



Nr C 224
Oktober 2016

Nationell luftövervakning

**Sakrapport med data från övervakning inom Programområde Luft
t.o.m. 2015**

Karin Sjöberg, Eva Brorström-Lundén, Helena Danielsson, Malin Fredricsson, Katarina Hansson,
Gunilla Pihl Karlsson, Annika Potter, Ingvar Wängberg, Jenny Kreuger, Therese Nanos, Elin Paulsson,
Hans Areskoug, Heléne Alpfjord, Camilla Andersson och Weine Josefsson



NATIONELL
MILJÖÖVERVAKNING
PÅ UPPDRAG AV
NATURVÅRDSVERKET

Författare: Karin Sjöberg, Eva Brorström-Lundén, Helena Danielsson, Malin Fredricsson, Katarina Hansson, Gunilla Pihl Karlsson, Annika Potter, Ingvar Wängberg (IVL), Jenny Kreuger, Therese Nanos, Elin Paulsson (SLU), Hans Areskoug (SU), Heléne Alpfjord, Camilla Andersson och Weine Josefsson (SMHI)

Medel från: Naturvårdsverket

Rapportnummer C 224

ISBN 978-91-88319-33-3

Upplaga Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2016

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

Tel 010-788 65 00 // Fax 010-788 65 90 // www.ivl.se

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

Förkortningar

ACTRIS	<i>Aerosols, Clouds, and Trace gases Research InfraStructure network</i>
CCC	<i>Chemical Co-ordinating Center, inom EMEP, lokaliserat till NILU i Norge</i>
CLRTAP	<i>Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution</i>
EMEP	<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>
FMI	<i>Finska Meteorologiska Institutet</i>
GAW	<i>Global Atmosphere Watch</i>
HELCOM	<i>Helsingfors Kommissionen</i>
IM	<i>Integrerad Monitoring (delprogram inom Programområde Skog)</i>
IMM	<i>Institutet för Miljömedicin</i>
IVL	<i>IVL Svenska Miljöinstitutet AB</i>
Krondroppsnätet	<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>
LNKN	<i>Luft- och nederbördskemiska nätet</i>
MATCH	<i>Multi scale Atmospheric Transport and Chemistry modeling system</i>
MKN	<i>Miljökvalitetsnorm</i>
NILU	<i>Norsk Institutt for Luftforskning</i>
NV	<i>Naturvårdsverket</i>
OSPAR	<i>The Oslo and Paris Conventions for the protection of the marine environment of the North-East Atlantic</i>
SLU	<i>Sveriges lantbruksuniversitet</i>
SMED	<i>Svenska MiljöEmissionsData</i>
SMHI	<i>Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut</i>
SSM	<i>Strålsäkerhetsmyndigheten</i>
SU	<i>Stockholms universitet</i>
SWEDAC	<i>Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll</i>
UN-ECE	<i>United Nations Economic Commission for Europe</i>
WMO	<i>World Meteorological Organization</i>
WOUDC	<i>The World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre</i>

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	7
Summary	15
1 Inledning.....	21
1.1 Delprogram Försurande och övergödande ämnen i luft och nederbörd	24
1.1.1 Luft- och nederbörds kemi inom EMEP	24
1.1.2 Luft- och nederbörds kemiska nätet.....	24
1.2 Delprogram Krondroppsnetet-NV inkl. IM	25
1.3 Delprogram Metaller i luft och nederbörd.....	25
1.4 Delprogram Organiska miljögifter i luft och nederbörd	26
1.4.1 Organiska miljögifter.....	26
1.4.2 Volatila organiska ämnen (VOC)	26
1.5 Delprogram Pesticider i luft och nederbörd.....	26
1.6 Delprogram Partiklar i luft.....	27
1.7 Delprogram Marknära ozon	28
1.8 Delprogram Ozonskiktets tjocklek.....	28
1.9 Delprogram Spridningsberäkningar med MATCH - Sverigemodellen	29
1.9.1 Årlig kartläggning med MATCH-Sverigesystemet	29
1.10 Delprogram STRÅNG UV-indikator	29
2 Metoder och kvalitetssäkring	31
2.1 Mätningar	31
2.1.1 Metodik.....	31
2.1.2 Kvalitetssäkringsrutiner	31
2.2 Modellberäkningar	32
2.2.1 Metodik.....	32
2.2.2 Kvalitetssäkringsrutiner	33
2.3 Datalagring	34
3 Mätresultat	35
3.1 Försurande och övergödande ämnen	35
3.1.1 Luft – försurande och övergödande ämnen	35
3.1.2 Deposition och nederbörds mängder – försurande och övergödande ämnen	46
3.2 Metaller	55
3.2.1 Luft - metaller	55
3.2.2 Deposition - metaller	59
3.3 Organiska ämnen.....	60
3.3.1 Organiska miljögifter i luft och deposition.....	61
3.3.2 Volatila organiska ämnen (VOC)	82
3.3.3 Pesticider i luft och nederbörd	87
3.4 Partiklar	91
3.4.1 PM ₁₀ och PM _{2,5}	91
3.4.2 Partikelbundna organiska ämnen och sot.....	94

