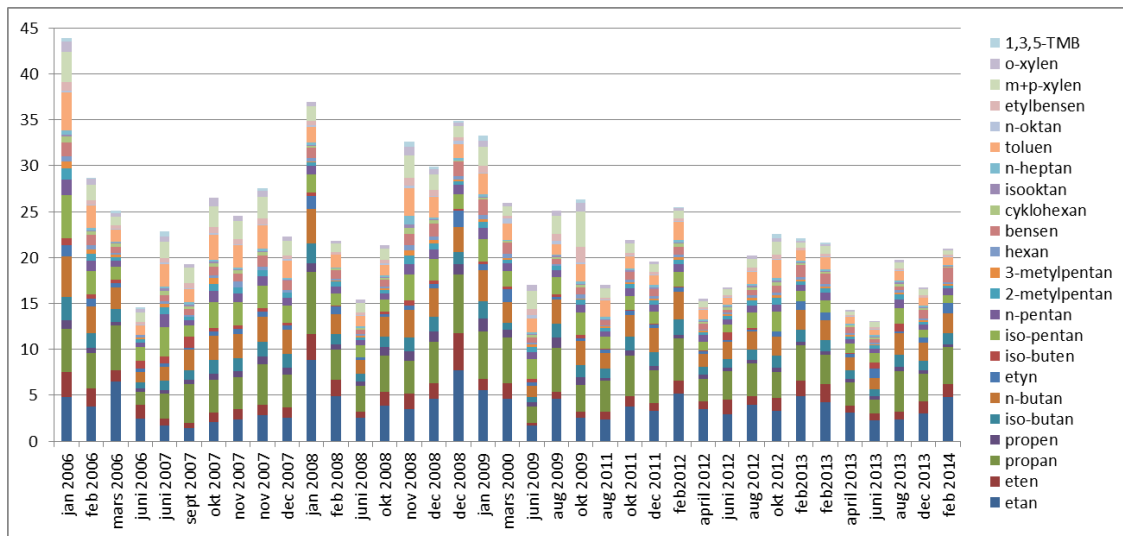
**Figur 42** Uppskattad årlig deposition av summa PAH (12), PCB (7), klordaner, DDT (DDE, DDT, DDD), HCH samt BDE (47, 99, 100) för åren 2009-2013. Summa klordaner på Råö 2013 har inte bestämts eftersom resultaten var under kvantifieringsgränsen.

### 3.3.2 Volatila organiska ämnen (VOC)

Från 2004-2007 utfördes de timbaserade VOC-mätningarna i urban bakgrundsluft i Göteborg huvudsakligen under vinterhalvåret, vilket från 2008 ändrades till sex mätveckor jämt spridda över året. Redan 2006 flyttades dock en av mätperioderna till juni månad med tanke på att det är under sommarsäsongen som de högsta ozonhalterna vanligtvis uppmäts. Under hösten/vintern 2013 renoverades mätstationen varvid en av mätperioderna från 2013 fick flyttas till februari 2014.

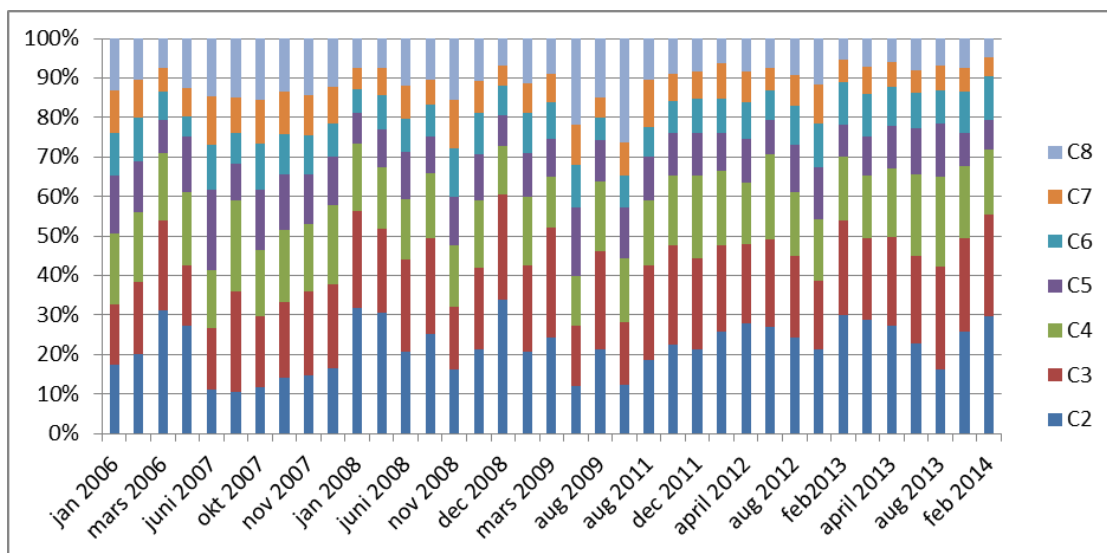
De summerade medelhalterna av uppmätta VOC för mätperioden respektive månad finns redovisade i Figur 43. För de flesta månaderna baserar sig medelhalterna på timmedelvärden uppmätta under en vecka av månaden

VOC-halterna är för de flesta VOC högst under november till mars, d.v.s. under den kallaste tiden av året, medan de lägsta halterna återfinns under juni till oktober. Orsakerna till denna fördelning under året kan sannolikt vara att utsläppen från olika typer av förbränning ofta är större under den kallare tiden av året, men även att blandningsskiktet i den lägre delen av atmosfären är lägre under vintermånaderna.



**Figur 43** Uppmätta timmedelvärdet av VOC aggregerade som månadsvisa periodmedelvärdet. Halterna är angivna i  $\mu\text{g m}^{-3}$ . Under november 2007, december 2008 och februari 2013 utfördes två veckolånga mätperioder som därmed visas med samma namn i tabellen. Mätningen i februari 2014 ersätter en mätning under hösten/vintern 2013 då mätstationen renoverades.

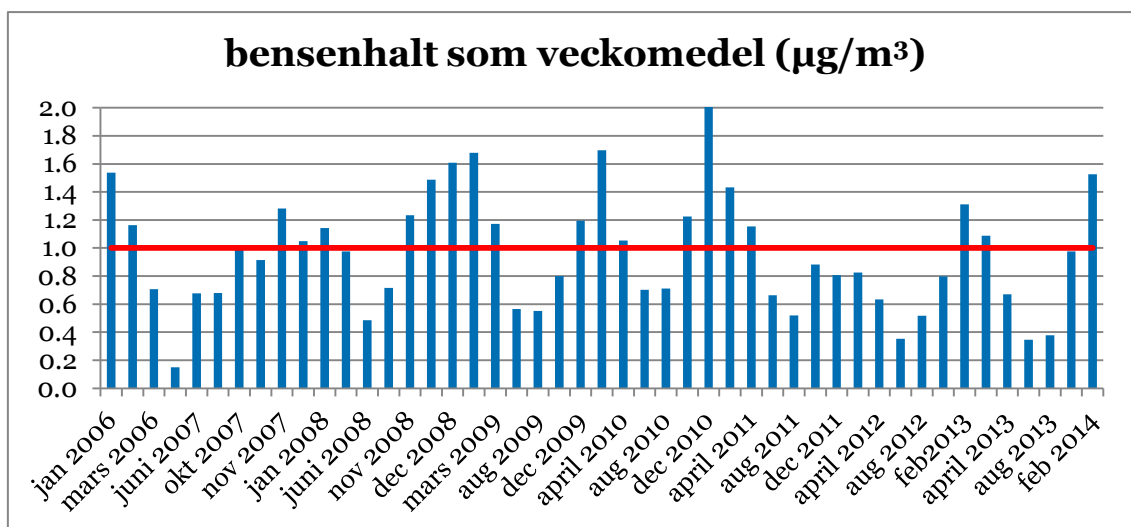
Fördelningen av VOC som veckomedel över rapporteringsgräns, det vill säga den lägsta haltnivå som kan bestämmas kvantitativt med tillfredsställande säkerhet, baserat på antal kolatomer visas i Figur 44. Ingen årstidsspecifik variation av fördelningen kan utläsas ur figuren, de mest volatila ämnena står för den största andelen under alla årstider. Andelen uppmätta VOC med 2-3 kolatomer är cirka 30-50 % och andelen  $\text{C}_4$ -kolväten 15-20 % medan  $\text{C}_5$ -,  $\text{C}_6$ - och  $\text{C}_7$ -kolvätena står för cirka 10% vardera av summan av de kolväten som uppmätts över rapporteringsgräns.



**Figur 44** Fördelning av uppmätta VOC baserat på antal kolatomer för veckomedelhalter 2006-2014.

MKN för bensen är  $5 \mu\text{g m}^{-3}$  som ett aritmetiskt årsmedelvärde som inte skall överskridas från år 2010. Med ledning av veckomedel av uppmätta bensenhalter, Figur 45, bedöms att MKN sannolikt inte överskrids på mätplatsen, åtminstone inte i taknivå där VOC-mätningarna utförts.

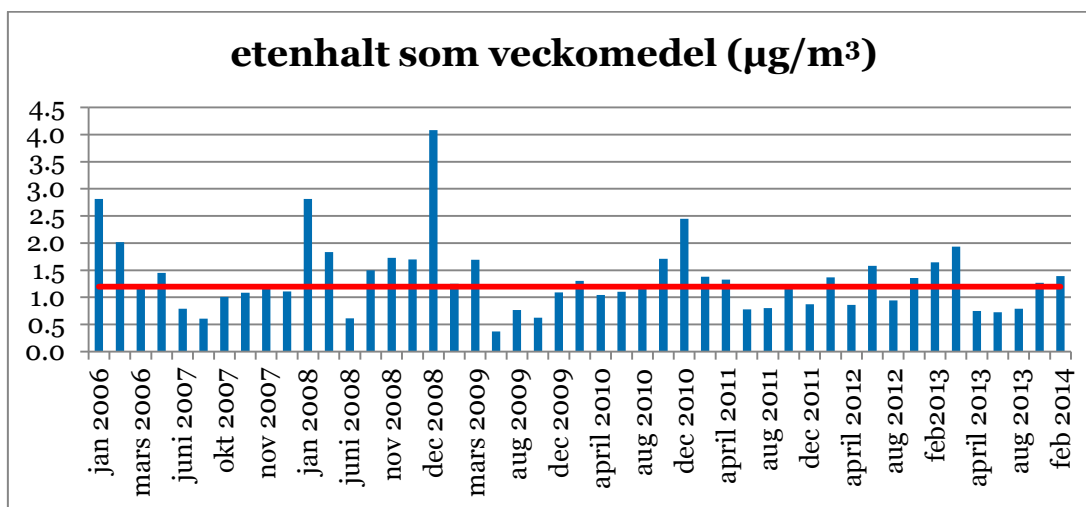




**Figur 45** Timmedelvärden av bensen aggregerade som periodmedelvärden månadsvis. Den röda linjen visar det nationella miljömålet för bensen på  $1 \mu\text{g m}^{-3}$  som ett årsmedelvärde. Halterna är angivna i  $\mu\text{g m}^{-3}$ .

För bensen och 1,3-butadien finns enligt regeringens proposition 2009/10:155 nationella miljömål på  $1 \mu\text{g m}^{-3}$  för bensen och  $0.2 \mu\text{g m}^{-3}$  för butadien angivna som årsmedelvärden. Tidigare fanns även ett förslaget miljömål för eten på  $1 \mu\text{g m}^{-3}$  som årsmedelvärde som nu utgått. Under samtliga mätveckor 2006-2013 var uppmätta veckomedel av 1,3-butadienhalterna lägre än  $0.2 \mu\text{g m}^{-3}$  medan 21 av 47 periodmedelvärden av bensen överskred  $1 \mu\text{g m}^{-3}$ , se Figur 46.

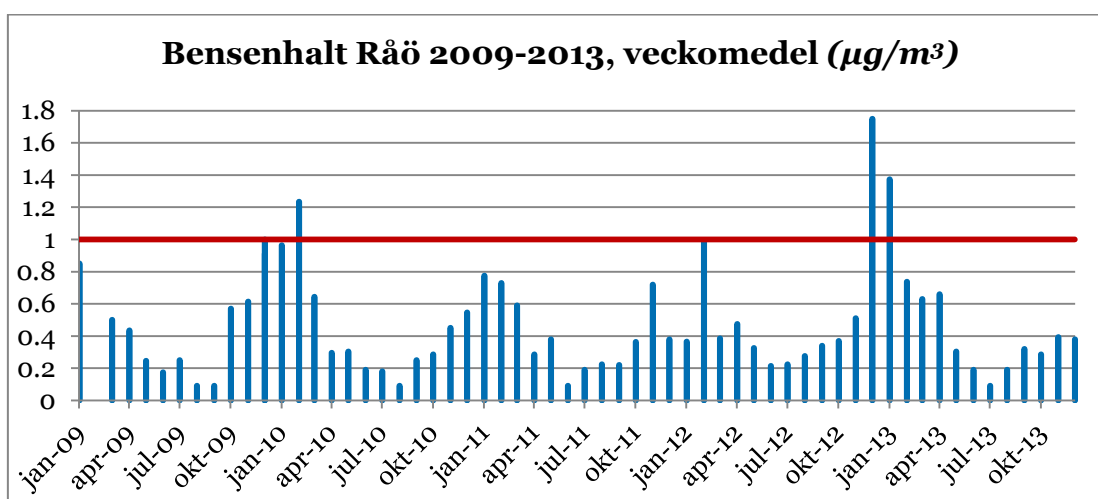
Institutet för miljömedicin (IMM) har angivit rekommenderade medicinska lågrisknivåer för ett antal enskilda VOC som anses kunna ge upphov till cancer eller påverka centrala nervsystemet. Lågrisknivån definieras som den haltnivå som teoretiskt kan ge upphov till ett cancerfall per 100 000 invånare vid livstidsexponering. För eten ett finns hälsobaserat nivågränsvärde på  $1.2 \mu\text{g m}^{-3}$  (IMM-rapport, 1992). Periodmedelhalter av eten visas i Figur 46. För eten uppnår eller överskrider 27 av 47 periodmedelvärden nivågränsvärdet ( $1.2 \mu\text{g m}^{-3}$ ).



**Figur 46** Uppmätta timmedelvärden av eten aggregerade som periodmedelvärden månadsvis. Den röda linjen visar den medicinska lågrisknivån för eten på 1.2 µg m<sup>-3</sup> som livstidsexponering. Halterna är angivna i µg m<sup>-3</sup>.

Medelvärdet av de drygt 5000 timmedelhalter fördelade över årstiderna från 2009-2013 var för eten 1.2 µg m<sup>-3</sup>, bensen 0.95 µg m<sup>-3</sup> och propen 0.74 µg m<sup>-3</sup>, vilket indikerar att det finns risk att miljömålet för bensen och den medicinska lågrisknivån för eten överskrids.

I Figur 47 visas bensenhalter vid bakgrundsstationen Råö uppmätta med diffusiv veckoprovtagning, en vecka per månad under 2009-2013. Då mätdata saknades för februari 2009 adderades en extra mätvecka i december samma år. Precis som för mätplatsen i centrala Göteborg finns en tydlig säsongsvariation med högre bensenhalter på vintersäsongen än under sommaren. Av 60 uppmätta bensenhalter var det endast fyra som var 1 µg m<sup>-3</sup> eller högre, vilket indikerar att det nationella miljömålet inte överskreds vid Råö 2009-2013.



**Figur 47** Veckomedelhalter av bensen. Den röda linjen visar det nationella miljömålet för bensen på 1 µg m<sup>-3</sup> som ett årsmedelvärde. Halterna är angivna i µg m<sup>-3</sup>.

### 3.3.3 Växtskyddsmedel (pesticider) i luft och nederbörd

Pesticider i nederbörd har mätts under tolv år (2002-2013) i Vavihill, Skåne, och fem år i Aspvreten, Södermanland. Under dessa år har pesticider regelbundet påträffats i halter i spannet 0,001-0,1  $\mu\text{g l}^{-1}$ , med högsta uppmätta halt på 3,6  $\mu\text{g l}^{-1}$  (prosulfokarb) i Vavihill och 0,07  $\mu\text{g l}^{-1}$  (DETA) i Aspvreten för en enskild substans. Förutom generellt högre halter påträffas också fler substanser i nederbördsproverna från Vavihill, totalt 93 olika substanser jämfört med 45 i Aspvreten, av de totalt 150 substanser som analyserats under hela eller delar av perioden 2002-2013. Skillnader mellan de två provplatserna återspeglar främst att Aspvreten ligger i Södermanland och därmed på lite större avstånd från områden med mer intensiv användning av växtskyddsmedel, både i Sverige och på kontinenten, jämfört med Vavihill.

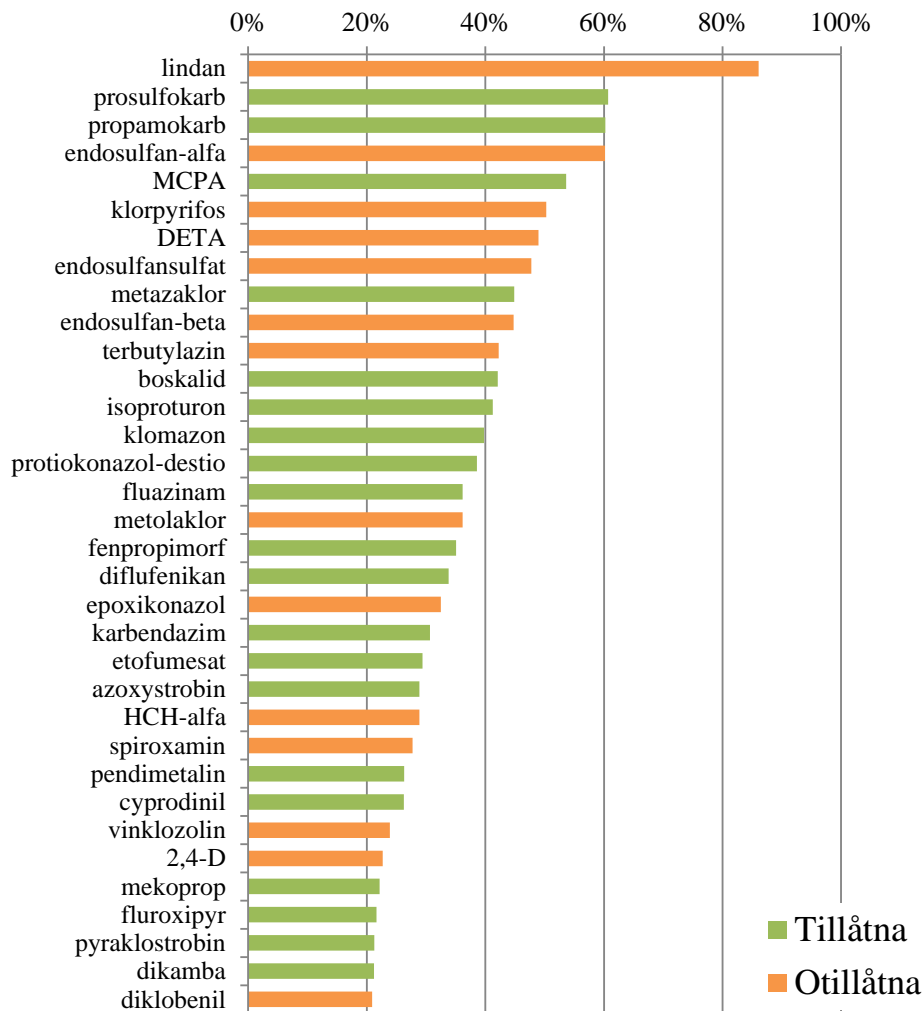
En betydande andel av de fynd som gjorts i nederbörd från Vavihill och Aspvreten utgörs av pesticider som inte längre är tillåtna, eller har varit förbjudna under större delen av perioden, i Sverige. Av de 34 substanser som påträffas i mer än 20% av proverna från Vavihill har 14 substanser varit förbjudna under hela eller delar av perioden 2002-2013 (Figur 48). Motsvarande siffra för Aspvreten är sju förbjudna av de 13 substanser som påträffas i fler än 20% av proverna. Vilka substanser som påträffas på de två provplatserna skiljer sig överlag inte åt, utan mer i hur ofta och i vilka halter de olika substanserna förekommer. Den substans som påträffats oftast i Vavihill är lindan ( $\gamma$ -HCH), som återfinns i nästan nio av tio prov, trots att den varit förbjuden i Sverige i drygt 20 år och inom EU i ca 10 år. Halten av lindan har som mest varit 0,008  $\mu\text{g l}^{-1}$  nederbörd från Vavihill, vilket är lägre än till exempel riktvärdet för ytvatten (0,02  $\mu\text{g l}^{-1}$ ; som anger högsta halten av en substans då inga skador på akvatisk miljö kan förväntas). Lindan påträffas också i 60% av proverna från Aspvreten, men här är det endosulfansulfat som påträffas oftare, i 70% av proverna. Halten endosulfansulfat har som mest varit 0,0004  $\mu\text{g l}^{-1}$  nederbörd från Aspvreten, vilket är lägre än till exempel riktvärdet för ytvatten (0,001  $\mu\text{g l}^{-1}$ ). Halterna av vissa förbjudna substanser, främst atrazin, uppvisar en tydligt avtagande trend till följd av att de förbjudits inom EU. Samtidigt visar resultaten att en betydande andel av de substanser som påträffas i depositionen är förbjudna i Sverige, och i vissa fall inom EU, vilket visar på en fortsatt gränsöverskridande atmosfärisk transport av pesticider från kontinenten.

Summan av de påträffade substansernas halter i nederbörd som samlats in vid Vavihill 2002-2013 uppvisar tydliga variationer under året (Figur 49). Det är främst under maj - juni samt under oktober som förhöjda summahalter uppmäts, dock är antalet substanser per prov dubbelt så många under maj-juni jämfört med oktober. Detta betyder att de substanser som huvudsakligen påträffas under maj-juni har relativt sett lägre halter jämfört med det fåtal som påträffas i förhöjda halter under oktober. Främst är det prosulfokarb som påträffas i förhöjda halter under hösten (Figur 50). De förhöjda summahalterna under maj-juni och oktober sammanfaller i stort sett med den tid på året då användningen av växtskyddsmedel är som mest intensiv på svenska åkrar. För ogräsmedlet prosulfokarb är användningen i Sverige som störst i slutet av september eller början av oktober, medan den på kontinenten oftast sker ca en månad senare, vilket troligen bidrar till de förhöjda halterna av denna substans så sent som i slutet av oktober/början av november (Figur 50).

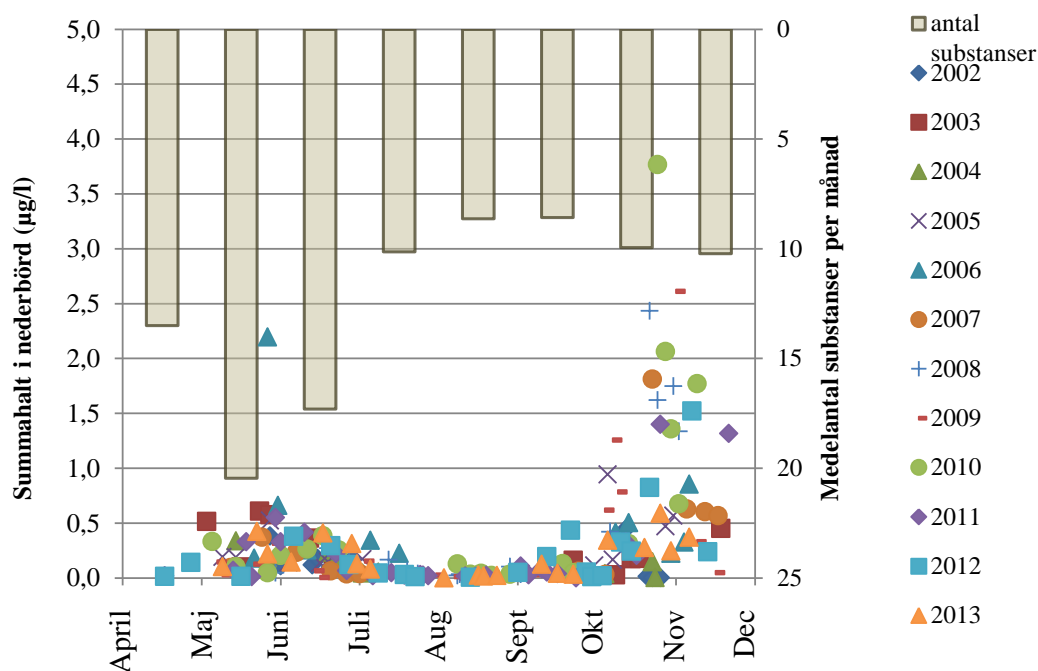
Den sammanlagda depositionen vid Vavihill har varierat mellan 100 och 650  $\text{mg ha}^{-1}$ ,  $\text{månad}^{-1}$ , under 2002-2013 räknat som månadsmedel för maj, juni och oktober (Figur 51). Aspvreten har haft betydligt lägre deposition, mellan 11 och 33  $\text{mg ha}^{-1}$ ,  $\text{månad}^{-1}$  under 2009-2013 för samma månader.