3.4.3	PM _{2.5} tätort	99
3.5	Marknära ozon	101
3.6	Stratosfäriskt ozon	105
4	Modellresultat	108
4.1	Årlig kartläggning av MATCH-Sverigesystemet	108
4.1.1	Modellerade halter i luft.....	108
4.1.2	Modellerad deposition.....	118
4.2	Kartläggning av solstrålning via STRÅNG	131
4.2.1	Globalstrålning.....	131
4.2.2	UV-strålning	132
4.2.3	Fotosyntetiskt aktiv strålning.....	133
5	Tack.....	134
6	Referenser	134
Bilaga 1	Beskrivning av mätprogram	137
Bilaga 2	Beskrivning av modellberäkningar	144
Bilaga 3	Mätstationsindelning för utvärdering av lufthalter	146
Bilaga 4	Statistisk analys för nedfallsmätningar	147

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, SU, SLU och SMHI) till och med 2015 och regionala modellberäkningar (utförda av SMHI) till och med 2014, respektive 2015 för marknära ozon. Den nationella luftövervakningen omfattar även viss mätverksamhet på Svalbard, men denna redovisas inte i föreliggande rapport. Den 1 januari 2016 flyttades verksamheten vid EMEP-stationen Vavihill, på Söderåsen i Skåne, till Hallahus, 1 km norr om den tidigare mätplatsen.

För flertalet av de luftföroreningskomponenter som övervakas inom den nationella miljöövervakningen har det, sedan mätningarna startade för mellan 15 och 35 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

Den luftföroreningsrelaterade belastningen på miljön har under de senaste årtiondena minskat kraftigt till följd av internationella överenskommelser om att begränsa utsläppen av bland annat svavel- och kväveoxider samt av strukturella förändringar inom industrin.

Luft

En jämförelse mellan uppmätta halter i luft av svaveldioxid (SO₂) på 1980-talet och 2010-talet visar att den årliga medelhalten har minskat med mellan 88 och 95 % vid EMEP-stationerna. När man jämför de svenska regionerna blir det tydligt att koncentrationen under 2010-talet varit lägst i norra Sverige medan koncentrationerna i sydöstra och sydvästra Sverige legat på en jämförbar nivå. Ett undantag är 2014 då koncentrationerna i norra Sverige var på nästan samma nivå som i resten av Sverige. Anledningen till detta antas vara lufttransport av svavel från utbrottet vid Holuhraun på Island. I Sveriges sydvästra och sydöstra regioner har minskningen av SO₂ i luft varit större jämfört med i norra Sverige. Motsvarande resultat ses även för halter av svavel i deposition, där minskningen av svavelhalterna i södra Sverige var större jämfört med i norra Sverige. Även deposition av svavel med nederbörd var högre 2014 jämfört med omkringliggande år. Årliga medelkoncentrationer av sulfat i luft (SO₄) i luft, uppmätta vid EMEP-stationerna, har minskat med mellan 70 och 80 % från 1980-talet till 2010-talet.

En jämförelse mellan uppmätta halter i luft av kvävedioxid (NO₂) på 1980-talet och 2010-talet visar att de årliga medelkoncentrationerna vid EMEP-stationerna har minskat med 50 % i södra Sverige (Vavihill, Rörvik/Råö och Aspvreten) och med drygt 70 % i norra Sverige (Bredkålen).

Jämförelsen mellan svenska regioner visar att halterna under 2010-talet varit högst i sydvästra Sverige och lägst i norra Sverige. Koncentrationerna i sydöstra Sverige ligger däremellan.

Årliga medelkoncentrationer av nitrat (NO_3) i luft, mätta vid EMEP-stationerna under 1986-2015, visar en minskning på ungefär 50 % vid Vavihill och Aspvreten och 35 % vid Rörvik/Råö. Nitratkoncentrationen vid Breddkålen har för hela tidsperioden varit betydligt lägre jämfört med vid övriga EMEP-stationer, men även här har koncentrationerna minskat signifikant. Årsmedelvärdet av ammonium (NH_4) i luft har vid EMEP-stationerna minskat med 50 - 60 % under motsvarande tidsperiod.

Halter i luft av Cl, Na, Mg, Ca och K har mätts vid EMEP-stationerna under 2009-2015. Generellt har årsmedelhalterna varit högst vid Råö och lägst vid Breddkålen.

Modellering av regionala lufthalter utförs med MATCH Sverigesystemet genom att kombinera observationer och modelldata till en nationell 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 (NH_x , ammonium + ammoniak) i luft varierade årsmedel av totalhalten av NH_x för 2014 mellan som högst 1,19 $\mu\text{g N/m}^3$ i söder och som lägst 0,04 $\mu\text{g N/m}^3$ i nordligaste Sverige. För kvävedioxid varierade årsmedelhalten mellan som lägst 0,06 i Norrlands inland och som högst i södra Sverige och Stockholmsregionen, med maxvärde 2,31 $\mu\text{g N/m}^3$. Koncentrationen av svaveldioxid år 2014 varierade mellan 0,03 och 0,81 $\mu\text{g S/m}^3$. Under 2014 orsakade de svenska emissionerna i genomsnitt 27 % av totalhalterna för SO_2 över svenska landområden. Motsvarande siffra för NO_2 och reducerat kväve beräknas till 48 % respektive 37 %.

Nederbörd och deposition

Våtdepositionen av svavel var betydligt högre under 2014 jämfört med 2015. Detta berodde med stor sannolikhet på det stora svavelutsläppet från vulkanutbrottet på Island mellan augusti 2014 och februari 2015. Även våtdepositionen av oorganiskt kväve var betydligt högre 2014 jämfört med 2015, framförallt i sydvästra Sverige. I sydligaste Skåne, på Romeleåsen, uppmättes inom Krondroppsnätet 2014 ett årligt kvävenedfall via nederbörden på strax över 20 kg/ha. Under 2015 uppmättes det högsta kvävenedfallet i nederbörden i södra Halland på 14 kg/ha.

En statistisk trendanalys för nedfall med nederbörden (våtdepositionen) har genomförts för perioden 2000-2015, uppdelat på tre olika områden i Sverige (norra, sydöstra och sydvästra). 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. En period på 15 år är dock relativt kort för att beräkna trender för nedfall via nederbörden, eftersom nedfallet beror av en kombination av utsläppsförändringar och nederbördsmängder. Det finns därför en risk att trenderna kan växla beroende på vilken period som analyseras. När det gäller nederbördsmängderna syns ingen statistiskt säkerställd trend i något av de tre analyserade områdena (norra, sydöstra eller sydvästra Sverige). Våtdepositionen av svavel har minskat med 51-65 % 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. Ingen statistiskt signifikant förändring har erhållits för kloriddepositionen i något område sedan år 2000.

Våtdepositionen av oorganiskt kväve (nitrat + ammoniumkväve) har under perioden 2000-2015 minskat signifikant i norra (29 %) och sydvästra Sverige (24 %), medan ingen signifikant förändring kunde påvisas för sydöstra Sverige. För enbart ammoniumkväve erhöles ingen statistiskt säkerställd förändring för något av de tre områdena. Nitratkväve däremot har minskat signifikant i alla tre områdena sedan år 2000. I sydvästra Sverige har kvävenedfallet som nitrat minskat med 41 %, i sydöstra Sverige med 35 % och i norra Sverige med 34 %.

Mängden totaldeposition (våt och torr) till olika marktyper har också beräknats med modellsystemet MATCH Sverige och redovisas i denna rapport för exempelvis oxiderat svavel utan havssalt (XSO_x , summan av svaveldioxid och sulfat), reducerat kväve (NH_x , summan av ammonium och ammoniak) samt oxiderat kväve (NO_x , summan av bland annat NO , NO_2 , HNO_3 , PAN, N_2O_5 , NO_3 -salter och organiskt NO_3^-). Modelleringen visar att andelen våtdeposition relativt totaldepositionen för t.ex. 2014 över svenska landområden i genomsnitt över Sverige var 71 %, 79 % och 78 % för oxiderat svavel (havssalt ej inkluderat), reducerat respektive oxiderat kväve.