Resultaten från luftprovtagningen (2009-2011) vid Vavihill visar att många av de pesticider som detekteras i depositionen även återfinns i luften (Figur 52). Totalt har mellan 15 och 30 enskilda substanser detekterats per år. Av de substanser som påträffats i fler än 20 % av proverna är endast två stycken tillåtna för användning inom Sverige. Precis som för nederbördsproverna från Vavihill är det prosulfokarb som har påträffats i högst halt i luftproverna, med 13  $\text{ng m}^{-3}$  luft i ett prov (fem dygn) hösten 2010. Fördelningen av vilka substanser och hur ofta de påträffas i luft respektive nederbörd är delvis beroende på hur de

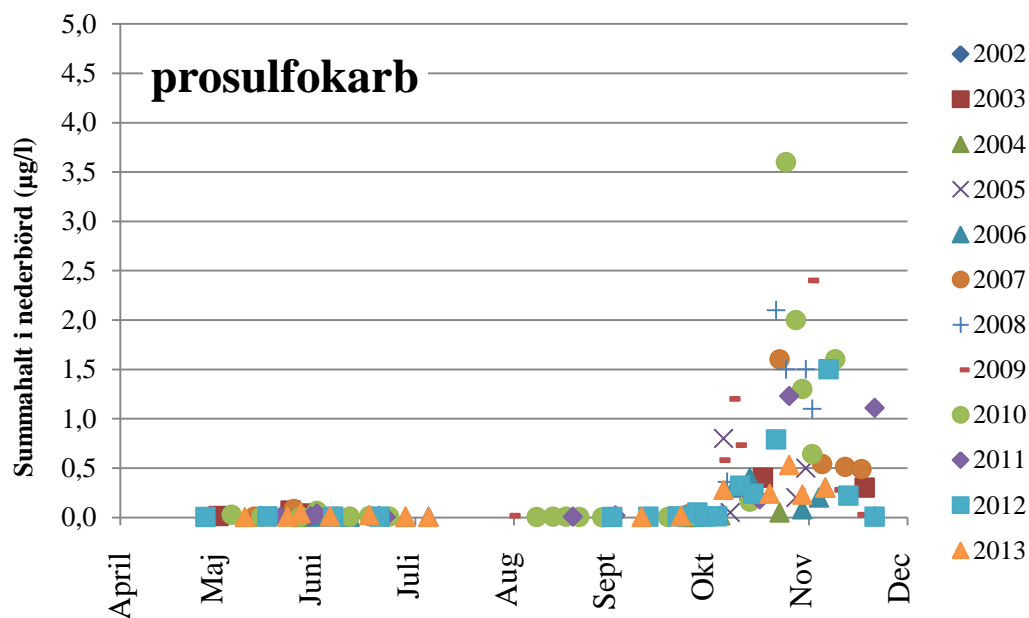
transporteras i atmosfären, men också i vilka halter de förekommer. Varje luftprov representerar stora volymer luft (ca 3 500 m<sup>3</sup> luft som passerar en adsorbent under sju dagars aktivt pumpande), vilket kan bidra till att vissa förbjudna substanser som förekommer i låga halter oftare påträffas i luftproverna jämfört med nederbördsproverna.



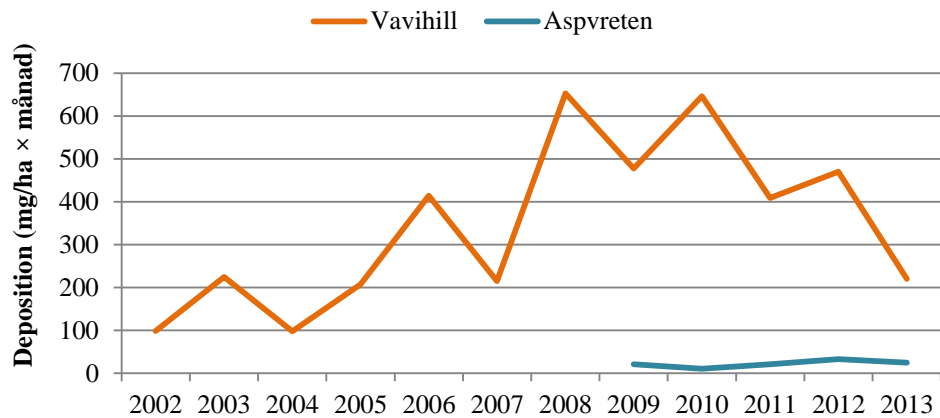
**Figur 48** Fyndfrekvens (andel prov med fynd) för de vanligast förekommande pesticiderna i nederbörd från Vavihill 2002-2013 (ex. lindan har återfunnits i 86 % av nederbördsproverna). Staplar i orange anger de substanser, inklusive nedbrytningsprodukter till vissa av dessa, som inte varit tillåtna att användas inom jordbruket i Sverige under hela eller huvuddelen av tidsperioden.



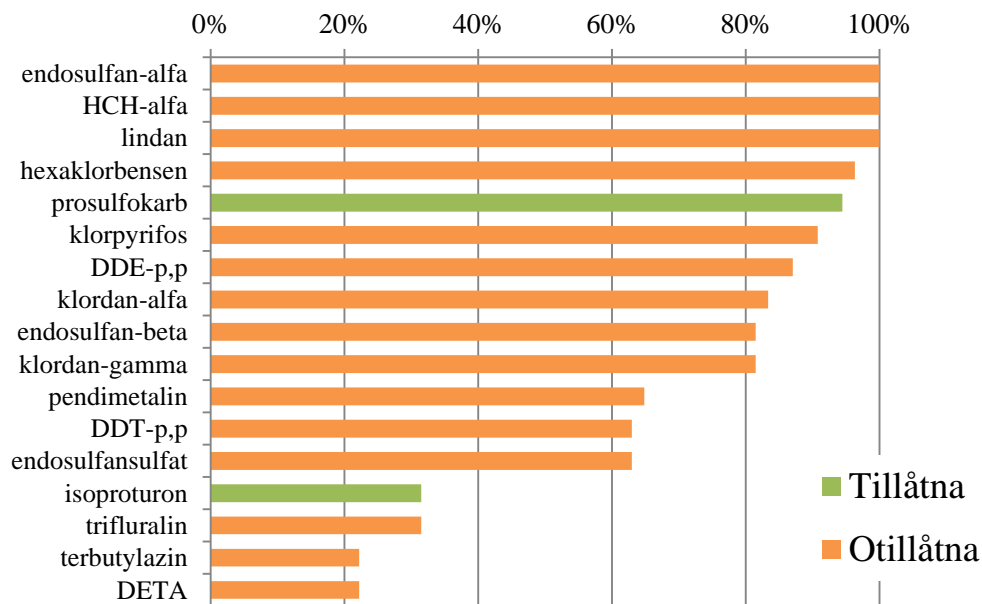
**Figur 49** Summahalt ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) av pesticider i nederbördsprov, för den dag då provet samlades in (vänster y-axel; olika symboler per år), samt medelantalet substanser per prov och månad (höger y-axel; staplar), för Vavihill, Skåne, 2002-2013 (ex. under juni har i medeltal 17,5 substanser påträffats per prov, vilkas summahalt varit  $<0,5 \mu\text{g l}^{-1}$ ).



**Figur 50** Halten av prosulfokarb i nederbörd, för den dag då provet samlades in, för Vavihill, 2002-2013 (illustrerar att prosulfokarb är den substans som dominerar summahalterna under hösten, som ses i Figur 49).



**Figur 51** Genomsnittlig månadsdeposition för maj, juni och oktober för Vavihill, Skåne, 2002-2013 och Aspvreten, Södermanland, 2009-2013.

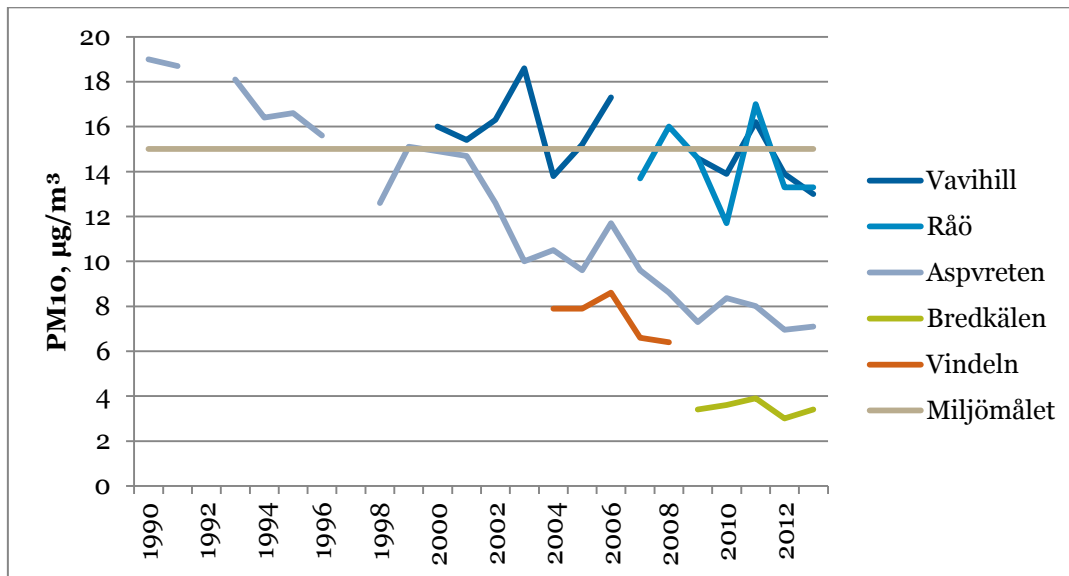


**Figur 52** Fyndfrekvens (andel prov med fynd) för de vanligaste förekommande pesticiderna i luft från Vavihill 2009-2013 (ex. DETA påträffades i 22 % av luftproverna). Staplar i orange anger de substanser, inklusive nedbrytningsprodukter till vissa av dessa, som inte varit tillåtna att användas inom jordbruket i Sverige under större delen av tidsperioden.

## 3.4 Partiklar

### 3.4.1 PM<sub>10</sub> och PM<sub>2.5</sub>

I Figur 53 och Figur 54 redovisas årsmedelvärdena av PM<sub>10</sub> och PM<sub>2.5</sub> i bakgrundsluft vid ett antal bakgrundsstationer. Vid Aspvreten och Vavihill har mätningar av PM<sub>10</sub> och PM<sub>2.5</sub> gjorts sedan 1990 resp. 2000. PM<sub>2.5</sub>-mätningarna vid Aspvreten startade 1998. Mätningarna vid Råö och Bredkålen startades 2007 resp. 2009. Från 2002 till 2008 gjordes dessutom mätningar vid Vindeln i Västerbotten.



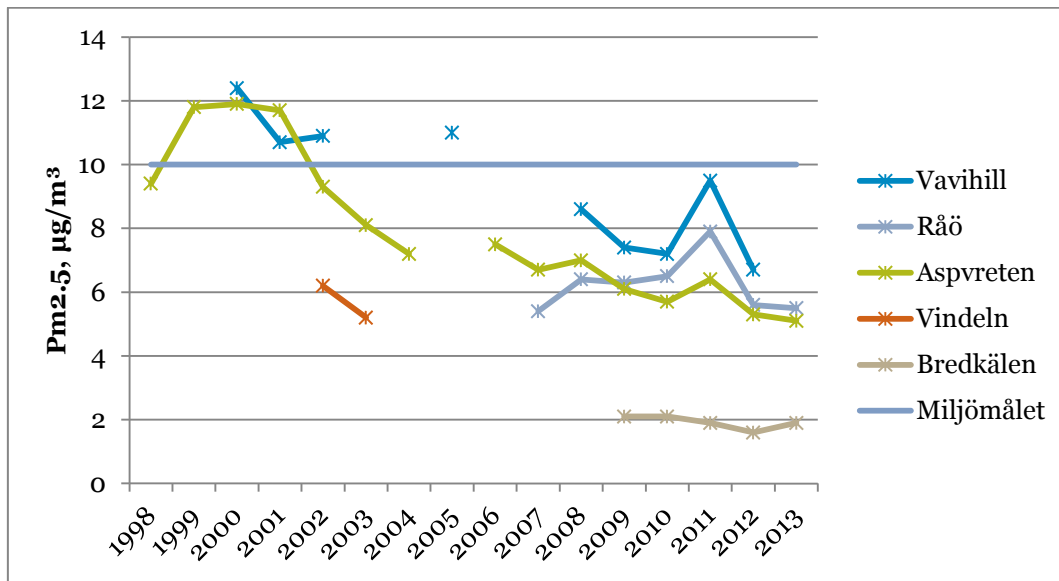
**Figur 53** Årsmedelvärden av PM<sub>10</sub> vid Bredkålen, Vindeln, Aspvreten, Råö och Vavihill under perioden 1990 – 2013.

Koncentrationen av PM<sub>10</sub> är idag i stort sett lika höga som miljömålet på Vavihill och Råö, d.v.s. runt 15 µg m<sup>-3</sup>. På stationerna längre öster- och norrut, Aspvreten och Bredkålen är halterna betydligt lägre. Vid Aspvreten (Södermanland) är halten 7 - 8 µg m<sup>-3</sup>; ungefär dubbelt så hög som vid Bredkålen. Att halterna är högre ju längre söderut man befinner sig i landet beror huvudsakligen på att södra Sverige ligger betydligt närmare de stora källområdena i Centraleuropa. Eventuellt kan också saltpartiklar från havet påverka halterna, framförallt på Råö.

Vid Aspvreten har årsmedelvärdet av PM<sub>10</sub> sjunkit från nästan 20 µgm<sup>-3</sup> i början av 1990-talet till dagens 7-8 µg m<sup>-3</sup>. Däremot finns ingen tydlig trend vid Vavihill sedan år 2000. Mätningarna vid Råö och Bredkålen har pågått under så kort tid så att det är svårt att uttala sig om någon trend.

Vid Vavihill är årsmedelvärdet av PM<sub>2.5</sub> 7 - 9 µg m<sup>-3</sup> idag, se Figur 54. Vid Råö och Aspvreten är halten cirka 6 µg m<sup>-3</sup>. I Bredkålen i Jämtland är halten betydligt lägre, runt 2 µg m<sup>-3</sup>.

Trenden för PM<sub>2.5</sub> vid Aspvreten sedan 1998, se Figur 54, överensstämmer väl med den för PM<sub>10</sub> på samma station. Årsmedelvärdet har sjunkit från 11 -12 µg m<sup>-3</sup> till 5 - 6 idag. Det är framförallt under perioden 2000 - 2005 som halten sjunkit, därefter avtar minskningen. Trenden på de övriga stationerna överensstämmer väl med den på Aspvreten.

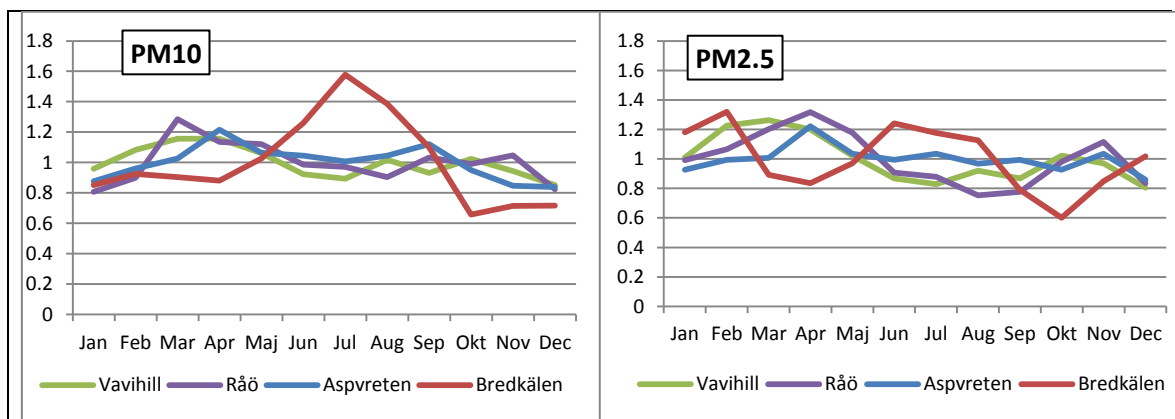


**Figur 54** Årsmedelvärden av PM<sub>2.5</sub> vid svenska bakgrundsstationer mellan 1998 och 2013.

Det finns ingen tydlig årsvariation av PM<sub>10</sub> och PM<sub>2.5</sub> vid de sydliga mätstationerna Vavihill, Aspvreten och Råö, se Figur 55. Det finns dock en viss tendens till något högre halter under de tidiga vårmånaderna.

Vid Bredkålen har halterna av PM<sub>10</sub> varit högre under sommaren än under resten av året. Däremot finns ingen tydlig variation av PM<sub>2.5</sub>.

Variationerna från år till år är relativt stora på grund av meteorologin. Halterna blir höga under månader med vindar företrädesvis från söder, medan halterna blir betydligt lägre under månader med nordliga vindar. Dessutom har mätningarna på Råö och Bredkålen pågått relativt kort tid, sedan 2008 -2009, varför de observerade årsvariationerna för dessa stationer inte är statistiskt säkra.



**Figur 55** Relativ årsvariation (månadsmedelvärde/årsmedelvärde för samtliga år då mätningar pågått vid respektive station) för PM<sub>10</sub> och PM<sub>2.5</sub> vid de svenska bakgrundsstationerna Vavihill, Råö, Aspvreten och Bredkålen.



### 3.4.2 Partikelbundna organiska ämnen och sot

#### 3.4.2.1 Partikelbundna organiska ämnen

Det är först under de senaste åren mätningar av partikelbundet organiskt kol (OC) i PM<sub>10</sub>-fraktionen har ingått i den nationella miljöövervakningen. Mätningarna startades vid Vavihill och Aspvreten i april 2008. Vid Aspvreten har mätningarna gjorts var tredje dag och periodvis med högre frekvens. Vid Vavihill har mestadels vecko- eller tredagarsprover tagits.

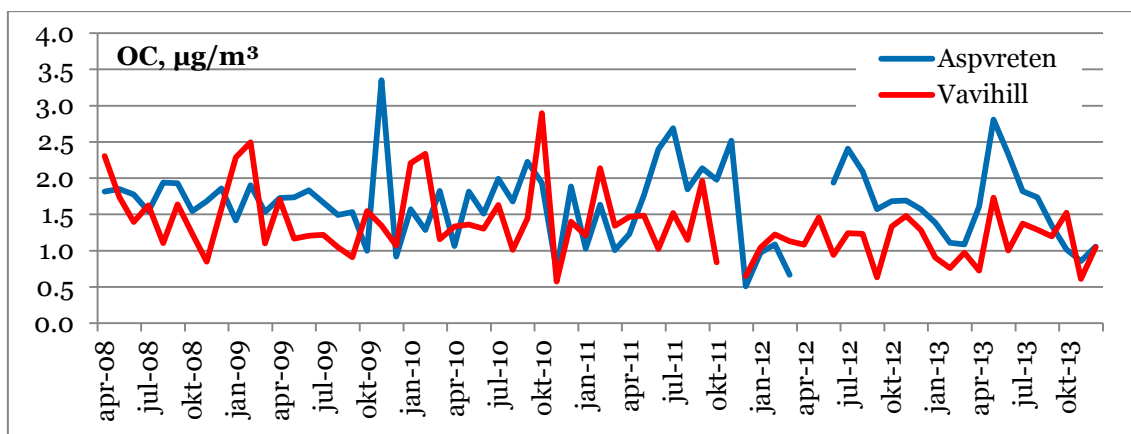
Under perioden (april 2008 – december 2013) varierade månadsmedelvärdena av partikelbundet organiskt kol, OC, i allmänhet mellan 1,0 och 2,5 µg m<sup>-3</sup>, se Figur 56. För hela perioden var medelvärdet på Aspvreten 1.6 och på Vavihill 1.3 µg m<sup>-3</sup>. Under perioden har halterna varit i stort sett oförändrade.

Under episoder kan halten vara betydligt högre. Vid Aspvreten var det högsta uppmätta dygnsmedelvärdet 12,3 µg m<sup>-3</sup>. Halterna kan variera kraftigt, det lägsta uppmätta dygnsmedelvärdet vid Aspvreten var 0,2 µg m<sup>-3</sup>; 60 gånger lägre än det högsta.

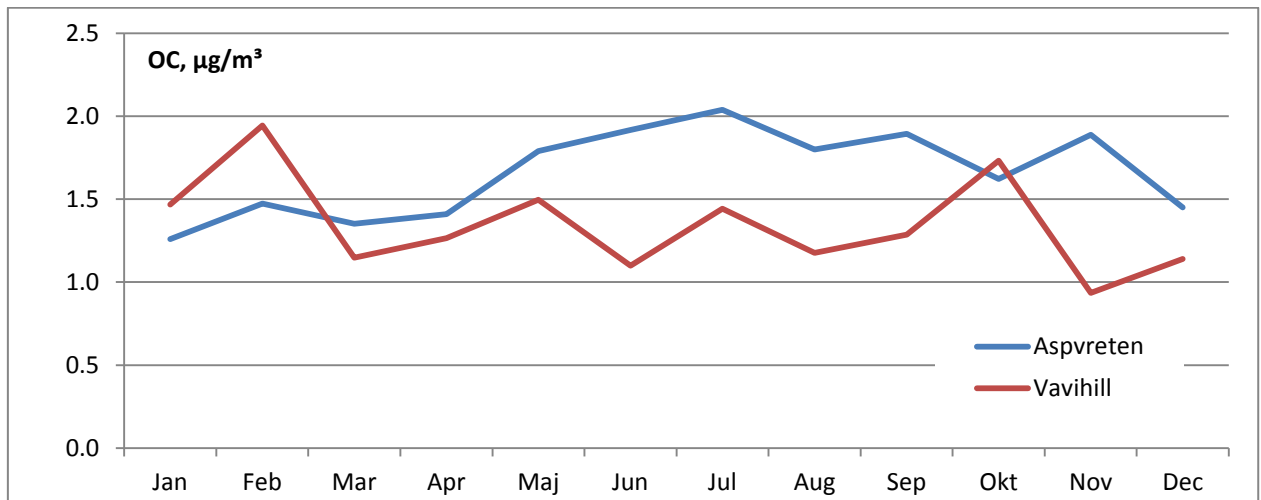
Av de hittills genomförda mätningarna framgår ingen variation under året, se Figur 57.

Det organiska kolet, OC, ingår i olika föreningar med andra ämnen, främst syre, kväve och väte. Den totala massan av organiska ämnen (OM) är alltså högre än OC. Andelen kol i dessa föreningar beror på aerosolens ålder, dvs. avstånd från källorna och även källornas sammansättning. I den vetenskapliga litteraturen anges att kolandelen i dessa föreningar kan variera mellan 50 – 70 %. Det innebär att OM (årsmedelvärdet) vid Aspvreten och Vavihill under 2008 – 2013 var mellan 2 och 3 µg m<sup>-3</sup>.

Organiska ämnen, OM, finns mestadels bundet till de små partiklarna, dvs. PM<sub>2.5</sub>. Vid Aspvreten och Vavihill var årsmedelvärdet av PM<sub>2.5</sub> mellan 6 och 9 µg m<sup>-3</sup> under 2008 -2013. Det innebär att OM utgör mellan 20 – 50 % av PM<sub>2.5</sub> vid dessa stationer.



**Figur 56** Partikelbundet organisk kol, OC, vid Vavihill och Aspvreten. Månadsmedelvärden april 2008 - december 2013.



**Figur 57** Partikelbundet organisk kol, OC, vid Vavihill och Aspvreten. Årsvariation, månadsmedelvärden för samtliga år då mätningar pågått vid respektive station.

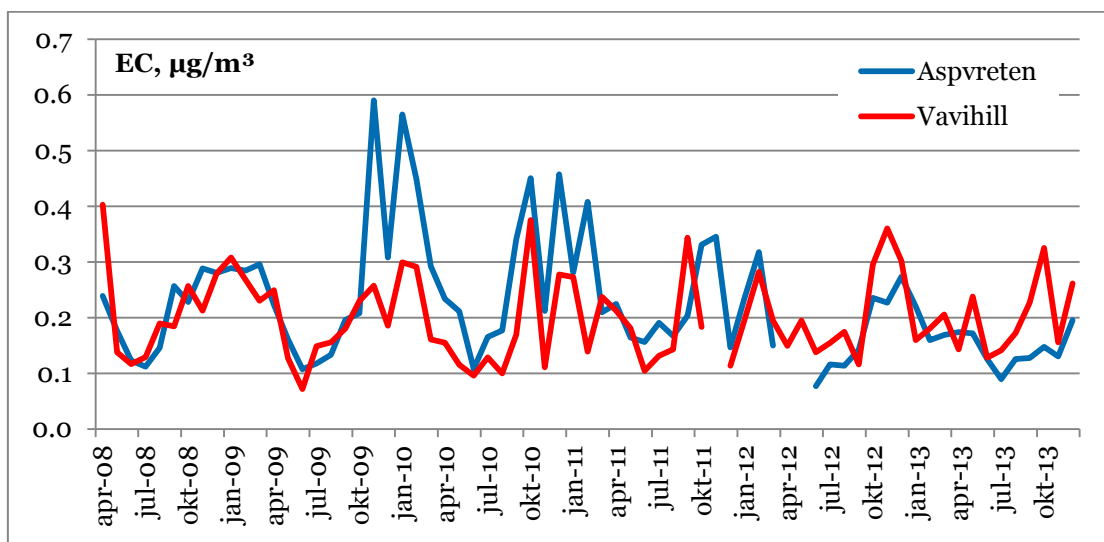
### 3.4.2.2 Sot

Sot bestäms på flera olika sätt och det mätresultat man erhåller beror på metoden. Beteckningen elementärt kol (EC) används om bestämningen görs med en termo-optisk metod. Om halten bestäms med hjälp av ljusabsorption används beteckningen black carbon (BC), och om halten bestäms med hjälp av ljusreflektion från ett filter med partiklar används ofta uttrycket black smoke (BS). Här presenteras resultat från alla metoder. Om bestämningen görs som EC görs en direkt mätning av partiklarnas kolinnehåll, vid de övriga metoderna måste det uppmätta värdet (ljusabsorption resp. -reflektion) räknas om till en koncentration med hjälp av olika antaganden. Bestämningen av sot som EC är därför den metod som ger det mest tillförlitliga värdet på mängden elementärt kol. Vid analysen bestäms samtidigt organiskt kol, OC. Metoden kan dock inte på ett säkert sätt skilja på OC och EC. Vad som anges som OC eller EC är därför metodberoende.