Modelleringen visar att största depositionen av reducerat kväve sker i södra Sverige och minst deponeras i norra Norrlands inland. En markant ökning av totaldepositionen ses för 2014 jämfört med 2013, främst i Skåne och Blekinge, men även upp ovanför Stockholmsområdet. Det svenska bidraget beräknades vara marginellt högre i södra Sverige under 2014 än 2013, vilket indikerar att den ökade totaldepositionen till stor del berodde på långtransportbidrag. Till exempel varierade totaldepositionen över Sverige mellan 35 och 820 mg N/m² under 2014. Liknande mönster syns för oxiderat kväve, och för 2014 varierade totaldepositionen mellan 40 och 690 mg N/m².

Totaldepositionen av XSO_x (oxiderat svavel exklusive havssalt) var högre i hela landet 2014 jämfört med 2013, främst i södra och mellersta Sverige. Det svenska bidraget var ungefär detsamma för de två åren, vilket indikerar att långdistanstransporten orsakade ökningen av totaldeposition. För XSO_x var vulkanutbrottet vid Bardarbunga på Island en bidragande orsak, framförallt i mellan-Sverige. Totaldepositionen av oxiderat svavel utan havssalt varierade mellan 100 och 600 mg S/m² år 2014.

Enligt modelleringen orsakade de svenska emissionerna under 2014 i genomsnitt 5 % av totaldepositionen för oxiderat svavel (exklusive havssalt) över svenska landområden. Motsvarande siffra för oxiderat kväve och reducerat kväve var 6 % respektive 15 %.

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 2015 har halterna i luft av PAH, PCB och DDT varit högre i södra Sverige jämfört med i norra Finland, medan α -HCH och klordaner har varit i samma nivå, vilket också gäller för depositionen.

Pesticiderna aldrin, heptaklor, diuron, atrazin och isoproturon, vilka mäts vid Råö, har endast kunnat detekteras i enstaka luft- och depositionsprover. Endosulfan (α -, β -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 85, 153, 154, 209 och HBCDD har endast detekterats vid enstaka tillfällen.

Under 2009-2014 uppmättes vid de flesta tillfällen högre halter dioxiner/furaner i luften på svenska västkusten jämfört med östkusten, medan halten av klorparaffiner (SCCP) var högre vid 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 vid Vavihill i sydligaste Sverige jämfört med nederbörd vid 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. 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. Den samlade depositionen av pesticider vid Vavihill har i medeltal varierat mellan 100 och 650 mg/ha, mån (10-65 $\mu\text{g}/\text{m}^2$, mån). Vid Aspvreten ligger depositionen cirka en tiopotens lägre. I luftprov från Vavihill påträffas i stor utsträckning samma substanser som i nederbördsproven. I ett specialprojekt undersöktes om det finns bekämpningsmedel som huvudsakligen transporteras i luften bundna till partiklar. Resultaten visar att en betydande andel av de substanser som idag är tillåtna för användning, både inom Sverige och EU, kunde detekteras i filtret snarare än i adsorbenten som normalt analyseras. Projektet visar att det framöver vore angeläget att inkludera analyser även av filtermaterialet inom den löpande luftövervakningen för pesticider.

Flyktiga organiska ämnen (VOC)

Halterna för de flesta VOC:er från användning lösningsmedel och förbränning 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 2009-2015 i urban bakgrundsluft i Göteborg, de mest volatila ämnena stod för den största andelen under alla årstider.

MKN för bensen är $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som ett aritmetiskt årsmedelvärde som inte skall överskridas. Med ledning av 85 veckomätningar av bensen vid bakgrundsstationen Råö och 58 veckomedel av uppmätta bensenhalter i urban bakgrundsluft i Göteborg, i taknivå, överskreds sannolikt inte MKN på dessa platser under 2009-2015.

För 1,3-butadien och bensen finns preciseringar till de nationella miljömålen som för butadien är $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och för bensen $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som årsmedelvärden. Medelhalter från drygt 6000 timmedelvärden under 2009-2015, i urban bakgrundsluft i Göteborg, var för 1,3-butadien $< 0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och för bensen $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vilket indikerar att det finns risk att miljömålet för bensen överskrids på årsbas.