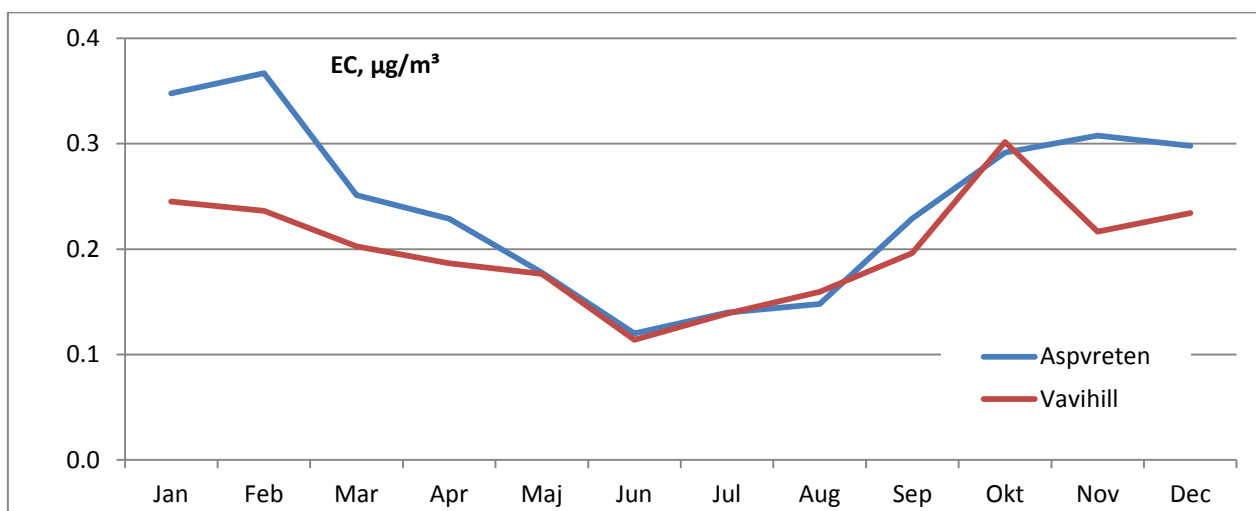
Halterna av sot som EC har bestämts sedan april 2008 på Aspvreten och Vavihill. Liksom för OC är det andelen EC i PM<sub>10</sub>-fraktionen som mäts.

Månadsmedelvärdena av partikelbundet elementärt kol (EC) vid Vavihill och Aspvreten under perioden 2008 t.o.m. 2013 visas i Figur 58. Halterna på de båda stationerna överensstämmer väl med varandra under stora delar av perioden men var högre på Aspvreten under vinterhalvåret 2009/2010 och 2010/2011. För hela perioden var medelvärdet 0,24 och 0,20 µg m<sup>-3</sup> på Aspvreten respektive Vavihill.

Koncentrationen är betydligt högre under vintermånaderna än under sommaren, se Figur 59.



**Figur 58** Partikelbundet elementärt kol, EC, vid Vavihill och Aspvreten. Månadsmedelvärden april 2008 - december 2013.

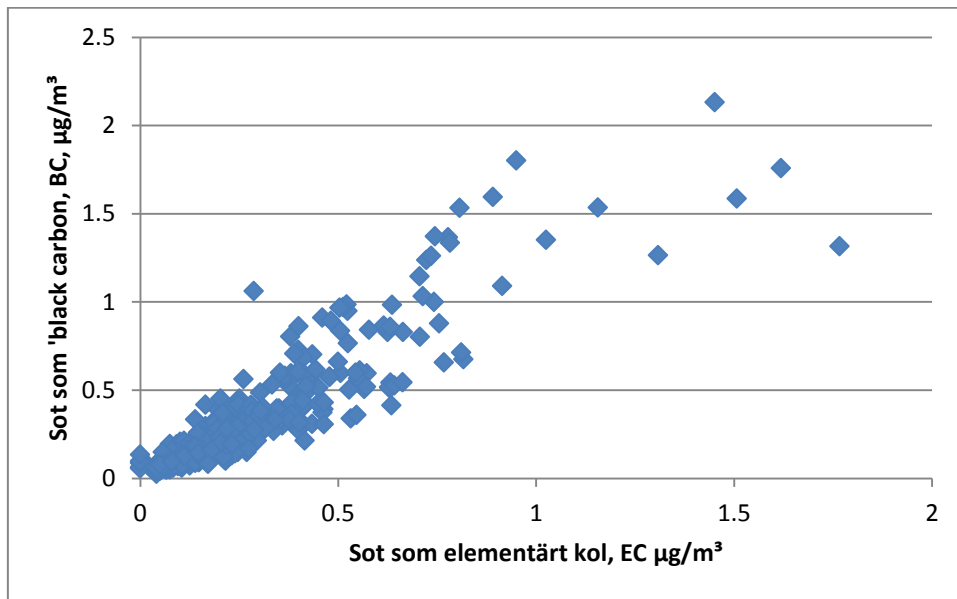


**Figur 59** Partikelbundet elementärt kol, EC, vid Vavihill och Aspvreten. Årsvariation, månadsmedelvärden för samtliga år då mätningar pågått vid respektive station.

Orsaken till de högre halterna under den kalla årstiden är att den främsta källan till sot är förbränning av olika organiska bränslen. Förbrukningen av dessa för uppvärmning ökar i hela Europa under den kalla årstiden.

Vid Aspvreten, där mätningar gjorts var tredje dag, var det högsta dygnsmedelvärdet  $1,7 \mu\text{g m}^{-3}$ , det lägsta  $0,02$ , d.v.s. cirka 80 gånger lägre.

Vid Aspvreten och Vavihill bestäms också sot som 'black carbon' (BC). Vid Aspvreten visar mätningarna av EC och BC, dvs. två metoder med helt olika principer för att mäta innehållet av sot, mycket god korrelation, se Figur 60.



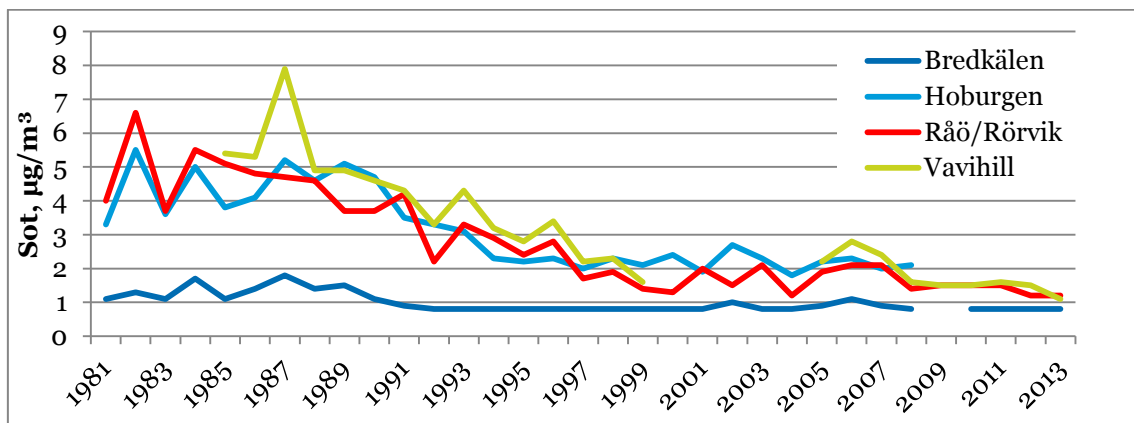
**Figur 60** Sot mätt som BC plottat mot sot mätt som EC. Dygnsdata 2008 – 2013 från Aspvreten.

Sot bestämt som 'black carbon' är alltså en mycket bra indikativ metod för att bestämma partiklarnas innehåll av elementärt kol. Metodens främsta fördel, jämfört med den mer direkta bestämningen med den termo-optiska metoden, är att den är kontinuerlig och kan ge en hög tidsupplösning. Vid Aspvreten och Vavihill sparas resultaten som timmedelvärden, men det finns möjlighet att registrera medelvärden för kortare tidsperioder (vilket skulle kunna vara intressant under tillfällena med höga halter). Man kan därför mer i detalj studera olika processer och episoder.

Vid många av bakgrundstationerna (och i städer) har sot bestämts som 'black smoke' (BS), se ovan, under många år. Denna metod utvecklades under 1960-talet och fungerade bra så länge halterna av svarta partiklar i luften var hög. Idag, och framför allt i den regionala bakgrunden, är metoden alltför okänslig. Under 2012 var t.ex. halterna under detektionsgränsen för metoden under mer än 350 av årets dagar vid den nordligaste belägna stationen Bredkålen, och vid Vavihill i Skåne var halterna över detektionsgränsen under bara 1/3 av årets dagar.

Årsmedelvärdena har sjunkit kraftigt sedan början av 1980-talet, se Figur 61. Halten sot som BS har vid de sydliga stationerna Vavihill, Rörvik/Råö och Hoburgen minskat från 4 – 7  $\mu\text{g m}^{-3}$  under 1980-talet till 1,5 – 2  $\mu\text{g m}^{-3}$  under senare år. Minskningen skedde i stort sett från mitten av 1980-talet till slutet av 1990-talet. Därefter har halterna i stort sett varit oförändrade.

Vid Bredkålen syns inte någon minskning i samma omfattning. Under de allra första åren av perioden tycks en viss minskning ha skett, men sedan är halterna i stort sett oförändrade. En orsak till detta kan vara att haltnivåerna ligger i närheten av metodens detektionsgräns, vilket gör det svårare att upptäcka eventuella förändringar. Detta gäller också för stationerna i söder sedan slutet av 1990-talet.

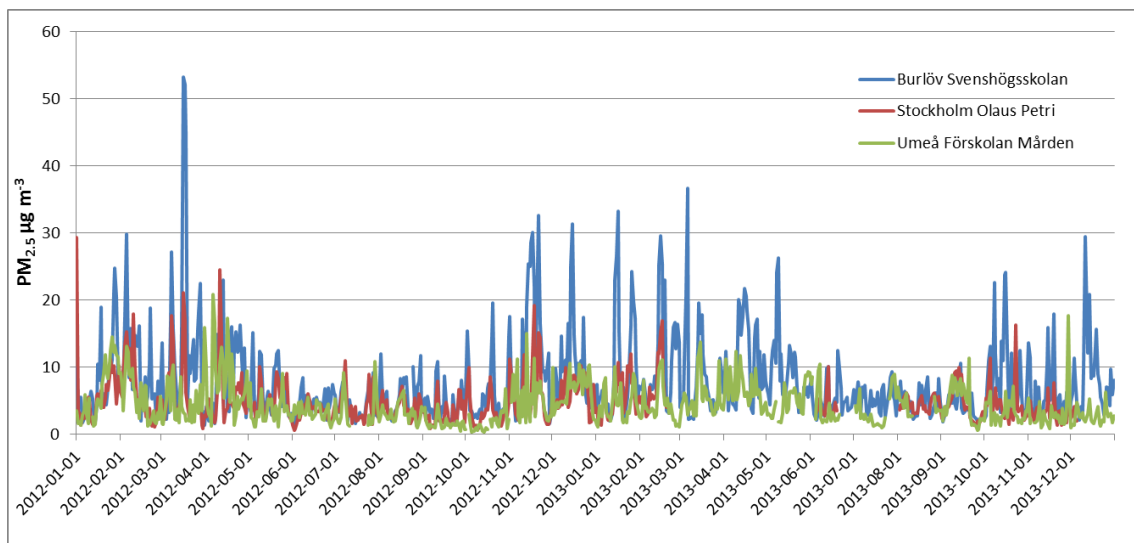


Figur 61 Årsmedelvärden av sot, uppmätt som 'black smoke', vid svenska bakgrundsstationer 1981 – 2013.

### 3.4.3 PM<sub>2.5</sub> i tätort

För uppföljning av det exponeringsminskningsmål som anges i Luftkvalitetsförordningen (SFS 2010:477) påbörjades under våren/sommaren 2009 övervakning av PM<sub>2.5</sub> i urban bakgrundsluft i tre tätorter i landet; Burlöv (strax utanför Malmö), Umeå och Stockholm. Mätresultaten från dessa stationer ska sammantaget ge ett mått på befolkningens genomsnittliga exponering. Denna indikator ska beräknas som ett glidande tre-årsmedelvärde för koncentrationen av PM<sub>2.5</sub> i samtliga mätpunkter. Detta utgör underlaget för att fastställa målet (i procent) för en minskad exponering, där medelhalten för åren 2009-2011 ska jämföras med motsvarande värde för åren 2018-2020. För perioden 2009-2011 var den genomsnittliga exponeringsnivån 6,6 µg m<sup>-3</sup>.

I Figur 62 redovisas dygnsmedelhalter för respektive mätstation under 2012 och 2013. Under 2013 var det tyvärr problem med instrumentet vid mätstationen i Stockholm, vilket medförde ett databortfall på cirka 50 %. Halten av PM<sub>2.5</sub> var generellt lägst under sommarhalvåret, medan det, framför allt i södra Sverige, uppmättes betydligt högre halter under vinterhalvåret. Liksom i den regionala bakgrundsluften avtar den genomsnittliga partikelbelastningen i urban bakgrund norrut i landet. Miljömålet (högst 3 dygn > 25 µg m<sup>-3</sup>) överskreds i Burlöv både under 2012 (11 dygn) och 2013 (8 dygn), medan målet klaras i Umeå och Stockholm. Eftersom databortfallet för Stockholm 2013 var stort har jämförelse även gjorts med data från Stockholms Miljöförvaltning ([www.slb.nu](http://www.slb.nu)), men inte heller dessa visar på några överskridanden.

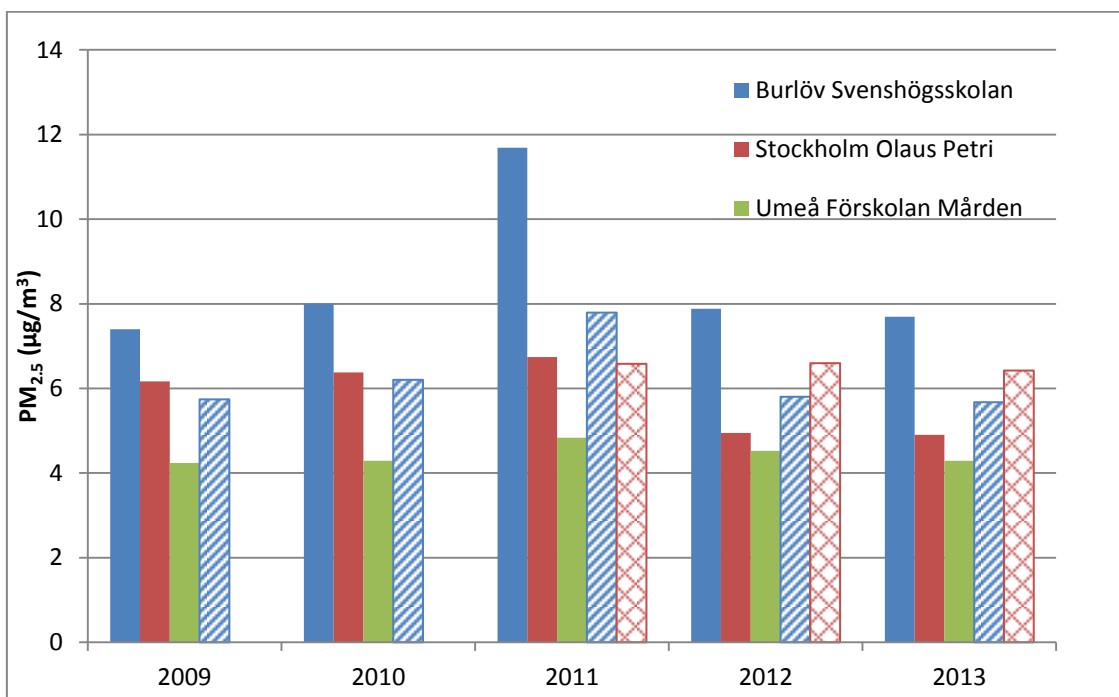


**Figur 62** Dygnsmedelhalter av PM<sub>2.5</sub> under 2012 och 2013.

I Figur 63 redovisas årsmedelhalter av PM<sub>2.5</sub> under 2009-2013. För att kunna beräkna exponeringsindikatorn har, för de år då databortfallet varit >25% (Stockholm 2009, 2013 och Umeå 2009), en viss komplettering gjorts med PM<sub>2.5</sub>-data från andra mätningar i urban bakgrundsluft i dessa städer.

Av figuren framgår att årsmedelhalten under 2011 var förhöjd vid samtliga mätstationer. Övriga år har PM<sub>2.5</sub>-halten legat på i stort sett samma nivå i Burlöv respektive Umeå, medan halten i Stockholm under 2012 och 2013 var cirka 20% lägre än tidigare.

Resultatet av indikatorberäkningen ger (som rullande tre-årsmedelvärde) en genomsnittlig exponering för åren 2011-2013 på 6,4 µg m<sup>-3</sup>, ett något lägre värde än de två tidigare perioderna som går att beräkna. Denna indikatorhalt innebär att man i Sverige redan uppnått det krav som ställs för en acceptabel exponeringsnivå (<8,5 µg m<sup>-3</sup>) med avseende på PM<sub>2.5</sub> år 2020, förutsatt att nivån inte ökar.

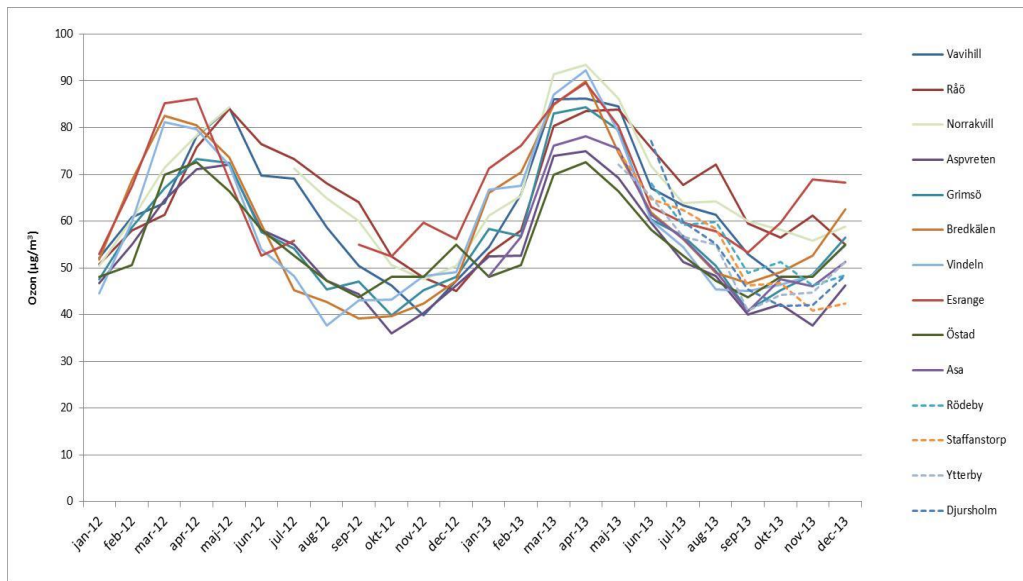


**Figur 63** Årsmedelhalter av PM<sub>2.5</sub> i urban bakgrundsluft under 2009 – 2013 samt årligt genomsnitt och rullande tre-årsmedelvärde av exponeringsindikatorn. Observera att viss komplettering gjorts av mätdata för Stockholm (2009, 2013) respektive Umeå (2009).

### 3.5 Marknära ozon

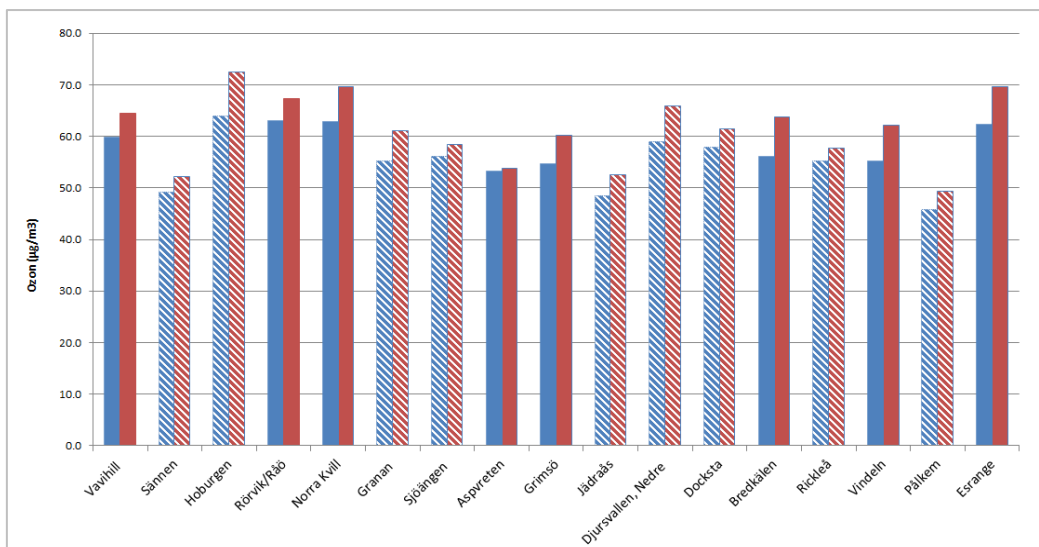
Till följd av de krav som anges i EU-direktivet 2008/50/EG utökades under 2013 övervakningen av ozon med sex nya mätstationer, varav två i regional bakgrund (Östad och Asa) och fyra i förorter (Staffanstorp, Rödeby, Ytterby och Djursholm). Månadsmedelvärden under 2012 och 2013 för de fjorton platser där marknära ozon mäts på timbasis redovisas i Figur 64. Generellt observeras de högsta medelhalterna under våren (mars-maj), och något tidigare i norra Sverige än i de södra delarna av landet. På två platser, Vindeln och Norra Kvill, uppmättes under 2013 månadsmedelhalter högre än 90 µg m<sup>-3</sup>. Miljömålet för timmedelvärdet, 80 µg m<sup>-3</sup>, överskreds kraftigt vid samtliga mätstationer. Uppmätta halter i förorterna, under det sista halvåret 2013, visade generellt på något lägre nivåer än i den regionala bakgrunden i södra Sverige.

Informationsnivån (180 µg m<sup>-3</sup> som enskilt timmedelvärde) överskreds inte någon gång under 2012 och 2013. Det hösta timmedelvärdet uppmättes 2012 i Vavihill (162 µg m<sup>-3</sup>).



**Figur 64** Månadsmedelhalter, baserat på mätningar på timbasis, vid de svenska bakgrundsstationerna under 2012-2013. De heldragna linjerna avser mätningar i regional bakgrund och de streckade linjerna avser mätningar i föroorter.