Partiklar

Halten av PM_{10} i den regionala bakgrunden är ungefär $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i södra Sverige (Vavihill och Råö), ungefär 8 i Mellansverige (Aspvreten och Norr Malma i Uppland) och 3 – 4 i norra Sverige (Bredkålen). Halten av $\text{PM}_{2.5}$ i den regionala bakgrunden är 7 -9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i södra Sverige (årsmedelvärde, Vavihill), 5 – 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i mellersta Sverige (Råö och Aspvreten) och cirka 2 i norra delen av landet (Bredkålen). Även i den urbana bakgrunden avtar medelhalten avseende $\text{PM}_{2.5}$ norrut i landet, och är i södra Sverige (Burlöv, Stockholm) i samma storleksordning som i den regionala bakgrunden. I norra Sverige (Umeå) är halten något högre i tätort än på landsbygd. Den genomsnittliga exponeringsindikatorn visar att Sverige uppnår de krav som EU ställt på en acceptabel exponeringsnivå.

Vid Aspvreten i Mellansverige, där mätningar av PM_{10} har pågått sedan 1990 har halten sjunkit från nästan 20 till 7 – 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i dag. Det är framförallt under perioden 2000 – 2005 som halten sjunkit, därefter verkar minskningen avstannat. Trenden på de övriga stationerna överensstämmer väl med den på Aspvreten.

Halten av organiskt kol (OC) i PM_{10} -fraktionen är i södra och mellersta delen av Sverige (Vavihill och Aspvreten) ungefär $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ utan någon tydlig årstidsvariation. Halten av elementärt kol (EC) är cirka 0,2 – 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (månadsmedelvärden) under vintern och 0,1 – 0,2 under sommarhalvåret. Mätningar har gjorts sedan april 2008. Ingen tendens till ökande eller minskande halter av OC och EC syns under denna relativt korta tid. 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 - 8 till strax under 1,5

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ idag. I norra Sverige (Bredkålen) var halten cirka $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ under 1980-talet och är under $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 AOT40 (MKN för växtlighet). Under åren 2014 och 2015 uppmättes inga timmedelhalter över informationsnivån ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Däremot överskreds såväl miljömålet för timme ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) som MKN för 8-timmarsmedelvärdet ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) vid flera av mätstationerna under dessa år.

Modellerade dygnsöverskridanden över $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ av marknära ozon visar att antalet överskridanden var större 2013 än 2014 och 2015 i hela landet. Flest överskridanden inträffade i södra Sverige samt Norrlands inland. Trenden visar att dessa överskridanden under åren 1990-2013 är ökande i princip i hela landet.

När det gäller överskridanden av $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ så sker de främst i södra Sverige, och under 2013 också längs Norrlandskusten. Flest antal överskridanden under 2013-2015 skedde i Blekinge år 2014, med cirka 13 dygn över $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. För 2015 skedde de flesta överskridandena i Skåne och kring Göteborg, med som mest cirka 4 dagars överskridande. Det årliga antalet överskridanden över $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ var över perioden 1990-2013 lågt i norr (upp till 2 dygn) och högre i söder (ca 4-15 dygn). Det innebär att 2013 var ett normal-lågt år för de högsta halterna, medan 2014 var ett år med fler höga halter än normalt, men inte ett extremt år under perioden förutom i Blekinge. Trenden är minskande i söder för överskridande av $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Att de modellerade halterna under 2014 var högre än 2013 och 2015 var en effekt av meteorologisk variabilitet.

Måttet AOT40, som indikerar vegetationspåverkan på grödor respektive skog, var högre under 2013 än 2014 och 2015, och störst påverkan var det i södra Sverige, Stockholmsregionen och området kring Gävleborgs län. AOT40 för grödor hade 2013 ett värde som var ungefär som medel över perioden 1990-2013, medan 2014 och definitivt 2015 var lägre än medelåret. AOT40 för skog var högre i norr och lägre än/liknande i söder under 2013 jämfört med medlet över perioden. Trenden över 1990-2013 är minskande överallt utom i norra Norrland för både grödor och skogseffekter. Skillnaderna mellan åren 2013-2015 orsakade av meteorologisk variabilitet.

Stratosfäriskt ozon

Mängden av ozon i stratosfären över Sverige varierar ofta kraftigt från dag till dag och uppvisar även en tydlig årlig cykel. Dessa variationer beror i huvudsak på storskaliga variationer i hur luften i stratosfären rör sig men även på att kemiska reaktioner både bildar och bryter ner ozon. Överlagrat på detta finns en långsiktig trend som beror på att människans utsläpp av ozonnedbrytande ämnen har påverkat kemin. I globala mätdata syns nu antydningar till en återhämtning av ozonskiktets tjocklek efter decennier av förtunning, men detta är oftast svårt att se för enskilda stationer beroende på den stora naturliga variationen.