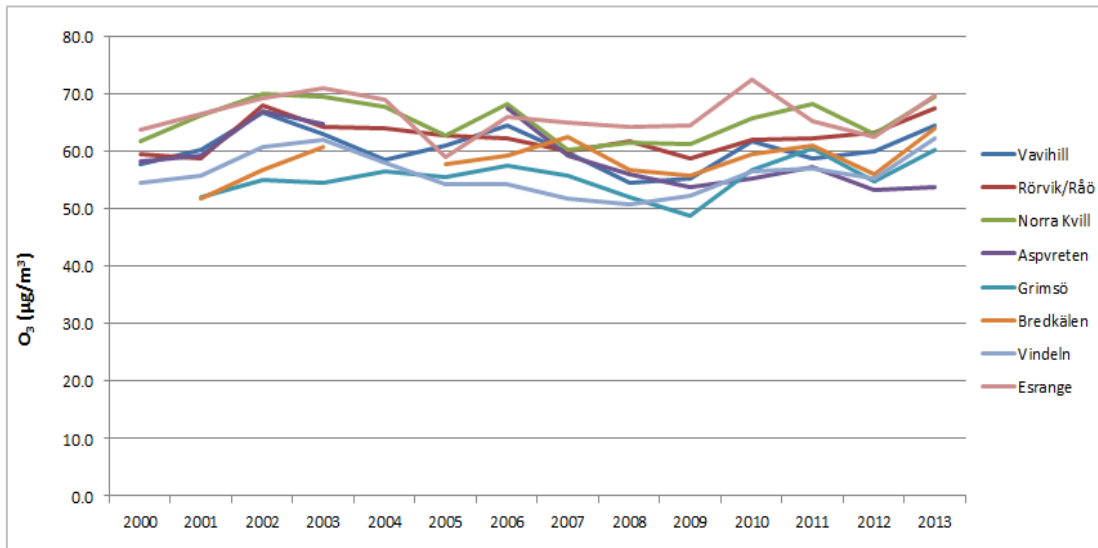
I Figur 65 visas belastningen av ozon i form av årsmedelhalter i bakgrundsluft under 2012 och 2013 vid samtliga 17 mätstationer som ingår i den nationella övervakningen och för vilka årsmedelvärden kan beräknas. Hålnivån varierade mellan  $46 \mu\text{g m}^{-3}$  (Pålkem, 2012) och  $73 \mu\text{g m}^{-3}$  (Hoburgen, 2013). Årsmedelhalten var högre vid alla mätstationerna under 2013 jämfört med 2012. Det bör dock påpekas att differensen i flertalet fall är mycket liten och inom ramen för osäkerheten i mätningarna. Till skillnad från många andra luftföroreningskomponenter finns det för årsmedelvärdet ingen tydlig geografisk haltgradient över landet.



**Figur 65** Årsmedelhalter i svensk bakgrundsluft under 2012-2013 från mätningar på både tim- och månadsbas. De blåa stolparna avser mätningar under 2012 och de röda stolparna avser mätningar 2013. De streckade staplarna avser mätningar med diffusionsprovtagare.

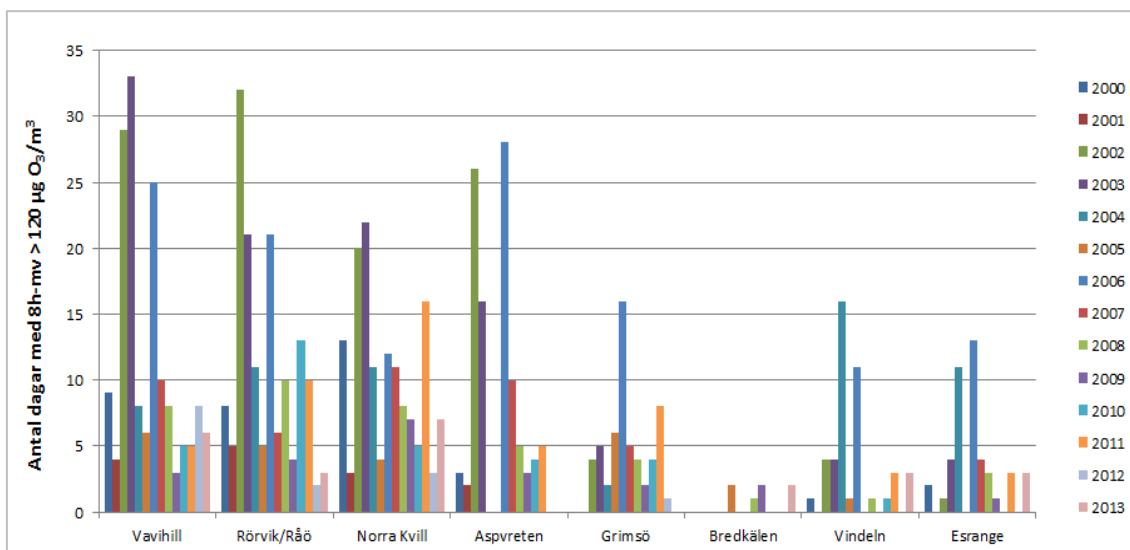


Det finns heller ingen tydlig trend i medelbelastningen av ozon under det senaste decenniet, utan det är framför allt meteorologin som styr mellanårsvariationen. I Figur 66 redovisas utvecklingen avseende årsmedelhalten under perioden 2000-2013 vid de åtta EMEP-stationer från vilka det finns långa mätserier. Av figuren framgår också att Esrange och Norra Kvill, med undantag för några år i mitten av 2000-talet, genomgående uppvisat de högsta haltnivåerna.



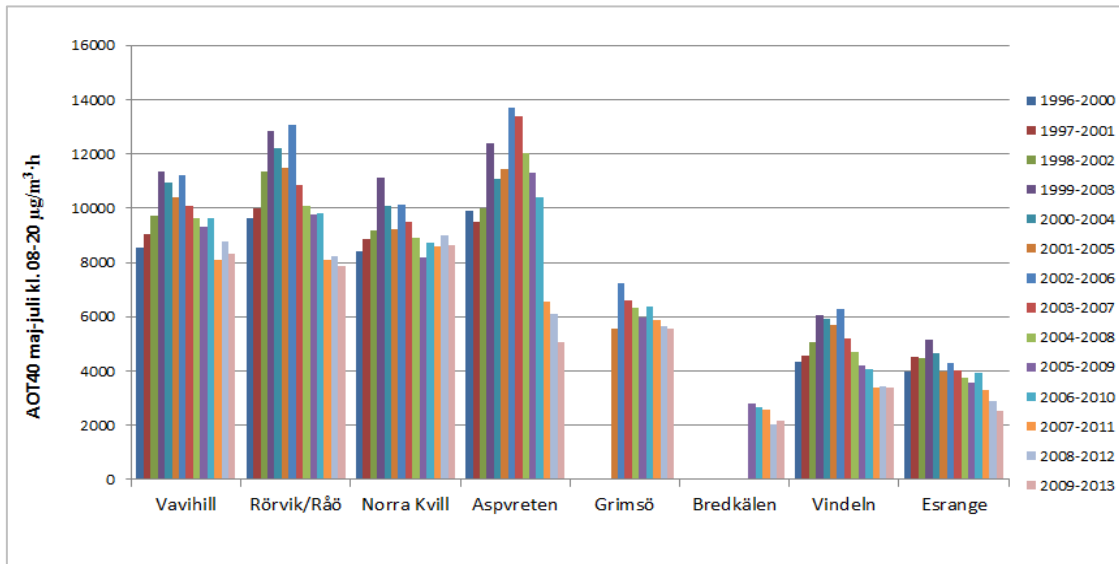
**Figur 66** Årsmedelvärden av ozon, baserat på mätningar på timbas, i svensk bakgrundsluft mellan åren 2000 till 2013.

Antalet dygn då det glidande 8-timmarsmedelvärdet är högre än  $120 \mu\text{g m}^{-3}$  varierar också, främst i förhållande till meteorologin, se Figur 67. Här syns dock en tydlig geografisk gradient, där antalet höghaltstillfällen är betydligt fler i södra än i norra Sverige. Nuvarande MKN för människors hälsa överskrids varje år vid flertalet av stationerna. Antalet dygn med förhöjda halter har dock varit lägre under de senaste åren jämfört med under några av de tidigare åren under 2000-talet. Den högsta frekvensen noterades under 2012 i Vavihill (8 dygn) och under 2013 i Norra Kvill (7 dygn).



**Figur 67** Antalet dygn med glidande 8-timmarsmedelvärden  $> 120 \mu\text{g O}_3 \text{ m}^{-3}$  mellan åren 2000 och 2013.

Samma mönster som för normen till skydd för människors hälsa, en högre ozonbelastning i södra Sverige, ses även för normen för växtlighet, AOT40, Figur 68. Den belastningsnivå (18 000  $\mu\text{g m}^{-3}\cdot\text{h}$  som 5-årsmedelvärde) som skall eftersträvas från 2010 har aldrig överskridits. I södra Sverige låg nivån under 2012 och 2013 som högst kring 9 000  $\mu\text{g m}^{-3}\cdot\text{h}$ , medan belastningen i norr låg lägre än nivån för det värde (6 000  $\mu\text{g m}^{-3}\cdot\text{h}$ ) som gäller från 2020.



**Figur 68** AOT40 ( $\mu\text{g m}^{-3}\cdot\text{h}$ ) för ozon mellan maj – juli, kl. 08-20, som rullande 5-årsmedelvärden mellan åren 2000 och 2013 (som slutår i medelvärdesberäkningen).

## 4 Modellresultat

### 4.1 Årlig kartläggning av MATCH-Sverigesystemet

Nedan visas utvalda resultatkartor från beräkningar av halter i luft och deposition till mark med MATCH-Sverigesystemet för 2009 till 2012. I övrigt hänvisas till SMHI:s hemsida (<http://www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi>), där resultat för åren 1998-2012 är tillgängliga. Då metodiken inte är konsistent för åren innan 2009 så görs ingen trendanalys. Däremot görs med hjälp av kartorna en jämförelse över hela landet mellan åren 2009 och 2012.

#### 4.1.1 Halter i luft

I Figur 69 och Figur 70 visas halter i luft av reducerat kväve ( $\text{NH}_x$ ), i Figur 71 och Figur 72 för kvävedioxid ( $\text{NO}_2$ ) och i Figur 73 och Figur 74 för svaveldioxid ( $\text{SO}_2$ ). För respektive förorening visas beräkningar av de totala halterna, d.v.s. halter innehållande både bidrag från Sverige och övriga Europa (långväga transportbidrag) samt Sveriges bidrag separat.

Då det gäller reducerat kväve kan man i Figur 69 se att de högsta halterna i bakgrundsluft finns i södra Sverige, speciellt i Skåne, Västra Götalands län, Östergötlands län samt Kalmar-Ölandregionen och Gotland. Norrland, speciellt norra Norrlands inland, har relativt låga halter av reducerat kväve. Halterna är något högre 2011 jämfört med 2009 och 2010, för att sedan sjunka något till 2012. Detta är särskilt tydligt över de områden där de högsta halterna återfinns. Genom att studera kartorna med Sveriges bidrag (Figur 70) ser vi högre halter 2010 och 2011. Den högre totala halten orsakas därmed delvis av ett större Sverige-bidrag. Den norska fjällstationen Karvatn, som tidigare orsakat höga värden vid den norska gränsen i Norrlands inland, togs bort 2010 då den inte ansågs vara representativ för området den påverkar i modellsystemet. För reducerat kväve i luft varierar totalhalten för 2012 mellan som högst  $1,7 \mu\text{g N m}^{-3}$  i söder och som lägst  $0,09 \mu\text{g N m}^{-3}$  i nordligaste Sverige.

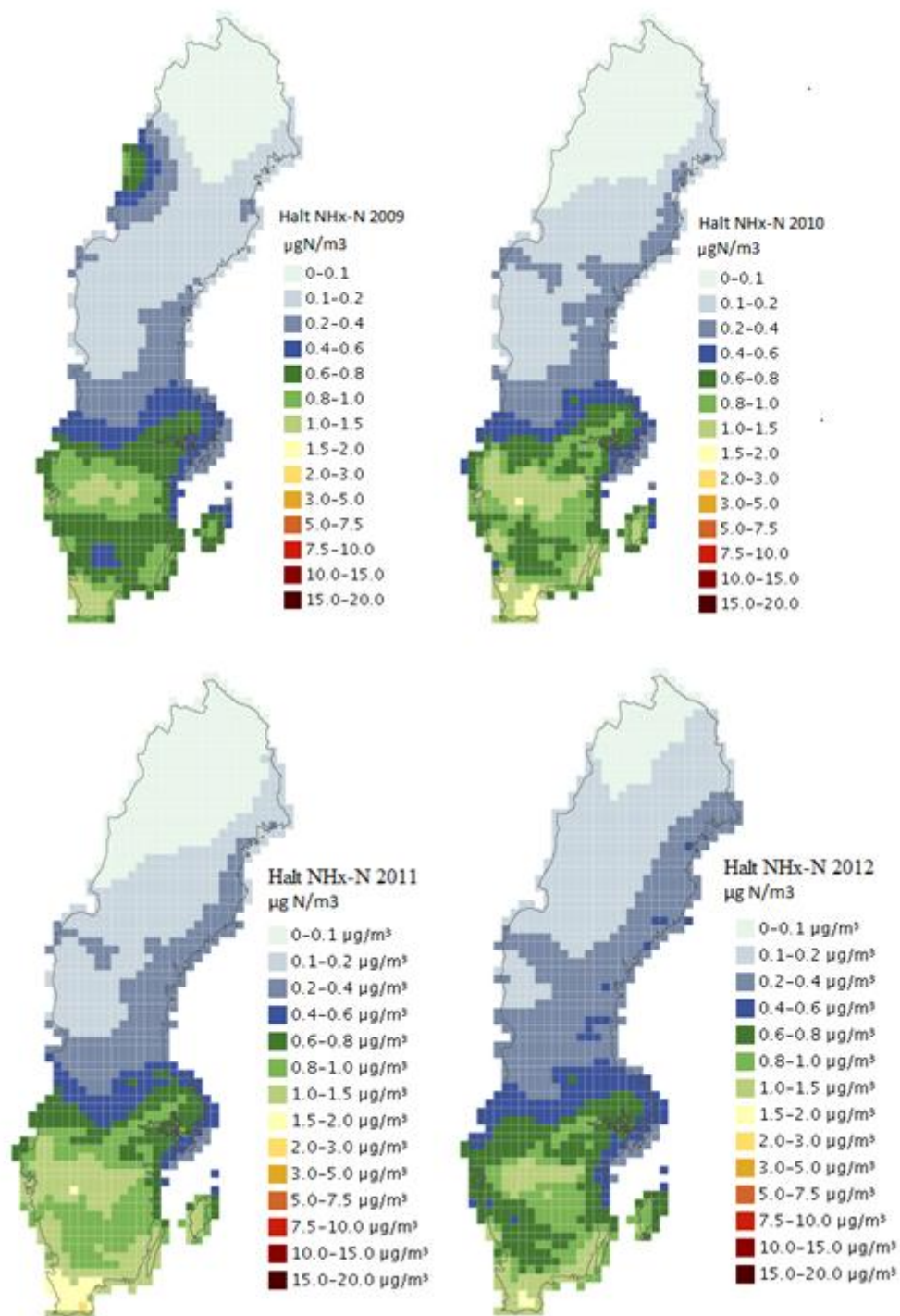
Även halterna av kvävedioxid i bakgrundsluft i Figur 71 är något högre över vissa områden i 2010 och 2011 års beräkningar jämfört med 2012, speciellt längs Norrlandskusten, Stockholms- och Göteborgsregionerna och i västra Skåne. I norra Norrlands inland är halterna något lägre 2010 jämfört med 2009, men ökar år 2012. Genom att studera kartorna med Sverige-bidrag i Figur 72 kan man se att de förhöjda halterna delvis kommer från förhöjda halter orsakade av svenska emissioner. De högsta halterna av kvävedioxid återfinns i storstadsområdena Stockholm och Göteborg samt i Västmanlands län, Södermanlands län, Västra Götalands län och i västra Skåne. År 2012 är Sverigebidraget något lägre än tidigare år. För oxiderat kväve finns de högsta koncentrationerna i storstadsregionerna och varierar mellan  $0,07$  och  $2,6 \mu\text{g N m}^{-3}$  över Sverige.

För svaveldioxid i Figur 73 syns en tydlig minskning av halter i bakgrundsluft 2011 och 2012 jämfört med 2009 och 2010. Minskningarna gäller i princip för hela landet. Det är i Göteborgs- och Stockholmsregionerna samt längs Norrlandskusten och i västra Skåne som de högsta halterna av svaveldioxid i bakgrundsluft finns. I likhet med reducerat kväve och kvävedioxid är halterna av svaveldioxid låga i Norrlands inland. Koncentrationen i luft varierar mellan  $0,03$  och  $1,9 \mu\text{g S m}^{-3}$  över Sverige. Figur 74, med Sveriges bidrag av halter i luft av svaveldioxid, visar också något lägre halter för 2012 jämfört med tidigare år, framförallt på västkusten. Förändringen från 2009-2010 till 2011-2012 orsakas främst av en förändring i långdistansbidraget. Förklaringarna till sänkningen kan vara många, till exempel så uppdaterades emissionerna i MATCH-modellen år 2012. Svaveldirektivet som reglerar svavelhalten i marina bränslen började gälla år 2012. En övergång till lägre svavelhalter i fartygsbränsle skedde säkerligen under en övergångsperiod, vilket delvis kan förklara lägre lufthalter av svaveldioxid under 2011 och 2012. Men det kan också ha andra orsaker, som variationer i meteorologi. 2012 var ett speciellt blött år i Sverige, vilket

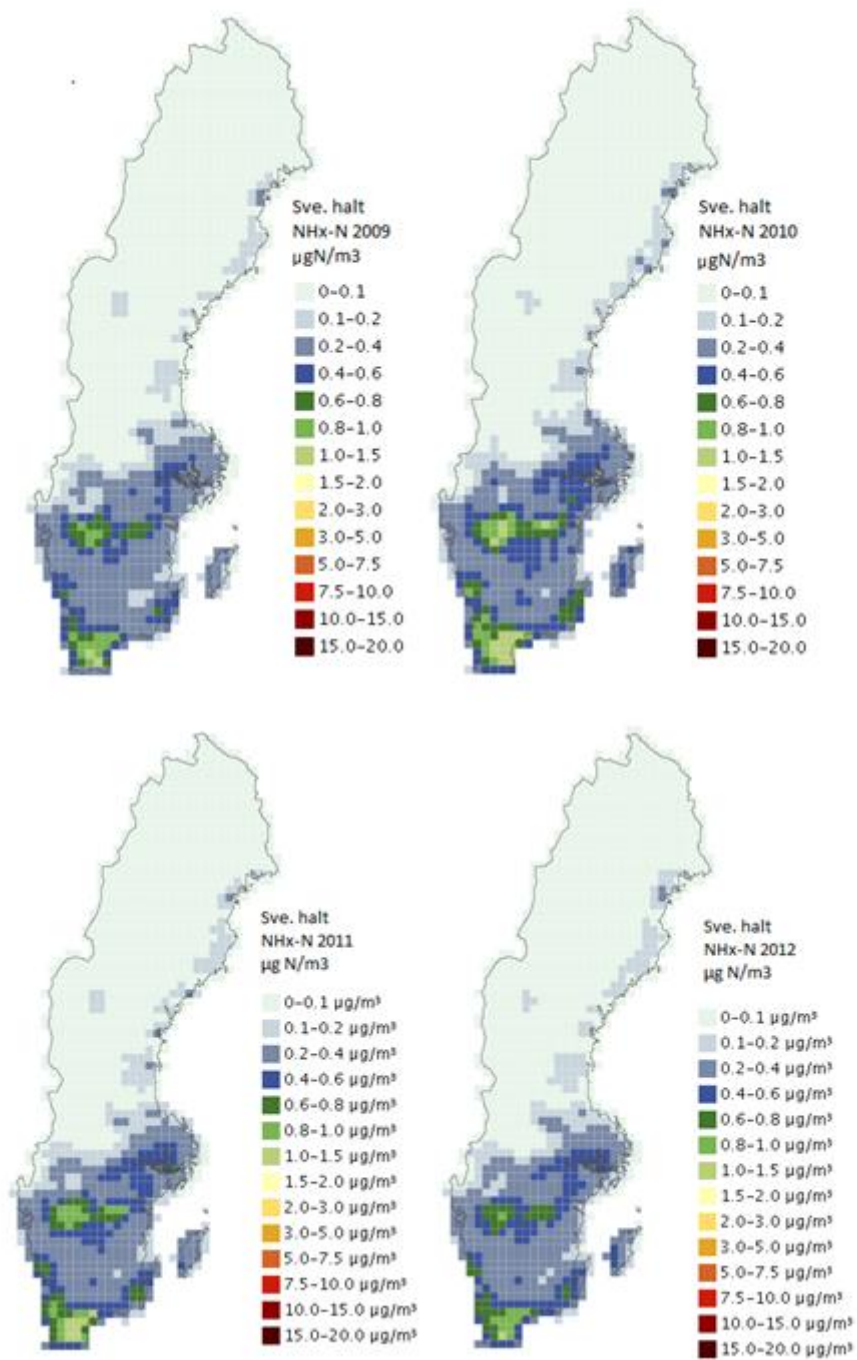
sänker luftföroreningshalterna generellt. För att få en korrekt helhetsbild behöver en detaljerad studie av olika komponenters inverkan på svaveldioxidhalterna göras.

Skillnaderna mellan de fyra åren är primärt orsakade av variationer i meteorologi, både direkt och via påverkan på mängden utsläpp. Mönster och mängd nederbörd, temperatur, vindmönster och vindstyrka varierar mellan åren och bidrar därmed till variation i lufthalter och deposition. T.ex. bidrar en kallare vinter till mer stabilt väder (d.v.s. mindre turbulens och därmed mindre omblandning), vilket tenderar att öka halten av lokalt utsläppta föroreningar, d.v.s. Sverige-bidraget. Förändrade förhållanden i oxidativ kapacitet mellan åren påverkar också lufthalten av kväve och svavelhaltiga gaser och partiklar. Detta är kopplat till halten av långdistanstransporterad luftmassa innehållande t.ex. troposfäriskt ozon. För övrigt påverkar nederbörds mängden också lufthalten av svavel- och kvävehaltiga gaser och partiklar. För att kunna förklara skillnaderna mellan åren 2009 till 2012 krävs en djupare analys av meteorologisk och atmosfärskemisk situation under åren.

Under 2012 orsakade de svenska emissionerna i genomsnitt 42 % av totalhalterna för SO<sub>2</sub>. Motsvarande siffra för NO<sub>2</sub> och reducerat kväve var 39 % respektive 35 %.

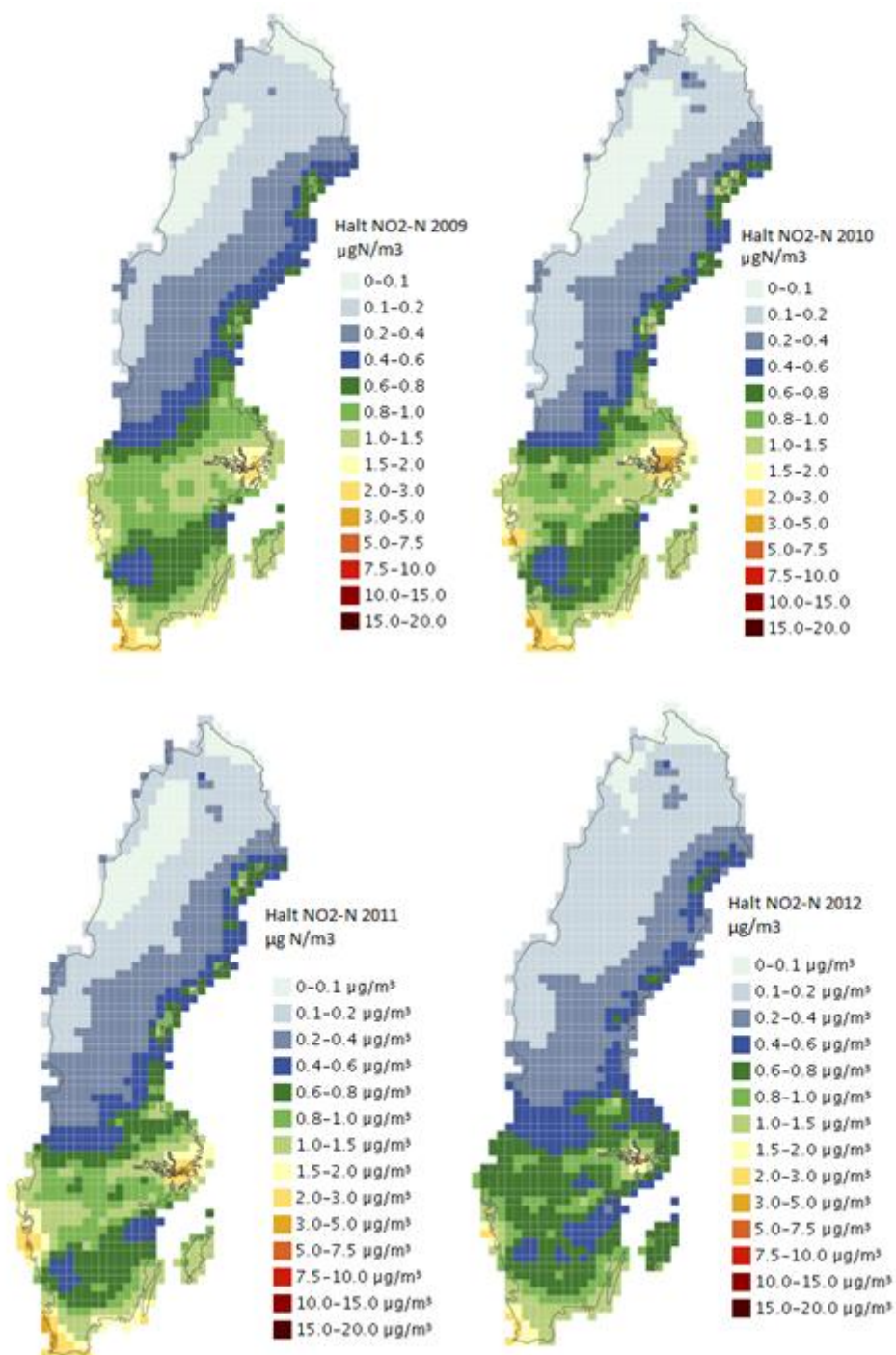


**Figur 69** Totala halter av reducerat kväve i luft år 2009 till 2012. Totala halter inkluderar bidrag från Sverige och från övriga Europa.

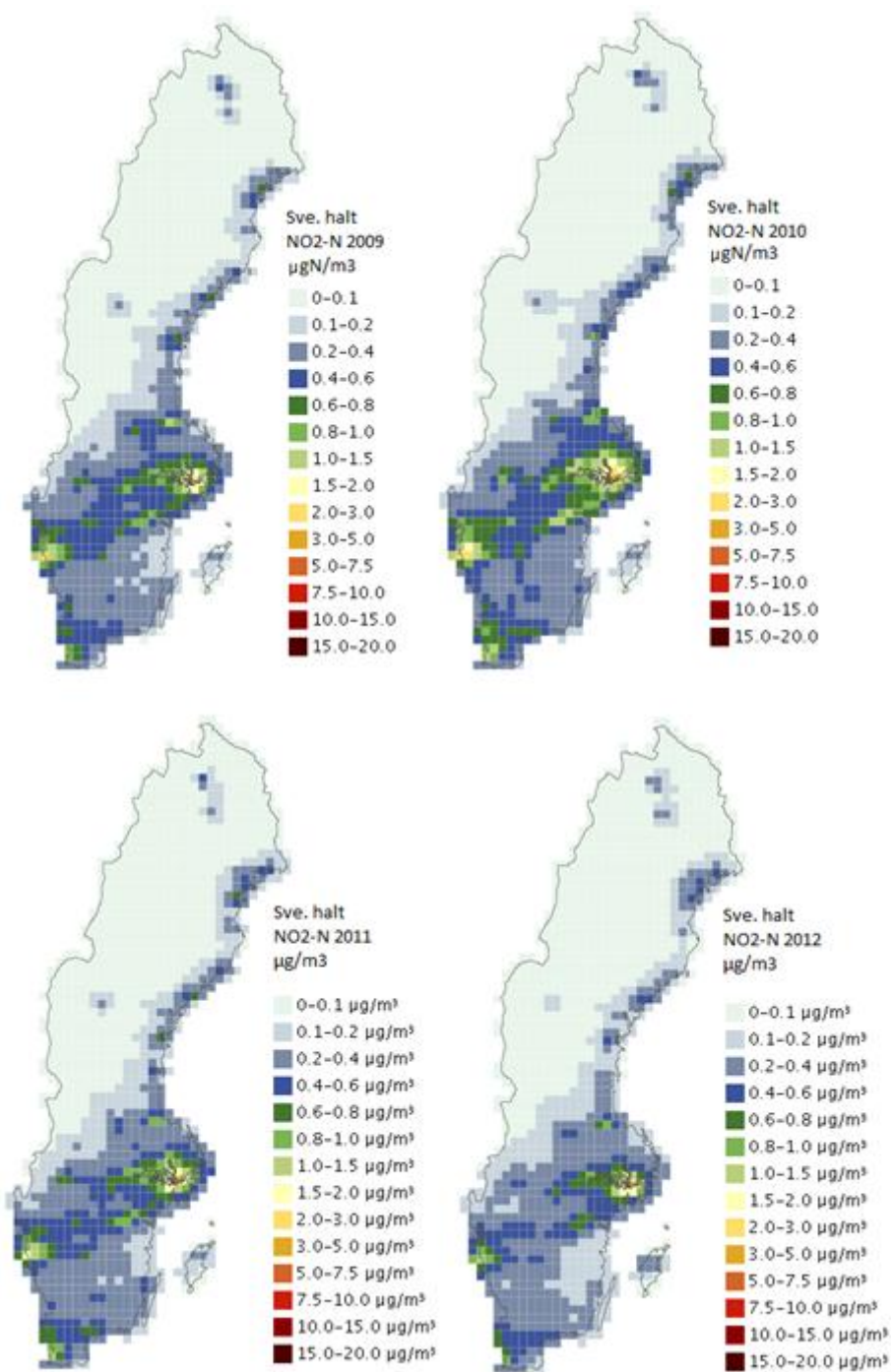


Figur 70 Svenskt bidrag till halter av reducerat kväve i luft år 2009 till 2012.



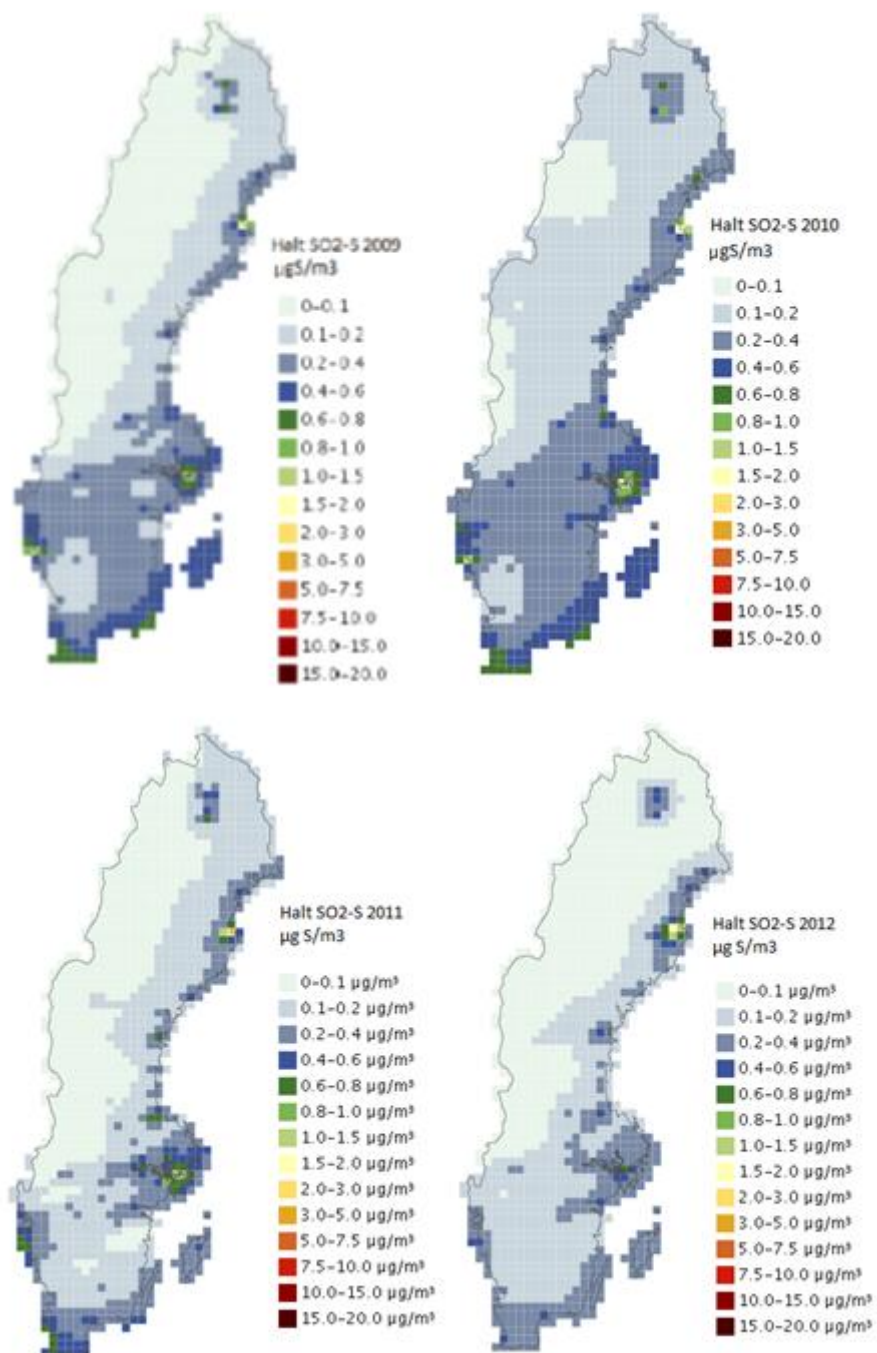


**Figur 71** Totala halter av kvävedioxid i luft år 2009 till 2012. Totala halter inkluderar bidrag från Sverige och från övriga Europa.

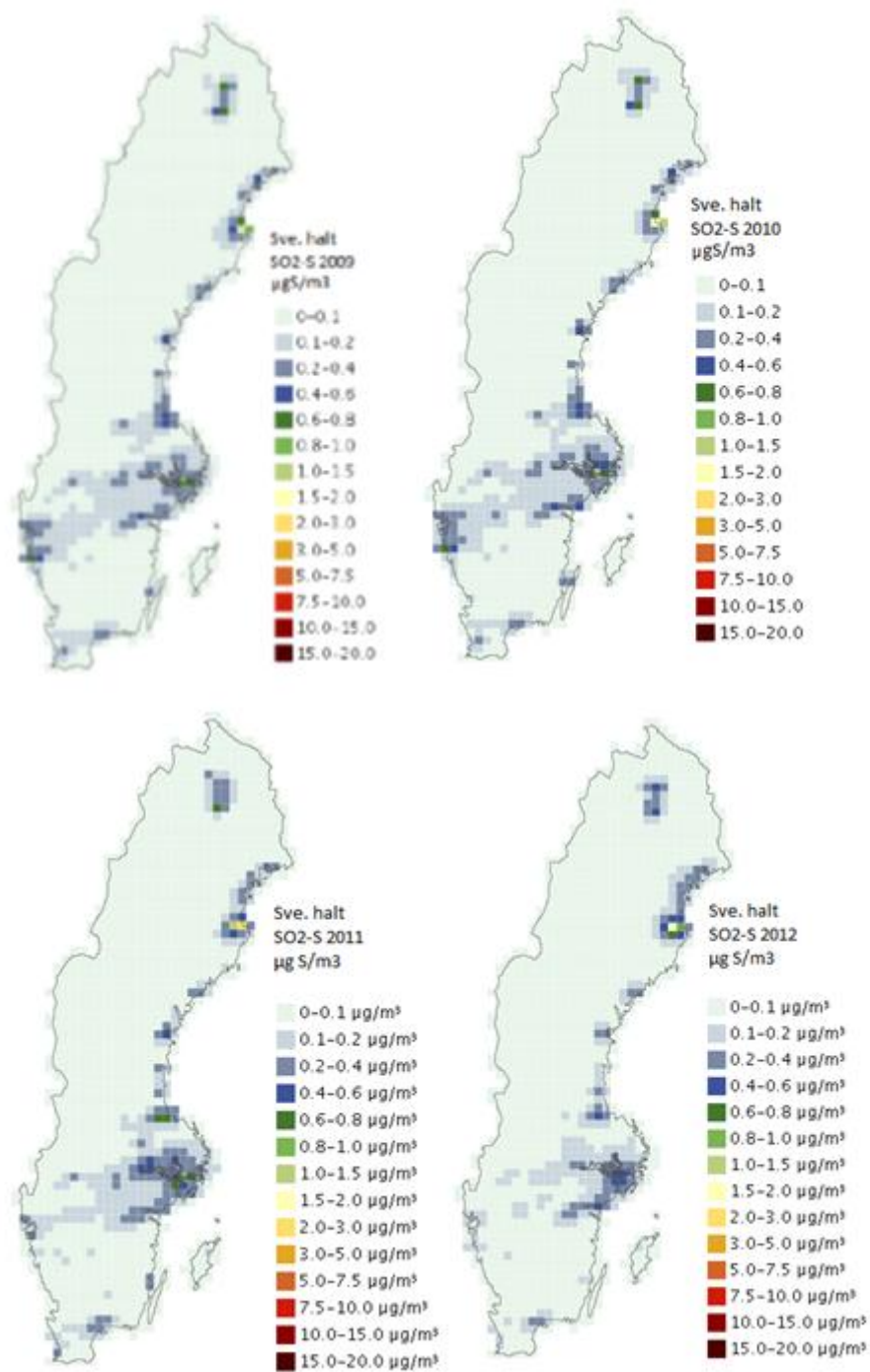


Figur 72 Svenskt bidrag till halter av kvävedioxid i luft år 2009 till 2012.





**Figur 73** Totala halter av svaveldioxid i luft år 2009 till 2012. Totala halter inkluderar bidrag från Sverige och från övriga Europa.



Figur 74 Svenskt bidrag till halter av svaveldioxid i luft år 2009 till 2012.

## 4.1.2 Deposition

### 4.1.2.1 Svavel och kväve

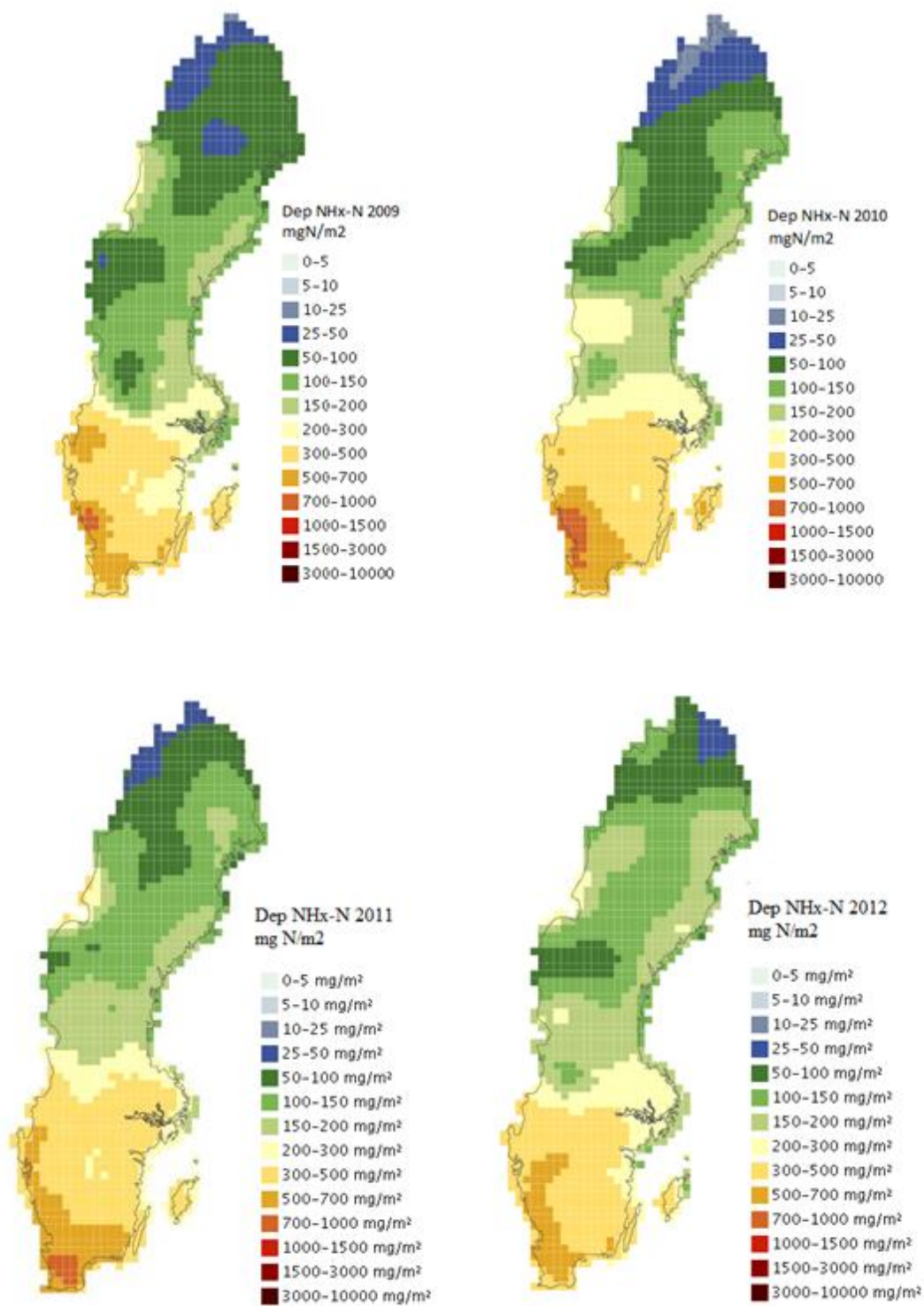
Figur 75 - Figur 80 visar deposition (våt- och torrdeposition) av reducerat kväve ( $\text{NH}_x$ ), oxiderat kväve ( $\text{NO}_x$ ) och oxiderat svavel exklusive havssalt ( $\text{XSO}_x$ ) för åren 2009 till 2012. För varje förorening visas figurer för den totala depositionen, d.v.s. summan av Sverigebidrag och långdistanstransportbidrag (bidrag från resten av Europa), samt endast Sveriges bidrag. På SMHI:s hemsida (<http://www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi>) presenteras depositionen uppdelad på våt- och torrdeposition, samt torrdepositionsflöde till olika marktyper.

Den största depositionen av reducerat kväve (Figur 75) sker i sydvästra Sverige och minst deponeras i norra Norrlands inland. Den totala depositionen är högre i Norrland år 2011 och 2012 jämfört med tidigare år, medan depositionen är lägre i södra Sverige under samma period. Det svenska bidraget i Figur 76 är något lägre i södra Sverige under 2012 än de andra åren, medan det är något högre utmed Norrlandskusten. Till exempel varierar totaldepositionen över Sverige mellan 35 och 620  $\text{mg N m}^{-2}$  under 2012.

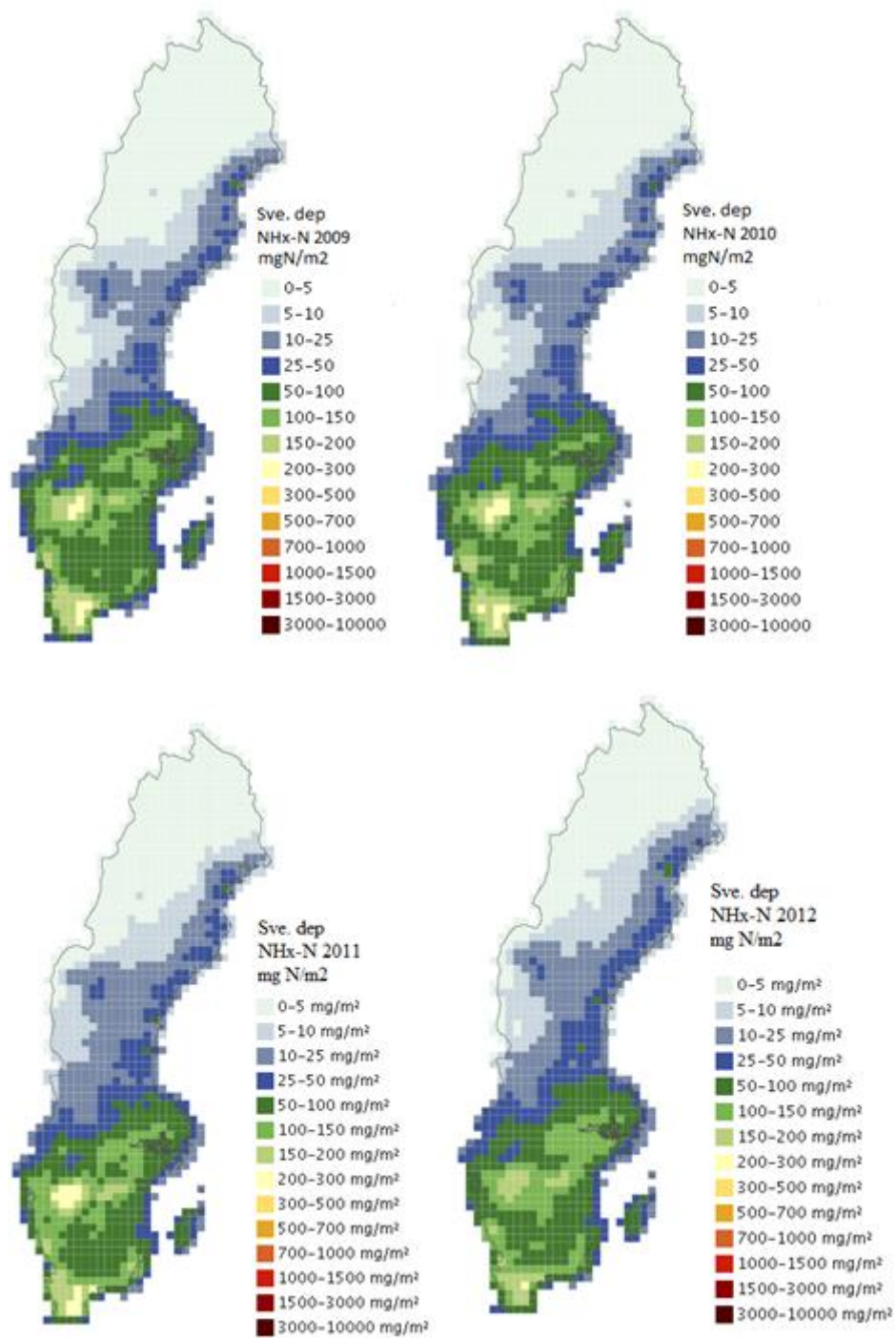
Den största depositionen av oxiderat kväve sker i södra Sverige och minst sker i Norrlands inland. Figur 77 visar tydligt mindre deposition oxiderat kväve i hela Sverige under 2012 jämfört med de andra åren, förutom i söder där depositionen är på samma nivå som 2009. Sveriges bidrag (Figur 78) är något lägre under 2011 och 2012 i södra Sverige. För 2012 varierar totaldepositionen mellan 40 och 650  $\text{mg N m}^{-2}$ .

Depositionen av  $\text{XSO}_x$  i Figur 79 är högre i söder under 2012 jämfört med övriga år, medan det är högre i norr under både 2011 och 2012 än de två tidigare åren. Det svenska bidraget (Figur 80) är lägre i västra Sverige under 2012 än övriga år. Exempelvis varierar totaldepositionen av svavel utan havssalt mellan 80 och 670  $\text{mg S m}^{-2}$ . Under 2012 orsakade de svenska emissionerna i genomsnitt 9% av totaldepositionen för svavel (inklusive havssalt) över svenska landområden. Motsvarande siffra för oxiderat kväve och reducerat kväve var 7% respektive 17%.

Depositionen under ett visst år beror, som för lufthalten, på mängden utsläpp samt meteorologiska förhållandena i Sverige, samt intransporten från resten av Europa som också påverkas av meteorologiska förhållanden och utsläppsnivåer. Depositionen sker i form av både torr- och våtdeposition. För våtdepositionen är mängd och fördelning av nederbörd under ett visst år mycket viktig. För torrdepositionen är lufthalten viktig. Mer nederbörd ett visst år innebär ofta en större våtdeposition, vilket lokalt medför lägre lufthalter och därmed mindre torrdeposition. Den totala depositionen (våt och torr) är däremot beroende av långdistanstransporterade föroreningar från övriga Europa, vilket medför att både våt- och torrdeposition kan vara högre ett visst år jämfört med ett annat oavsett nederbörds mängd i Sverige. Förutom detta påverkar även fördelningen av kväve- och svavelämnena mellan gas och partikelfas. Detta beror bl.a. på hur oxidativ atmosfären är ett visst år, vilket t.ex. är kopplat till halten av troposfäriskt ozon samt transport och blandningsförhållanden.

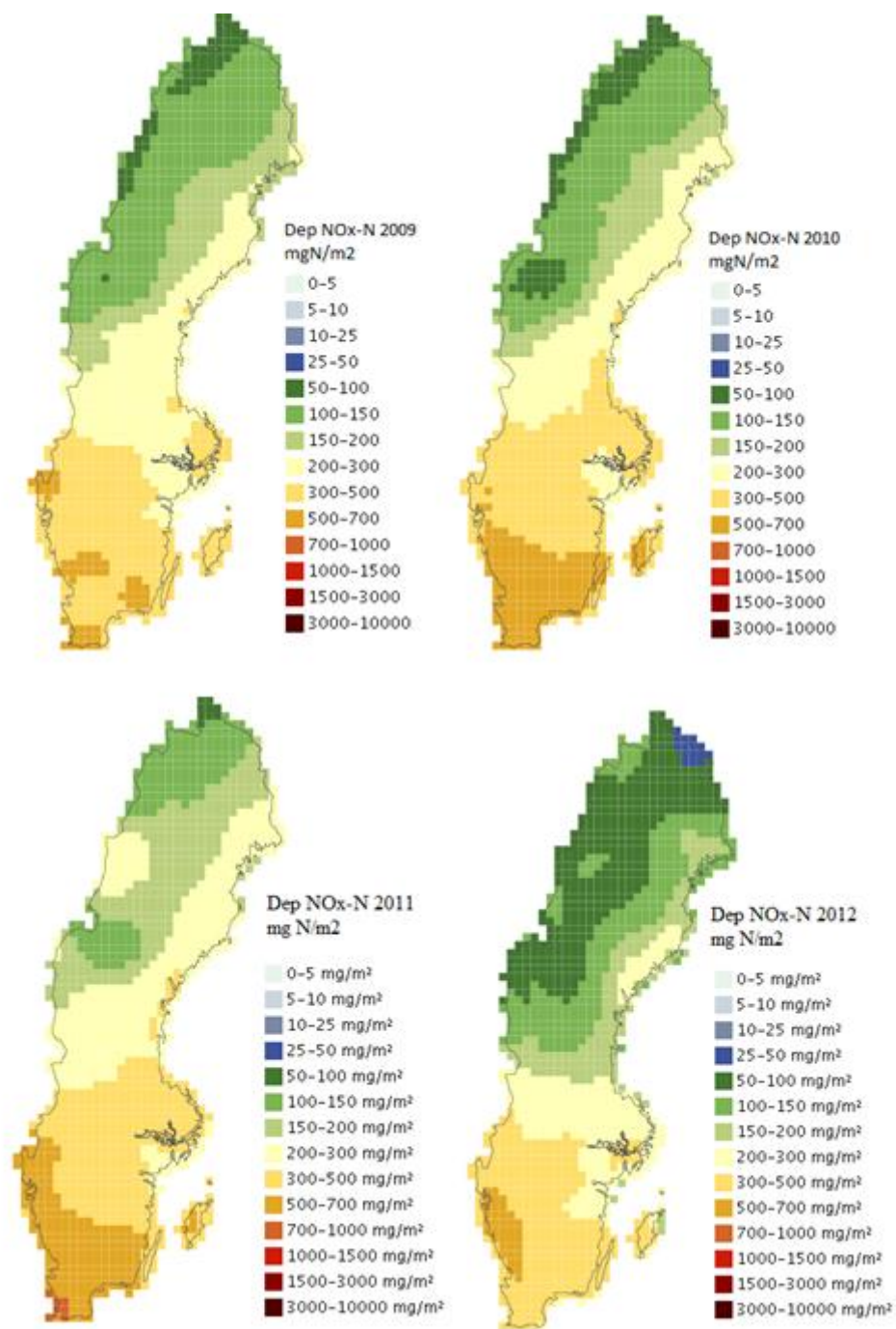


**Figur 75** Totaldeposition av reducerat kväve år 2009 till 2012. Totaldeposition inkluderar bidrag från Sverige och från övriga Europa.

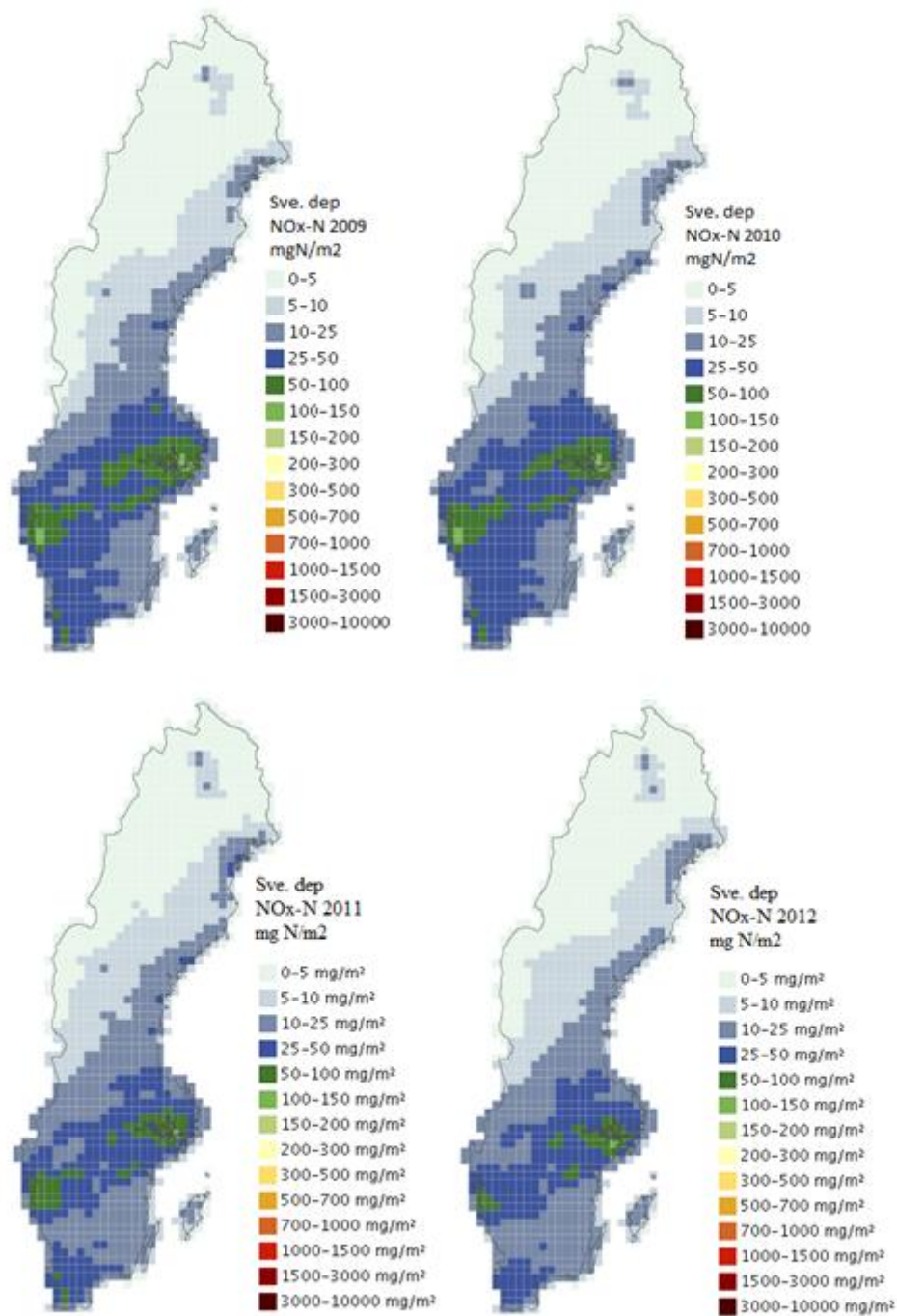


Figur 76 Svenskt bidrag till deposition av reducerat kväve år 2009 till 2012.

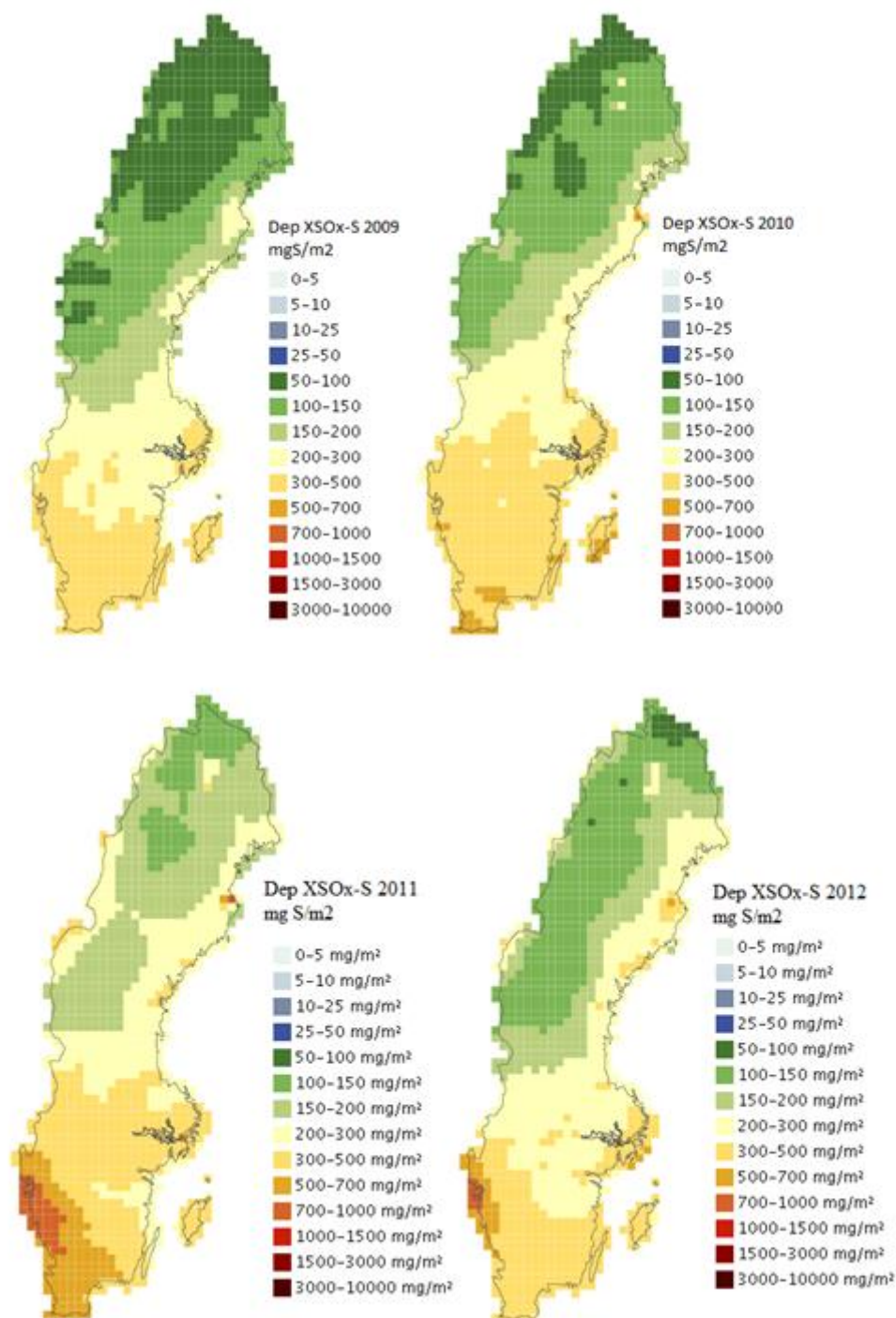




**Figur 77** Totaldeposition av oxiderat kväve år 2009 till 2012. Totaldeposition inkluderar bidrag från Sverige och från övriga Europa.

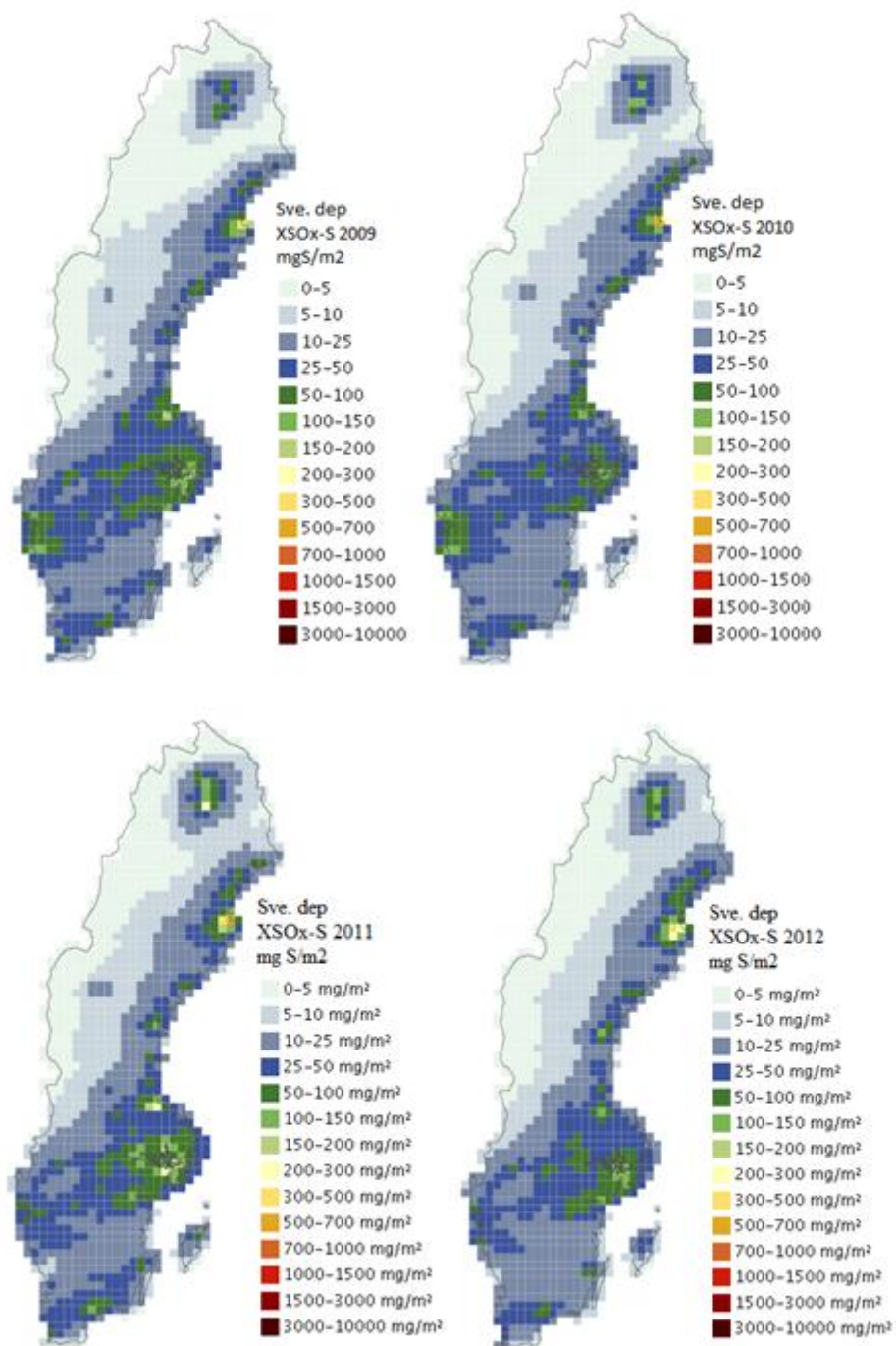


Figur 78 Svenskt bidrag till deposition av oxiderat kväve år 2009 till 2012.



**Figur 79** Totaldeposition av svavel exkl. havssalt år 2009 till 2012. Totaldeposition inkluderar bidrag från Sverige och från övriga Europa.





Figur 80 Svenskt bidrag till deposition av svavel exkl. havssalt år 2009 till 2012.

Generellt sett betyder mer nederbörd mer våtdeposition där lufthalterna är höga, men en snabbare minskning (starkare gradient) av lufthalterna och därmed även av depositionen norrut i Sverige. Totalt sett var 2010 blötare än 2009 i nordligaste Norrland, i de sydligaste delarna av Sverige (Skåne och Blekinge) samt i östra Småland. 2009 föll mer regn över Västmanland och Örebro län jämfört med 2010. I västra och norra Sverige kom mer nederbörd än normalt under 2011 medan ostkusten var lite torrare. I Västergötland, Norrbotten och Lappland var nederbörden rekordstor. År 2012 var ett blött år i hela landet. För delar av nordöstra Norrland slogs nederbördsrekord och bara i delar av södra Götaland och Norrlandsfjällen var det torrare än normalt.

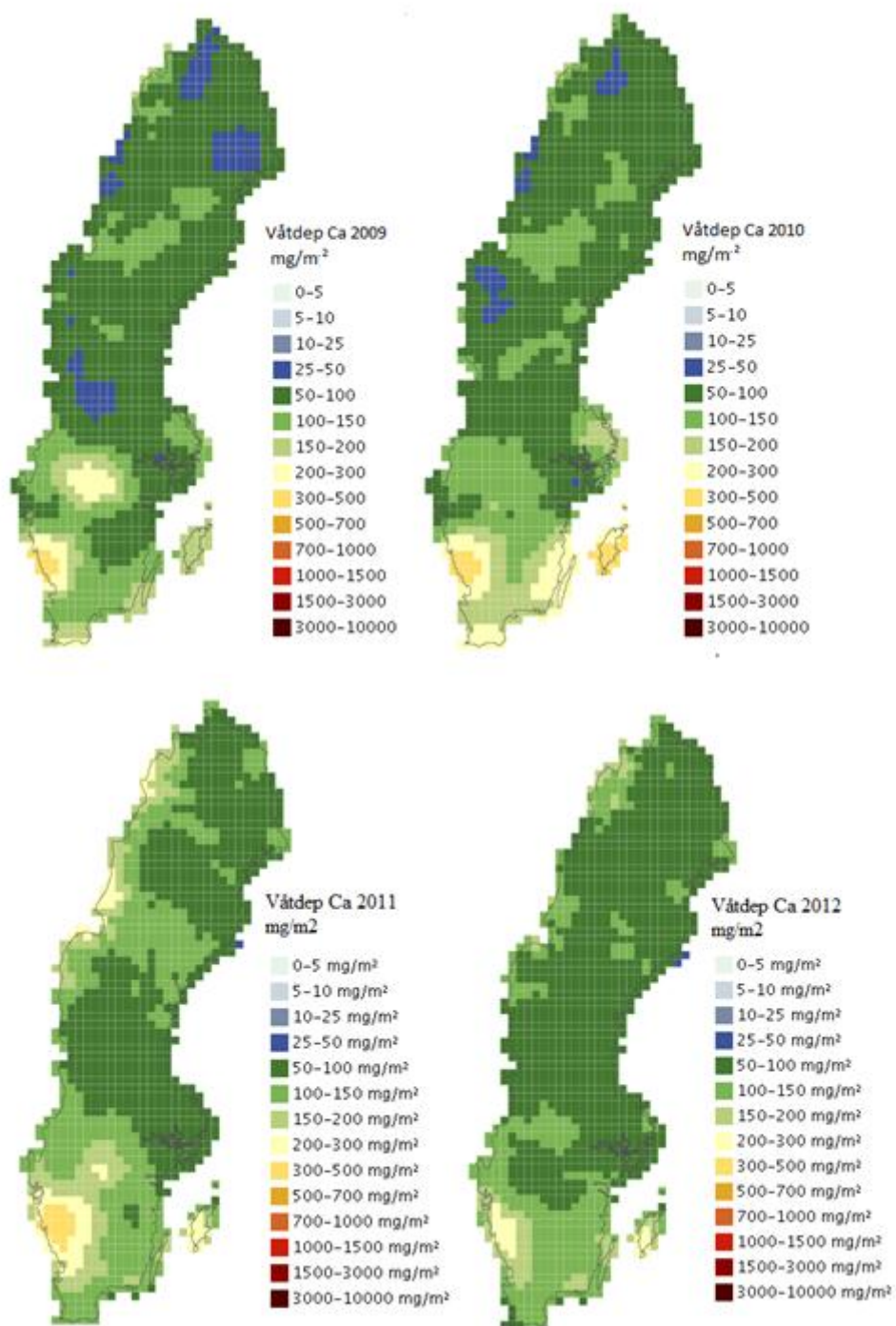
Det är svårt att direkt dra några långtgående slutsatser gällande koppling mellan årliga variationer i halter i luft med variationerna i totaldeposition. Våtdepositionen utgör en stor andel av totaldepositionen, så nederbördsmonstret för respektive år är en viktig förklaring till variationerna i totaldeposition. Andelen våtdeposition relativt totaldepositionen för 2012 över svenska landområden var i genomsnitt över Sverige 73, 77 och 80% för svavel (havssalt ej inkluderat), reducerat respektive oxiderat kväve.

#### **4.1.2.2 Baskatjoner**

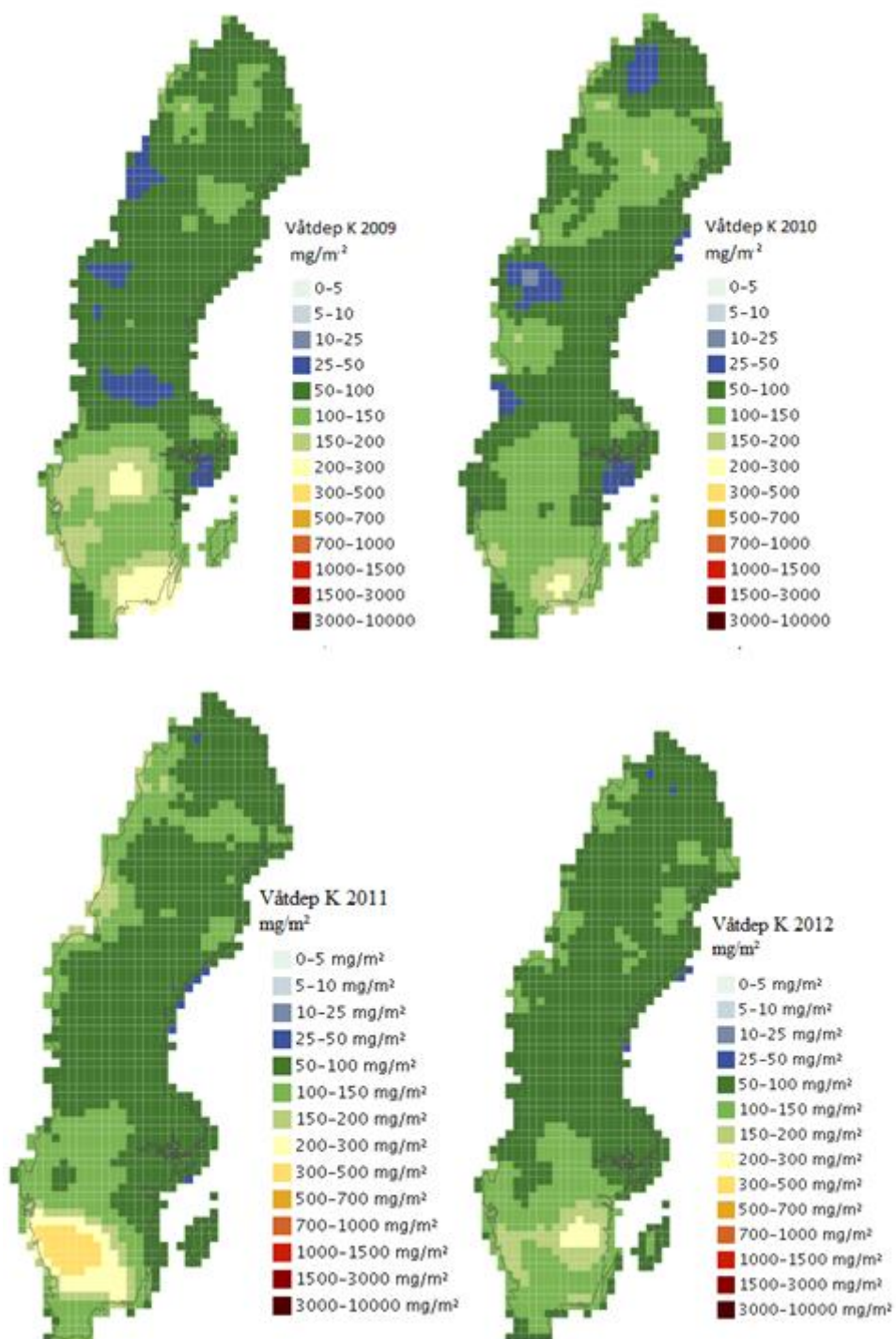
För baskatjoner ingår för tillfället endast beräkning av våtdeposition. I Figur 81 till Figur 84 visas resultat för våtdepositionsberäkningar av baskatjoner för 2009 till 2012.

Den största våtdepositionen av kalcium (Ca) och kalium (K) återfinns främst över södra Sverige (Figur 81 respektive Figur 82). Våtdeposition av magnesium (Mg) är störst utmed västkusten, vilket inte är förvånande eftersom det absolut största bidraget kommer från havssalt (Figur 83). Det gör även, som väntat, natrium som återfinns i höga nivåer framför allt längs västkusten och delvis längs ostkusten (Figur 84). Våtdepositionen av natrium utmed gränsen mot Norge är en effekt av mycket höga natriumhalter i nederbörd utmed Norges kust. Natriumet kommer från havssalt.

2010 var det marina bidraget till baskatjonernas våtdeposition lägre än övriga år. Detta orsakas av att färre salt aerosoler transporterades in över Sverige. Det har speciellt stor påverkan på magnesium och natrium där havssaltsbidraget är relativt stort. Våtdepositionen av kalcium var däremot större 2010 över sydostkusten inklusive Gotland, Kalmarregionen och Blekinge. År 2011 var våtdepositionen av magnesium och natrium som störst i jämförelse med åren 2009 till 2012.

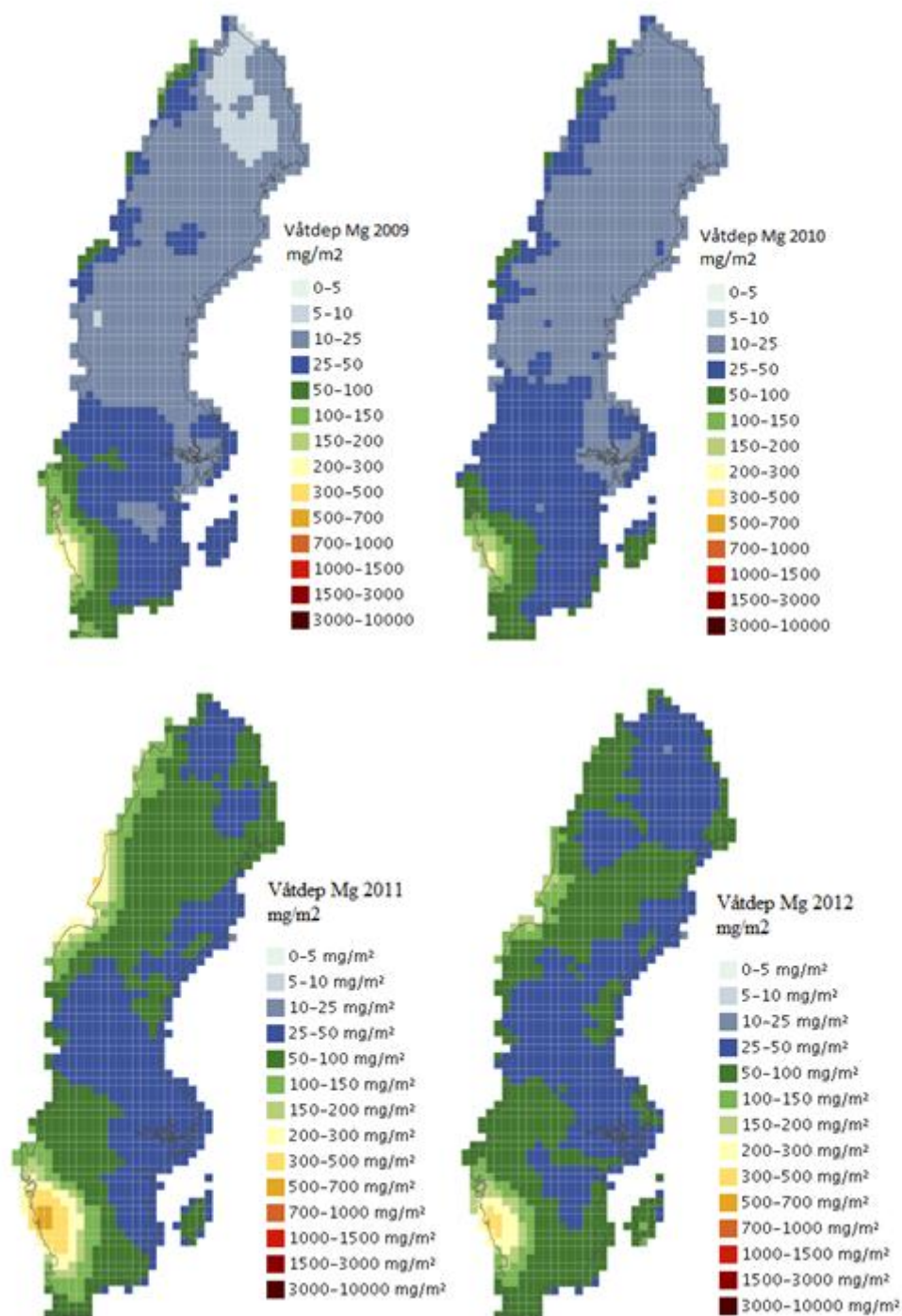


Figur 81 Våtdeposition av kalcium år 2009 till 2012.

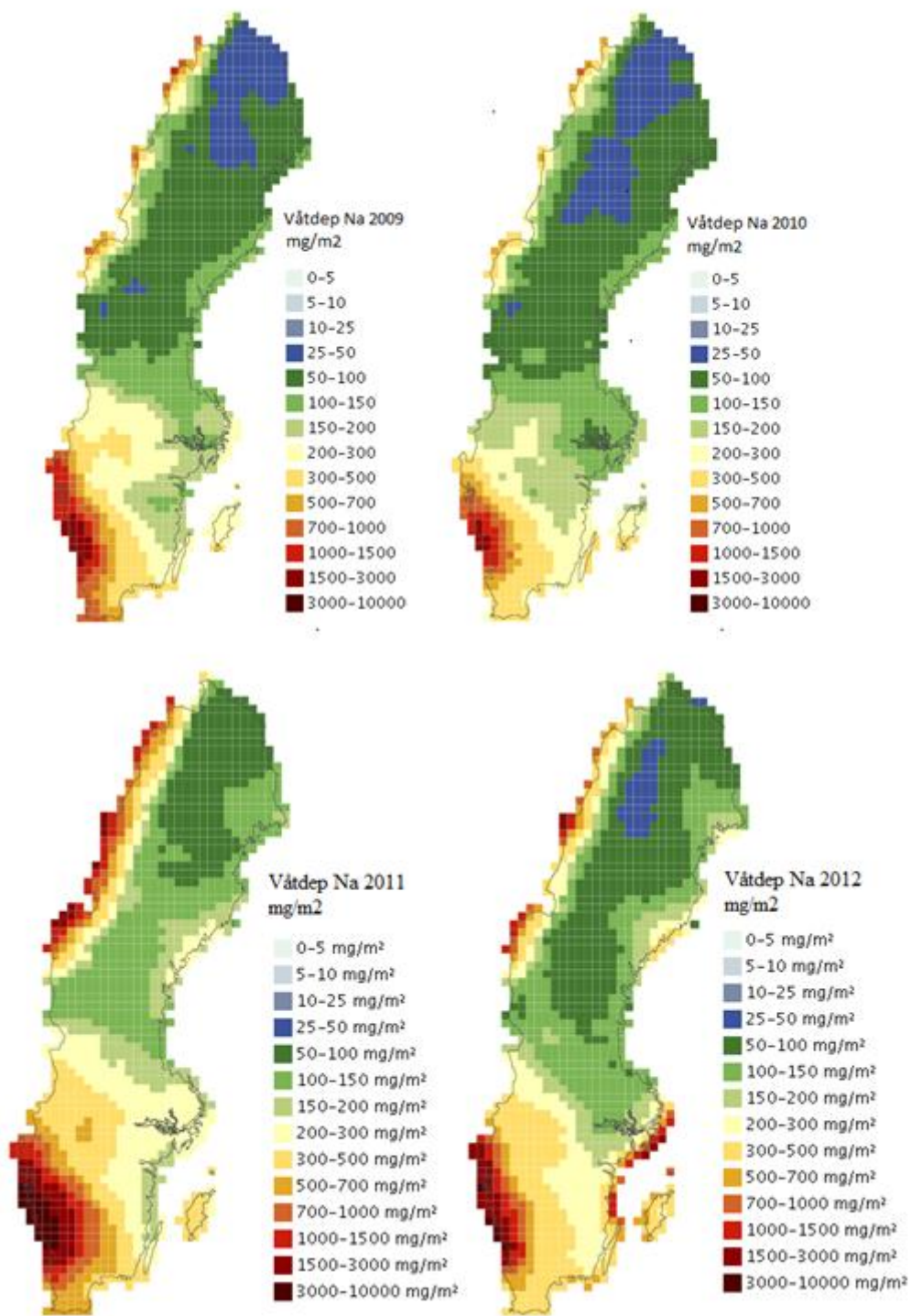


Figur 82 Våtdeposition av kalium år 2009 till 2012.





Figur 83 Våtdeposition av magnesium år 2009 till 2012.



Figur 84 Våtdeposition av natrium år 2009 till 2012.

## 5 Tack

Vi vill rikta ett stort tack till all enskild provtagningspersonal ute i landet som genom sitt arbete möjliggjort denna rapport.

## 6 Referenser

- 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.
- Andersson, C., Bergström, R. och Johansson, C. 2009. Population exposure and mortality due to regional background PM in Europe – Long-term simulations of source region and shipping contributions. *Atmos. Environ.* 43, 3613-3620.
- Andersson, C., Andersson, S., Langner, J. och Segersson, D., 2011. Halter och deposition av luftföroreningar. Förändring över Sverige från 2010 till 2020 i bidrag från Sverige, Europa och Internationell sjöfart. SMHI Meteorologi rapport nr 147.  
[http://www.smhi.se/polopoly\\_fs/1.17092!/meteorologi\\_147.pdf](http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.17092!/meteorologi_147.pdf).
- Andersson, C., Södergren H. och Torstensson M. 2014. Metodförändring och utvärdering av MATCH-Sverigesystemet. SMHI rapport nr 2014-16.
- Brorström-Lundén E., Lindskog A. and Mowner J. (1994): Concentrations and Fluxes of Organic Compounds in the Atmosphere of the Swedish West Coast. *Atmos. Environ.* 28, 3605-3615.
- Bradl H. Heavy metals in the environment: origin, interaction and remediation.(2005). Elsevier Ltd. ISBN-13: 978-0-12-088381-3. MAR-2005.
- Ebinghaus R, Jennings S.G., Kock H.H., Derwent R.G., Manning A.J., Spain T.G. (2011). "Decreasing trends in total gaseous mercury observations in baseline air at Mace Head, Ireland from 1996 to 2009". *Atmos. Environ.* 45, 3475-3480.
- EC Working Group (2010). "Guide to the Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods", <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/equivalence.pdf>
- EG:s förordning 1107/2009 som reglerar villkoren för godkännande av växtskyddsmedel inom EU.
- EMEP Status Report 2/2012. "Long-term changes of Heavy Metal Transboundary Pollution of the Environment (1990-2010)"
- Engardt, M., Andersson, C. och Bergström, R. 2010. Modellering av marknära ozon. Regionala och högupplösta tillämpningar av MATCH. SMHI rapport i meteorologi nr 145.
- Europaparlamentets och rådets direktiv 2004/107/EG av den 15 december 2004 om arsenik, kadmium, kvicksilver, nickel och polycykliska aromatiska kolväten i luften.
- Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/50/EG av den 21 maj 2008 om luftkvalitet och renare luft i Europa.
- Eurostat, statistik enl. Ekonomifakta, september 2014  
<http://www.ekonomifakta.se/sv/Fakta/Energi/Energibalans-internationellt/Elproduktion-med-fossila-branslen/>
- Hellsten, S., Westling, O. 2006. Försurande och övergödande nedfall i skog – Delprogram Krondropp inom programområde Luft, Sakrapport 2006 06 01, För Naturvårdsverket, Avtal 211 0411.

- IMM-rapport (1992): Hälsorelaterad miljöövervakning - ett programförslag, rapport nr 7/92.
- IMM-rapport (1994): Uppdaterad hälsoriskbedömning av bensen, rapport nr 3/94.
- IMM-rapport (2004): [Kortfattad riskbedömning av 1,3-butadien](#), rapport nr 1/04.
- Iverfeldt Å., Munthe J., Brosset C., Pazyna J. (1995). Long term changes in concentration and deposition of atmospheric mercury over scandinavia. *Water, Air, and Soil Pollution* 80, 227-233.
- Karlsson, P.E., Martin Ferm, Hans Hultberg, Sofie Hellsten, Cecilia Akselsson, Gunilla Pihl Karlsson. 2011. Totaldeposition av kväve till skog. IVL Rapport B1952.
- van Loon, M., Roemer, M. G. M., Builtjes, P. J. H., Bessagnet, B., Rouil, L. and co-authors. 2004. Model inter-comparison. In the framework of the review of the unified EMEP model, TNO-report, TNO-MEP - R 2004/282, 53 pp.
- van Loon, M., Vautard, R., Schaap, M., Bergström, R., Bessagnet, B., Brandt, J., Builtjes, P.J.H., Christensen, J., Cuvelier, K., Jonson, J.E., Krol, M., Langner, J., Roberts, P., Rouil, L., Stern, R., Tarrasón, L., Thunis, P., Vignati, E., White, L. and Wind, P. 2007. Evaluation of long-term ozone simulations from seven regional air quality models and their ensemble. *Atmos. Environ.* 41, 2083-2097.
- Luftkvalitetsförordningen (SFS 2010:477).
- Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet (NFS 2013:11).
- Palm Cousins A., Hansson K. och Brorström-Lundén, IVL, Schlabach M., NILU (2006). "Dioxins in the Swedish atmosphere - Results from monitoring activities in 2004 and 2005", IVL Rapport U1969.
- Regeringens proposition 2009/10:155. Svenska miljömål – för ett effektivare miljöarbete.
- Robertson, L., Langner, J. and Engardt, M. 1999. An Eulerian limited-area atmospheric transport model. *J. Appl. Meteor.* 38, 190-210.
- Slemr F., Brunke E-G., Ebinghaus R., Temme C., Munthe J., Wängberg I., Schroeder W., Steffen A., Berg T. (2003). Worldwide trend of atmospheric mercury since 1977. *Geophys Res. Lett.* Vol 30, No. 10, 1561.
- EMEP: <http://www.emep.int>
- ITM: <http://www.itm.su.se/reflabmatningar>
- IVL: <http://www.ivl.se/datavard>
- SLU: <http://www.slu.se>
- SMED: <http://www.smed.se>
- SMHI: [www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi](http://www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi)



## Bilaga 1 Beskrivning av mätprogram

### EMEP – European Monitoring and Evaluation Programme

I Tabell 1:1 nedan redovisas aktuellt övervakningsprogram för mätningarna av luft respektive nederbörd inom EMEP-verksamheten. Verksamheten är indelad i 3 olika delprogram; Frisk luft, Marknära ozon samt Partiklar och sot.

EMEP (Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long range transmission of air pollutants in Europe) är ett Europeiskt samarbetsprogram för övervakning av långdistanstransporterade, gränsöverskridande luftföroreningar. Resultaten från EMEP ligger till grund för arbetet med konventioner om gränsöverskridande luftföroreningar i Europa.

**Tabell 1:1** Aktuellt mätprogram 2010-2011 avseende EMEP (exkl. tungmetaller).

Delprogram	Parameter	Frekvens	Stationer
<b>Frisk Luft</b>			
Luft	Oorganiska komponenter: SO <sub>2</sub> , SO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> +HNO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> +NH <sub>3</sub> , Cl, Na, K, Ca, Mg, NO <sub>2</sub>	Dygn	Vavihill; Aspvreten; Råö; Bredkålen
Gas/partikel fördelning	NH <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> , HCl, HNO <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub>	Månad	Vavihill
Nederbörd	Oorganiska komponenter SO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> , pH, Na, K, Ca, Mg, Cl, konduktivitet, nederbörsmängd	Dygn	Råö; Bredkålen
		Månad	Vavihill; Aspvreten
<b>Marknära ozon</b>			
Luft	O <sub>3</sub>	Timme	Vavihill; Råö; Norra Kvill; Grimsö; Aspvreten <sup>1)</sup> ; Bredkålen; Vindeln; Esrange; Östad; Asa; Staffanstorp <sup>2)</sup> ; Rödeby <sup>2)</sup> ; Ytterby <sup>2)</sup> ; Djursholm <sup>2)</sup>
	O <sub>3</sub>	Månad	Djursvallen, nedre; Docksta; Granan; Jädraås; Pållem; Rickleå; Sjöängen; Sännen; Hoburgen
	NO <sub>2</sub>	Månad	Norra Kvill; Grimsö; Vindeln; Esrange
<b>Partiklar och sot</b>			
PM <sub>10</sub>		Timme	Vavihill <sup>1)</sup> ; Aspvreten <sup>1)</sup>
		Dygn	Råö; Bredkålen
PM <sub>2,5</sub>		Timme	Vavihill <sup>1)</sup> ; Aspvreten <sup>1)</sup>
		Dygn	Råö; Bredkålen
OC/EC		Dygn	Aspvreten <sup>1)</sup> (kampanjvis)
		Vecka	Vavihill <sup>1)</sup>
Sot		Dygn	Vavihill; Råö; Bredkålen
PM <sub>2,5</sub> i tätort		Dygn	Burlöv <sup>3)</sup> ; Stockholm <sup>3)</sup> ; Umeå <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Drivs av ITM; <sup>2)</sup> Förrtormiljö; <sup>3)</sup> Urban bakgrund

## Luft- och nederbördskemiska nätet (LNKN)

Inom LNKN utförs mätningar av bland annat svavel- och kväveföreningar och baskatjoner i nederbörd samt svaveldioxid, kvävedioxid och marknära ozon i luft på månadsbasis. Mätprogrammet för 2013 redovisas i Tabell 1:2 och aktiva stationer i Tabell 1:3.

Det finns många olika syften med mätningarna och användningsområden för data från LNKN. Ett användningsområde är att fungera som underlag vid utvärdering av de svenska miljömålen.

Deposition av svavel och kväve är den viktigaste orsaken till att stora delar av Sveriges skogar, fjällområden och sjöar är försurade. Enligt miljömålet *Bara naturlig försurning* skall miljöeffekterna av nedfall inte överskrida gränsen för vad mark och vatten tål av försurande ämnen. Resultat från undersökningstypen kan därför användas som ett mått på om nationella och internationella utsläppsstrategier har effekt i form av minskade mängder nedfall av svavel- och kväveföreningar.

Enligt miljömålet *Ingen övergödning* skall halterna av gödande ämnen i mark och vatten inte ha någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningar för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten. Övergödning av mark och vatten orsakas av höga halter av kväve- och fosforföreningar. Dessa näringsämnen hamnar i miljön bl.a. genom nedfall från luften av kväveoxider från trafik och kraftverk. Resultat från undersökningstypen kan användas för att utvärdera om miljömålet Ingen övergödning uppnås, alltså om utsläppen av bland annat olika kväveföreningar minskar.

Av miljö kvalitetsmålet *Frisk luft* framgår att luften, inom tidsrymden av en generation, skall vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas. Miljö kvalitetsmålet precisering för kvävedioxid i luft anges som högsta tillåtna halt i form av bland annat årsmedelvärde, vilket är direkt mätbart med metoden.

**Tabell 1:2** Mätprogram inom Luft- och nederbördskemiska nätet 2013. Samtliga parametrar mäts månadsvis.

Medium	Parameter	Enhet
Nederbörd	Nederbördsmängd	mm/månad
Nederbörd	pH	
Nederbörd	Halt av sulfat-svavel (SO <sub>4</sub> -S)	mg/l
Nederbörd	Halt av nitrat-kväve (NO <sub>3</sub> -N)	mg/l
Nederbörd	Halt av ammonium-kväve (NO <sub>4</sub> -N)	mg/l
Nederbörd	Halt av klorid (Cl)	mg/l
Nederbörd	Halt av natrium (Na)	mg/l
Nederbörd	Halt av magnesium (Mg)	mg/l
Nederbörd	Halt av kalcium (Ca)	mg/l
Nederbörd	Halt av kalium (K)	mg/l
Nederbörd	Konduktivitet	mS/m
Luft	Halt av svaveldioxid (SO <sub>2</sub> )	µg/m <sup>3</sup>
Luft	Halt av kvävedioxid (NO <sub>2</sub> )	µg/m <sup>3</sup>
Luft	Halt av ozon (O <sub>3</sub> )	µg/m <sup>3</sup>

**Tabell 1:3** Aktiva stationer inom Luft- och nederbördskemiska nätet. Observera att startdatum anger den månad då mätningar påbörjades på stationen. I många fall mättes inte samtliga parametrar från startdatum, utan parametrar har tillkommit efter hand.

Station	Halter i luft	Halter i nederbörd
Ammarnäs	-	198301 – 201312
Djursvallen, nedre	199601 – 201312	198801 – 201312
Docksta	199601 – 201312	198301 – 201312
Esränge		199009 – 201312
Granan	199601 – 201312	198309 – 201312
Hoburgen	200901 - 201312	
Jädraås	199401 – 201312	199408 – 201312
Majstre		198709 – 201312
Norra Kvill		198301 – 201312
Pålkem	199601 – 201312	198301 – 201312
Rickleå	199408 - 201312	198301 – 201312
Ryda Kungsgård		199211 – 201312
Sandnäset		198301 – 201312
Sjöängen	199408 – 201312	199408 – 201312
Sännen	199601 – 201312	198301 – 201312
Tandövala		198801 – 201312
Tyresta		198801 - 201312

## Krondroppsnetet

Krondroppsnetet är ett gemensamt delprogram ”Nedfall av luftföroreningar och markvattenkvalitet i skog”. Den del av Krondroppsnetet som finansieras av Naturvårdsverket utgörs främst av mätningar i nederbörden över öppet fält vid 18 stationer samt av torrdeposition vid 10 platser (2014). Nedan följer en beskrivning av hela Krondroppsnetet.

IVL Svenska Miljöinstitutet genomför sedan 1985 samordnade, länsbaserade undersökningar av lufthalter och nedfall av föroreningar till skogsmarken samt analyser av markvattenkemi inom Krondroppsnetet på uppdrag av luftvårdsförbund, länsstyrelser, Naturvårdsverket, kommuner m.fl. Målsättningen är att utifrån depositions-, markvatten- samt lufthaltsmätningar uppskatta belastningen från luftföroreningar på skogsekosystemen och dess inverkan på växtlighet, mark och vatten. Mätningarna kompletteras med modellberäkningar för att möjliggöra ett samlat grepp främst för utvärdering av miljömålen *Bara naturlig försurning*, *Ingen övergödning* och *Frisk luft* på regional nivå. Förutom ovan nämnda miljömål berör aktiviteterna inom Krondroppsnetet även miljömålen: *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar* samt *Storlagen fjällmiljö*.

Resultaten redovisas årligen i rapporter samt på Krondroppsnetets webbplats, [www.krondroppsnetet.ivl.se](http://www.krondroppsnetet.ivl.se). Mätningarna av deposition används för att beräkna den årliga depositionen vid mätplatsen, men bidrar även till att visa i vilken utsträckning de nationella modellberäkningarna av depositionen ger rimliga resultat. **Deposition** av luftföroreningar mäts inom Krondroppsnetet på månadsbasis, dels på öppet fält, dels i skogen under krontaket (krondropp) och dels med hjälp av strängprovtagare under tak. Mätningarna på **öppet fält**, speglar huvudsakligen våtdeposition, det vill säga föroreningarna som följer med nederbörden. **Krondroppsmätningarna**, speglar utöver våtdepositionen även torrdepositionen, det vill säga luftföroreningar som transporteras med vinden och fastnar i trädkronorna. **Strängprovtagare** används för att uppskatta torrdepositionen av vissa ämnen. **Lufthaltsmätningar** av svaveldioxid, kvävedioxid, ammoniak och ozon sker med hjälp av

diffusionsprovtagare som kvantitativt absorberar den gas som ska mätas. **Markvatten**mätningar sker med undertryckslysimetrar som suger vatten från 50 cm djup via ett fint, keramiskt filter. Markvattenprovtagning utförs tre gånger per år för att representera förhållandena före, under samt efter vegetationsperioden. Olika parametrar i markvattnet används som indikatorer för markens tillstånd, vegetationens inverkan, samt utlakning till grund- och ytvatten, för att se i vilken utsträckning utsläppsminskningar av luftföroreningar leder till förbättringar i miljötillståndet.

Krondroppsnetet bedrivs främst på uppdrag av Luftvårdsförbund, Länsstyrelser och Naturvårdsverket. De stationer som ingår i den nationella miljöövervakningen inom Krondroppsnetet som finansieras av Naturvårdsverket redovisas i Tabell 1:4.

**Tabell 1:4** Stationer inom Krondroppsnetet som ingår i den nationella miljöövervakningen, finansierade av Naturvårdsverket och som mäter över öppet fält och med strängprovtagare.

Lokalkod	Namn	Öppet fält	Strängprovtagare
S 22	Blåbärskullen	x	x
L 18	Hissmossa	x	x
M 16	Stenshult		x
Y 07	Storulvsjön	x	x
BD02	Myrberg	x	x
AC04	Högbränna	x	
O 35	Hensbacka	x	x
N 13	Timrilt	x	x
H 03	Rockneby	x	x
D 11	Edeby	x	x
F 23	Fagerhult	x	x
W 90	Fulufjäll	x	
A 35	Farstanäs	x	
E 22	Höka	x	
Z 04	Sör-Digertjärn	x	
K 11	Komperskulla	x	
U 04	Kvisterhult	x	
H 01	Ottenby	x	
T 02	Greckssundet	x	
G 22	Tagel	x	

De parametrar som mäts över öppet fält inom Krondroppsnetet inom den nationella miljöövervakningen är: nederbörds mängd, pH, alkalinitet, SO<sub>4</sub>-S, Cl, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, konduktivitet, Ca, Mg, Na, K.

## Integrerad miljöövervakning (IM)

Integrerad miljöövervakning i naturekosystem (IM) bedrivs som ett delprogram (ICP-IM) inom FN:s luftkonvention LRTAP (Long-Range Transboundary Air Pollution). Det ingår i Miljöövervakningens Programområde Skog. Programmet startade i Sverige 1981 och internationellt 1989. Sedan 1996 bedrivs IM:s forskning i Sverige vid fyra avrinningsområden. I områdena mäts in- och utflöde av föroreningar och näringsämnen samt deras effekter i ekosystemet.

Integrerad miljöövervakning bedrivs i små avrinningsområden. Ett sådant område är som en skål med ett helt ekosystem, där man kan mäta in- och utflöde av föroreningar och näringsämnen samt deras effekter i ekosystemet.

IM-programmet finansieras av Naturvårdsverket. I övervakningen deltar, förutom Institutionen för vatten och miljö vid SLU också Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) samt IVL Svenska Miljöinstitutet AB.

Deposition över öppet fält mäts vid alla de 4 IM-stationerna i Sverige inom IM: Gammtratten, Kindla, Aneboda samt Gårdsjön.

## Organiska miljögifter och metaller

### Tungmetaller inom EMEP

Med start januari 2009 genomförs övervakning av tungmetaller enligt Tabell 1:5 nedan. Tungmetaller mäts med filterprovtagare (PM<sub>10</sub>) på månadsbasis med 50 % tidstäckning. Tidigare mättes Pb, Cd, Ni och As endast på Råö-stationen. Filterprov på månadsbasis samlades då in med open-face provtagare med en tidstäckning av 25 %.

Totalt gasformigt kvicksilver i luft (TGM) mättes tidigare endast vid Råö och Pallas. Vid Råö och Pallas tas två dygnsprov per vecka med manuell guldfälla. Mätningar vid Vavihill och Bredkålen sker på samma sätt men med en frekvens av ett dygnsprov per vecka. Partikulärt kvicksilver (TPM) mäts vid Råö (två dygnsprov per vecka) samt vid Pallas (kontinuerliga veckoprov) med hjälp av TPM-minifälla.

För provtagning av tungmetaller (exkl. Hg) i nederbörd samlas månadsvisa trippelprov in med bulkprovtagare. Totalkvicksilver (Hgtot) i nederbörd mäts månadsvis med bulkprovtagare, där dubbelprov samlas in. Samtliga analyser av kvicksilver genomförs av IVL. Från och med 2013-01-01 analyseras även övriga metaller på IVLs laboratorium.

**Tabell 1:5** Aktuellt mätprogram avseende tungmetaller inom EMEP.

Delområde	Parameter	Frekvens	Stationer
<b>Metaller</b>			
Luft	As, Cd, Ni, Pb, Co, Cr, Cu, Zn, Mn, V	Månadsvis (på PM <sub>10</sub> -filter), 50%-ig tidstäckning	Vavihill; Råö; Aspvreten; Bredkålen
	Gasformigt totalkvicksilver (TGM)	1-2 dygn per vecka	Vavihill; Råö; Bredkålen; Pallas
	Partikulärt kvicksilver (TPM)	2 dygn per vecka, veckoprov	Råö; Pallas
Nederbörd	As, Cd, Ni, Pb, Co, Cr, Cu, Zn, Mn, V	Månadsvis trippelprov	Vavihill; Råö; Aspvreten; Bredkålen
	Totalkvicksilver (tot-Hg)	Månadsvis dubbelprov	Vavihill; Råö; Bredkålen; Pallas

## Organiska miljögifter

IVL Svenska Miljöinstitutet genomför på uppdrag av Naturvårdsverket mätningar inom den nationella miljöövervakningen av organiska ämnen i luft och nederbörd vid totalt fyra stationer. I Tabell 1:6 visas stationsnätet, startår för mätningarna, mätfrekvensen (fr. 2009) och ämnen som ingår i delprogrammet. Fram till 2001 (Råö) och 2008 (Aspvreten och Pallas) genomfördes mätningarna med en frekvens på 1 vecka per månad för att därefter övergå till kontinuerliga månatliga mätningar.

**Tabell 1:6** Mätprogram – organiska miljögifter i luft och nederbörd.

Grupp	Parameter	Frekvens	Stationer			
			Råö	Pallas	Aspvreten	Vavihill
1	Summa (12) PAH: Fenantren, antracen, flouranten, pyren, benso(a)antracen, krysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, dibenso(ah)antracen, benso(ghi)perylen, indeno(cd)pyren	Månad	1994	1996	1995	2009
2	Summa (7) PCB: PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180	Månad	1994	1996	1995	
2	Hexaklorbensen (HCB)	Månad	2009	2009	2009	
3	Pesticider: α-, γ-HCH, p,p-DDD, p,p-DDT, p,p-DDE, - α-klordan, γ- klordan, trans-nonaklordan	Månad	1996	1996	1995* 2009 (klordaner, DDD, DDT)	
3b	Endosulfan (α, β), endosulfan-sulfat	Månad	2009	2009		
3d	Aldrin, heptaklor, atrazin, diuron, isoproturon	Månad	2009			
4	Bromerade flamskyddsmedel PBDE: (BDE 47, 99, 100)	Månad	2001	2003	2009	
4	BDE-209, HBCD	Månad	2009	2009		
5	PFAS: (PFOS, PFOA)	Månad	2009			
6**	VOC: Bensen, toluen, n- oktan, n-butylacetat, etylbenzen, m-, p-, o- xylen, n-nonan	1 v/månad	2009			

Grupp	Parameter	Frekvens	Stationer			
			Råö	Pallas	Aspvreten	Vavihill
	Dioxiner/furaner: 2378-TCDD, 12378- PeCDD, 123478- HxCDD, 123678- HxCDD, 123789- HxCDD, 1234678- HpCDD, OCDD, 2378-TCDF, 12378/12348 – PeCDF, 23478- PeCDF, 123478/123479 – HxCDF, 123678- HxCDF, 123789, HxCDF, 234678- HxCDF, 1234678- HpCDF, 1234789- HpCDF, OCDF, Klorparaffiner (SCCP)	4 månader/år	2009		2009	

\* ej klordaner

\*\* endast luft

## Volatila organiska ämnen (VOC)

VOC mäts sedan 2004 i luft inom miljöövervakningsprogrammet. Mätningarna omfattar bland annat provtagning och analys av 30 olika VOC vilka utförs på timbas med en frekvens av en vecka per månad under sex av årets månader (Potter, A.(2005). Analysis Method for Ozone Precursor Volatile Organic Compounds. IVL Rapport U1121). Med undantag av formaldehyd och totalkolväte mäts de VOC som rekommenderas för mätning inom Luftkvalitetsdirektivet 2008/50/EG, se Tabell 1:7.

För närvarande mäts VOC på timbas på en plats belägen i centrala Göteborg. Mätplatsen ligger på taknivå, sju våningar upp, och används av Göteborgs miljöförvaltning som där mäter andra relevanta parametrar såsom exempelvis ozon, kväveoxider, vindriktning, vindstyrka och temperatur. Placeringen i taknivå medför att mätplatsen till viss del representerar urban bakgrund vilket också stämmer överens med ozondirektivets kriterier för mätplatsen

**Tabell 1:7** De VOC som rekommenderas för mätning inom ozondirektivet.

Etan	trans-2-Buten	n-Hexan	m+p-Xylen
Eten	cis-2-Buten	Isohexan	o-Xylen
Etyl	1,3-Butadien	n-Heptan	1,2,4-Trimetylbensen
Propan	n-Pentan	n-Oktan	1,2,3-Trimetylbensen
Propen	Isopentan	Isooktan	1,3,5-Trimetylbensen
n-Butan	1-Penten	Bensen	
Isobutan	2-Penten	Toluen	Formaldehyd
1-Buten	Isopren	Etylbensen	Totalkolväte

## Växtskyddsmedel (pesticider) i luft och nederbörd

Miljöövervakning av pesticider i deposition genomförs av SLU på uppdrag av Naturvårdsverket vid två stationer, vid Vavihill i Skåne sedan 2002 och vid Aspvreten i Södermanland sedan 2009. Provtagningen omfattar insamling av nederbörd (bulkdeposition) och är händelsestyrd (d.v.s. är avhängig på hur mycket det regnar) med som mest 14 dagar mellan start av nederbördsinsamling och uttag av prov för analys. Proverna samlas i ett kylskåp (+4 °C) under insamlingsperioden. Insamlingen har huvudsakligen skett under två perioder, maj-juni och september-oktober, med 10-13 prover per år, men sedan 2008 har provtagningssäsongen förlängts vid Vavihill och omfattar numera hela perioden april-oktober. Vinterprovtagning har genomförts vid ett tillfälle (2008/2009). Vid Aspvreten pågår insamlingen under perioden maj-oktober. Sedan 2009 ingår även insamling av luftprover vid Vavihill under perioden maj-oktober.

Strategin var inledningsvis att samla in prov under den mest besprutningsintensiva perioden i Sverige, d.v.s. under försommar och höst. Sedan 2008 är dock provperioden utökad till hela sommarhalvåret (april-oktober), dels med tanke på att besprutningssäsongen på kontinenten både börjar tidigare och slutar senare än i Sverige och dels då många grödor (både i Sverige och i våra grannländer) behandlas under hela sommarsäsongen (främst fungicider och insekticider). Variabler som analyserats är aktiva substanser av bekämpningsmedel (pesticider) som främst används inom jordbruket och trädgårdsnäringen. De utvalda substanserna framgår av Tabell 1:8 och inkluderar tre grupper av pesticider: 1) pesticider som är förbjudna inom EU; 2) pesticider som är förbjudna i Sverige men används inom andra EU-länder; 3) pesticider som är tillåtna i Sverige. Listan inkluderar samtliga prioriterade pesticider inom EG:s ramdirektiv för vatten (2013/39/EU), även om alla utom tre är förbjudna i Sverige. Sammanlagt ingår för närvarande drygt 130 substanser i nederbördsanalyserna och cirka 65 substanser i luftanalyserna, varav flertalet också ingår i den nationella miljöövervakningen av pesticider i yt- och grundvatten.

**Tabell 1:8.** Växtskyddsmedel (pesticider) som analyserats i nederbörd och luft, årtal anger perioden då substanserna ingått i analyserna för respektive provtyp. Grupp gäller för 2013.

Substans	Typ <sup>#</sup>	Grupp <sup>*</sup>	Regn	Luft	Substans	Typ <sup>#</sup>	Grupp <sup>*</sup>	Regn	Luft
acetamiprid	I	C	2010-2013		jodsulfuronmetyl-Na	H	C	2010-2013	
aklonifen	H	C	2002-2013	2009-2013	karbendazim	F, N	B	2011-2013	
alaktor	H	A	2002-2013	2009-2013	karbofuran	I, N	A	2002-2013	2009-2013
aldrin	I	A	2002-2013	2009-2013	karbosulfan	I	A	2002-2004	
alfacypermetrin	I	C	2002-2013	2009-2013	karfentrazonetyl	H	C	2010-2013	
amidofuron	H	C	2010-2013		karfentrazonsyra	N		2004-2013	
atrazin	H	A	2002-2013	2009-2013	klomazon	H	C	2010-2013	
DEA	N		2002-2013	2009-2013	klopyralid	H	C	2002-2013	
DIPA	N		2002-2013		klordan-alfa	I	A	2010-2013	2009-2013
azoxystrobin	F	C	2002-2013	2009-2013	klordan-gamma	I	A	2002-2013	2009-2013
benazolin	H	A	2003-2013		klorfenvinfos	I	A	2002-2013	2009-2013
bentazon	H	C	2002-2013		kloridazon	H	C	2002-2013	
betacyflutrin	I	C	2005-2013	2009-2013	klorpyrifos	I	B	2002-2013	2009-2013
bifenox	H	C	2011-2013	2013-2013	klotianidin	I	B	2012-2013	
bifenox-syra	N		2011-2013		kvinmerak	H	C	2002-2013	
bitertanol	F	C	2002-2013	2009-2013	lambda-cyhalotrin	I	C	2002-2013	2009-2013
boskalid	F	C	2013-2013		lindan	I	A	2002-2013	2009-2013
cinidonetyl	H	B	2004-2004		HCH-alfa	N		2002-2013	2009-2013
cyanazin	H	A	2002-2013	2009-2011	HCH-beta	N		2002-2013	2009-2013
cyazofamid	F	C	2010-2013		HCH-delta	N		2002-2013	2009-2013
cybutryn	B		2012-2013		linuron	H	B	2008-2013	2009-2010
cyflufenamid	F	C	2011-2013		mandipropamid	F	C	2011-2013	
cyflutrin	I	C	2002-2013	2009-2013	MCPA	H	C	2002-2013	



Substans	Typ <sup>#</sup>	Grupp <sup>*</sup>	Regn	Luft	Substans	Typ <sup>#</sup>	Grupp <sup>*</sup>	Regn	Luft
cykloimidim	H	C	2010-2013		mekoprop	H	C	2002-2013	
cypermetrin	I	C	2002-2013	2009-2013	mesosulfuronmetyl	H	C	2010-2013	
cyprodinil	F	C	2005-2013	2009-2013	metabenstiazuron	H	A	2002-2013	
2,4-D	H	C	2002-2013		metalaxyl	F	C	2002-2013	2009-2012
DDT-p,p	I	A	2002-2005	2009-2013	metamitron	H	C	2002-2013	2009-2012
DDD-p,p	N		2002-2005	2011-2013	metazaklor	H	C	2002-2013	2009-2013
DDE-p,p	N		2002-2005	2009-2013	metiokarb	I	C	2012-2013	
DDT-o,p	N		2002-2005	2010-2013	metolaklor	H	B	2010-2013	
deltametrin	I	C	2002-2013	2009-2013	metrafenon	F	C	2011-2013	
difenokonazol	F	C	2011-2013		metribuzin	H	C	2002-2013	2009-2013
diflufenikan	H	C	2002-2013	2009-2013	metulfuronmetyl	H	C	2010-2013	
dikamba	H	B	2002-2010		pendimetalin	H	B	2002-2013	2009-2013
diklobenil	H	A	2002-2013	2009-2013	penkonazol	F	C	2005-2013	2009-2013
BAM	N		2002-2013		permetrin	I, B	C	2002-2013	2009-2013
diklorprop	H	C	2002-2013		pikloram	H	C	2012-2013	
diklorvos	I	A	2012-2013		pikoxystrobin	F	C	2008-2013	2009-2009
dikofol	I	A	2003-2005		pirimikarb	I	C	2002-2013	2009-2013
dimetoat	I	B	2002-2013	2009-2013	procymidon	F	A	2008-2010	2009-2009
diuron	H	B	2002-2013	2009-2013	prokloraz	F	C	2002-2013	2009-2013
endosulfan-alfa	I	A	2002-2013	2009-2013	propamokarb	F	C	2010-2013	
endosulfan-beta	I	A	2002-2013	2009-2013	propikonazol	F	C	2002-2013	2009-2013
endosulfansulfat	N		2002-2013	2009-2013	propoxikarbazon-Na	H	C	2010-2013	
epoxikonazol	F	B	2008-2013	2009-2009	propyzamid	H	C	2002-2013	2009-2013
esfenvalerat	I	C	2002-2013	2009-2013	prosulfokarb	H	C	2002-2013	2009-2013
etofumesat	H	C	2002-2013	2009-2013	protiokonazol-destio	N	C	2010-2013	
fenarimol	F	A	2008-2012	2009-2009	pyraklostrobin	F	C	2004-2013	
fenitrotrion	I	A	2005-2013	2009-2013	pyroxulam	H	C	2011-2013	
fenmedifam	H	C	2002-2013	2012-2012	quinoxyfen	F	B	2003-2013	2009-2013
fenoxaprop-P	H	C	2002-2011		rimsulfuron	H	C	2010-2013	
fenpropidin	F	C	2011-2013		siltiofam	F	C	2010-2013	
fenpropimorf	F	C	2002-2013	2009-2013	simazin	H	A	2002-2013	2009-2013
flamprop	H	A	2002-2010		spiroxamin	F	B	2010-2013	
florasulam	H	C	2010-2013		sulfosulfuron	H	C	2010-2013	
fluazinam	F	C	2010-2013		tau-fluvalinat	I	C	2008-2013	2009-2013
fludioxonil	F	C	2008-2013	2009-2010	terbutryn	H	A	2002-2013	2009-2013
flupyrsulfuronmetyl-Na	H	C	2010-2013		terbutylazin	H	B	2002-2013	2009-2013
fluroxipyr	H	C	2002-2013		DETA	N		2002-2013	2009-2013
flurprimidol	TV	A	2010-2013		tiakloprid	I	C	2010-2013	
flurtamon	H	C	2004-2013	2009-2013	tiametoxam	I	C	2010-2013	
flusilazol	F	B	2008-2013	2009-2010	tifensulfuronmetyl	H	C	2010-2013	
flutriafol	F	B	2008-2013	2009-2010	tiofanatmetyl	F	C	2011-2013	
foramsulfuron	H	C	2011-2013		tolklofosmetyl	F	C	2002-2013	2009-2013
fuberidazol	F	C	2005-2013	2009-2013	tolyfluamid	F	A	2002-2013	
heptaklor	I	A	2002-2013	2009-2013	tribenuronmetyl	H	C	2010-2013	
heptaklorepoxid	N		2002-2013	2012-2013	trifloxystrobin	F	C	2010-2013	
hexaklorbensen	F	A	2002-2013	2009-2013	trifluralin	H	A	2002-2013	2009-2013
hexazinon	H	A	2002-2013		triflulsulfuronmetyl	H	C	2010-2013	
hexytiazox	I	C	2010-2013		trinexapak-etyl	TV	C	2011-2013	
imazalil	F	C	2002-2013		trinexapak-syra	N		2011-2013	
imidakloprid	I	C	2005-2013		tritikonazol	F	B	2010-2013	

Substans	Typ <sup>#</sup>	Grupp <sup>*</sup>	Regn	Luft	Substans	Typ <sup>#</sup>	Grupp <sup>*</sup>	Regn	Luft
iprodion	F	B	2002-2013	2009-2013	vinklozolin	F	A	2002-2013	2009-2013
isoproturon	H	B	2002-2013	2009-2013					

<sup>#</sup> = B – biocid; H – herbicid; F – fungicid; I – insekticid; N – nedbrytningsprodukt (alt. biprodukt); TV – tillväxtreglerare.

\* = A – förbjuden inom EU; B – godkänd inom EU, men ej registrerad i Sverige; C – godkänd i Sverige. Anger läget 2013.

#### Aktuella direktiv, konventioner, miljömål mm

Ramdirektivet för vatten (2000/60/EU), med tillhörande lista över prioriterade substanser (2013/39/EU).

I ramdirektivet anges även att substanser som ”släpps ut i betydande mängd” ska kontrolleras.

Miljökvalitetsmålet Giftfri miljö.

EG:s förordning 1107/2009 som reglerar villkoren för godkännande av växtskyddsmedel inom EU.

Tematisk strategi för en uthållig användning av växtskyddsmedel - EU direktiv 2009/128.

Prioriterad ämnesgrupp inom HELCOM, OSPAR och FNs miljögiftskonvention (Stockholmskonventionen).

Nationell handlingsplan för hållbar användning av växtskyddsmedel för perioden 2013-2017 (Landsbyggsdepartementet beslut 2013-06-19 bilaga nr 8).

## Bilaga 2 Beskrivning av modellberäkningar

### Årlig kartläggning med MATCH-Sverigesystemet

Syftet med MATCH-Sverigesystemet är att geografiskt kartlägga halter i luft samt deposition av försurande och övergödande ämnen över Sverige. I systemet ingår fysikaliska modeller och kvalitetsgranskad mätdata, vars resultat integreras för att erhålla en så bra kartläggning som möjligt.

Tillgänglig data är sammanställd i Tabell 2:1. I rapporteringen ingår lufthalter av svaveldioxid (SO<sub>2</sub>), kvävedioxid (NO<sub>2</sub>) och ammoniak (NH<sub>3</sub>) samt våt- och torrdeposition av oxiderat och reducerat kväve (NO<sub>x</sub> och NH<sub>x</sub>) samt oxiderat svavel (SO<sub>x</sub>) med och utan havssaltsbidrag. För dessa ämnen beräknas förutom torrdepositionens geografiska variation även torrdeposition till olika markttyper. Även våtdeposition av baskatjoner med och utan havssaltsbidrag beräknas. Simulerad lufthalt och deposition presenteras som griddad data med en geografisk upplösning på 20x20 km. För deposition redovisas för de flesta ämnen den totala depositionen orsakad av alla utsläpp i Europa (benämns i tabellen Sverige+LRT). Dessutom redovisas för torrdepositionen bidraget av Sveriges utsläpp (benämns Sveriges bidrag till total deposition i tabellen). Till lufthalter redovisas Sveriges bidrag, långdistansbidraget samt de totala halterna (Sveriges bidrag + långdistansbidraget).

**Tabell 2:1** Förteckning över parametrar som finns tillgängliga via SMHI:s karttjänst.

MATCH-Sverige Deposition	Svavel inkl. havssalt	Svavel exkl. havssalt	Oxiderat kväve NO <sub>y</sub>	Reducerat kväve NH <sub>x</sub>	Baskatjoner (Ca, Mg, K, Na) inkl. havssalt	Baskatjoner (Ca, Mg, K) exkl. havssalt
Total deposition (våt + torr)	X	X	X	X		
Sveriges bidrag, total deposition (våt + torr)		X	X	X		
Total våtdeposition	X	X	X	X	X	X
Total torrdeposition		X	X	X		
Torrdeposition åker		X	X	X		
Torrdeposition lövskog		X	X	X		
Torrdeposition granskog		X	X	X		
Torrdeposition vatten		X	X	X		
<b>MATCH-Sverige Halter i luft</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>NH<sub>x</sub></b>			
Sveriges bidrag	X	X	X			
Långtransport- bidrag	X	X	X			
Totalt	X	X	X			



## Bilaga 3 Mätstationsindelning för utvärdering av lufthalter

Indelning av mätstationer i sex regioner för redovisning av halter i luft av SO<sub>2</sub>-S och NO<sub>2</sub>-N 2001-2013.

Region	Station	Mät nät
Norrland - västra	Pålkem	LNKN
	Myrberg	Krondropps nätet
	Högbränna	Krondropps nätet
	Bredkålen	EMEP
	Djursvallen, nedre	LNKN
Norrland - östra	Gammtratten	IM
	Rickleå	LNKN
	Docksta	LNKN
	Storulvsjön	Krondropps nätet
	Jädraås	LNKN
Svealand - exkl. Sthlm	Blåbärskullen	Krondropps nätet
	Finnbo/Hyttskogen	Krondropps nätet
	Kindlahöjden	IM
Svealand - Sthlm-region	Sticklinge	Krondropps nätet
	Ulriksdal <sup>1)</sup>	Krondropps nätet
	Farstanäs	Krondropps nätet
Götaland - inlandet	Granan	LNKN
	Sjöängen	LNKN
	Höka	Krondropps nätet
	Risebo	Krondropps nätet
	Fagerhult	Krondropps nätet
	Aneboda	IM
Götaland - kust och Skåne	Hensbacka	Krondropps nätet
	Gårdsjön	IM
	Råö/Rörvik	EMEP
	Timrilt	Krondropps nätet
	Rockneby	Krondropps nätet
	Hoburgen	LNKN
	Västra Torup/Hissmossa	Krondropps nätet
	Vavihill	EMEP
	Sännen	LNKN
	Ottenby	Krondropps nätet

1) Mätdata finns endast för NO<sub>2</sub>-N



## Bilaga 4 Statistisk analys

Den statistiska analysen som genomförts för nedfallsmätningarna har utförts med Mann-Kendall-analys. Mann-Kendall är en utvärderingsmetod för att påvisa signifikanta monotona trender (Mann, 1945) utan att göra antaganden om någon fördelning för värdena. Mann-Kendall kan användas för att analysera flera platser samtidigt och på så små dataset som fyra värden per plats. Förenklat kan man säga att metoden jämför alla värden parvis och summerar hur ofta det senare värdet är större respektive mindre än det tidigare värdet. Detta gör att ett fåtal eventuella kraftigt avvikande värden inte påverkar resultatet i någon större utsträckning. Saknade värden är inte heller något problem. Allt detta gör Mann-Kendall till en robust metod som passar för utvärdering av nedfallsmätningarna.

Signifikans anges i tre olika nivåer;  $p < 0.05 = *$  signifikans;  $p < 0.01 = **$  signifikans;  $p < 0.001 = ***$  signifikans.

Område	Parameter	Statistisk signifikans	Total procentuell förändring över hela perioden
Norra Sverige	Nederbördsmängd_mm		
Sydvästra Sverige	Nederbördsmängd_mm		
Sydöstra Sverige	Nederbördsmängd_mm		
Norra Sverige	H+_kgha	**	-43
Sydvästra Sverige	H+_kgha	***	-69
Sydöstra Sverige	H+_kgha	*	-51
Norra Sverige	SO4-Sex_kgha	**	-49
Sydvästra Sverige	SO4-Sex_kgha	***	-62
Sydöstra Sverige	SO4-Sex_kgha	***	-56
Norra Sverige	Cl_kgha		
Sydvästra Sverige	Cl_kgha		
Sydöstra Sverige	Cl_kgha		
Norra Sverige	Na_kgha		
Sydvästra Sverige	Na_kgha		
Sydöstra Sverige	Na_kgha		
Norra Sverige	NO3-N+NH4-N_kgha	*	-25
Sydvästra Sverige	NO3-N+NH4-N_kgha	*	-27
Sydöstra Sverige	NO3-N+NH4-N_kgha	*	-30
Norra Sverige	NO3-N_kgha		
Sydvästra Sverige	NO3-N_kgha	***	-40
Sydöstra Sverige	NO3-N_kgha	*	-33
Norra Sverige	NH4-N_kgha		
Sydvästra Sverige	NH4-N_kgha		
Sydöstra Sverige	NH4-N_kgha		

Antal lokaler som uppvisade statistisk signifikans i de olika områdena:

Område	Parameter	Antal lokaler med statistisk signifikant minskning (inom parentes av totalt antal lokaler som ingår i analysen)
Norra Sverige	NO3-N+NH4-N kgha	0 (10)
Sydvästra Sverige	NO3-N+NH4-N kgha	2 (6)
Sydöstra Sverige	NO3-N+NH4-N kgha	1 (8)
Norra Sverige	NO3-N_kgha	1 (10)
Sydvästra Sverige	NO3-N_kgha	5 (6)
Sydöstra Sverige	NO3-N_kgha	2 (8)
Norra Sverige	NH4-N_kgha	1 (10)
Sydvästra Sverige	NH4-N_kgha	0 (6)
Sydöstra Sverige	NH4-N_kgha	1 (8)

## Referens

Mann, H.B., 1945. Non-parametric tests against trend: *Econometrica* v. 13, p. 245–259.







NATIONELL  
MILJÖÖVERVAKNING  
PÅ UPPDRAG AV  
NATURVÅRDSVERKET



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

**SMHI**

**itm.**

Department of Applied Environmental  
Science

**IVL** Svenska  
Miljöinstitutet

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