STRÅNG

Modellen, STRÅNG, för beräkning av några solstrålningsstorheter för norra Europa har producerat data under ett antal år. Den är för närvarande under uppgradering, vilket ska vara klart under 2017. För de senaste åren syns de typiska mönstren med ett starkt latitudberoende med avtagande strålning mot norr, med relativt sett mycket strålning över Östersjöområdet i jämförelse med motsvarande latituder i närheten.



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. This report presents the results from the activities within the National monitoring programme for air pollutants regarding measurements (performed by IVL, SU, SLU and SMHI respectively) until 2015 and modelling (performed by SMHI) until 2015 for ground level ozone and 2014 for other pollutants. Furthermore, the National monitoring programme includes some activities on Svalbard, but these results are not presented in this report. January 1, 2016 the monitoring activities at the EMEP site Vavihill, Söderåsen in Skåne, were moved to Hallahus, 1 km north of the former location.

For most of the air pollutants monitored the situation has improved significantly since the measurement started between 15 and 35 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 concentrations of ground-level ozone exceed the air quality standard for health. For ground-level ozone, particles and benzene (in urban background air) there is a risk for concentration levels above the specifications of the environmental objectives.

Acidifying and eutrophying substances

The concentration of pollutants in air and precipitation has during the last decades decreased significantly due to international agreements to reduce emissions of e.g. sulphur and nitrogen oxides.

Air

A comparison between the measured concentrations of sulphur dioxide (SO₂) in air in the 1980's and in the 2010's shows that the annual average concentration has been reduced by between 88 and 95% at the EMEP sites. When comparing the Swedish regions, it becomes clear that the concentrations in the 2010's were lowest in northern Sweden, whereas the concentrations in the southeastern and southwestern Sweden were a comparable levels. An exception is 2014 when the concentration in northern Sweden was almost on the same level as in the rest of Sweden. The reason for this is believed to be air transport of sulphur from the outbreak at Holuhraun in Iceland. In Sweden's southwestern and southeastern regions the reduction of SO₂ in air has been larger compared to northern Sweden. Similar results were seen also for concentrations of sulphur in deposition for which the decrease of sulphur in southern Sweden was greater compared to northern Sweden. Annual average concentrations of sulphate in the air (SO₄) in air, measured at the EMEP sites have fallen by between 70 and 80% from the 1980's to the 2010's.

A comparison between the measured concentrations in air of nitrogen dioxide (NO₂) in the 1980's and the 2010's shows that the annual average concentrations at the EMEP sites have decreased by 50% in southern Sweden (Vavihill, Rörvik/Råö and Aspvreten) and with more than 70% in northern Sweden (Bredkålen). The comparison between the Swedish regions shows

that the levels during the 2010's have been the highest in southwest Sweden and lowest in northern Sweden. The concentrations in southeastern Sweden lie between.

Annual average concentrations of nitrate (NO_3) in the air, measured at the EMEP sites during 1986-2015, show a reduction of approximately 50% in Vavihill and Aspvreten and 35 % at Rörvik / Råö. The nitrate concentration in Breckälén is for the whole time period much lower compared with the other EMEP sites, but even here the concentrations have decreased significantly. The annual average of ammonium (NH_4) in the air has at the EMEP sites declined by 50-60% during the same time period.

Concentrations of Cl, Na, Mg, Ca, and K in air have been measured at the EMEP sites from 2009 to 2015. Generally the annual average concentrations have been highest at Råö and lowest at Breckälén.

Modelling the concentration of different substances in air is achieved by combining observations with model data, in the MATCH Sweden system. Measurements and model data complement each other in order to achieve a better knowledge. With the model system, concentration levels can be divided into contributions from Swedish and foreign emission sources (long-range transport).

Modelling results (on a regional scale) show that for reduced nitrogen (the sum of ammonium and ammonia) the total yearly average concentration varied between $1.19 \mu\text{g N/m}^3$ in the south of Sweden, and $0.04 \mu\text{g N/m}^3$ in the most northern parts of the country in 2014. For nitrogen dioxide the highest concentrations were modelled in the larger urban areas and the concentration varied between 0.06 and $2.31 \mu\text{g N/m}^3$. The air concentration of SO_2 were modelled to vary between 0.03 and $0.81 \mu\text{g S/m}^3$ in Sweden, and the highest values were seen in the larger urban areas and along the coast of Norrland. During 2014 the Swedish emissions were calculated to have caused on average 27% of the total concentration of SO_2 over Swedish land areas. For NO_2 and reduced nitrogen the equivalent percentage was estimated to 48% and 37%.

Precipitation and Deposition

Wet deposition of sulphur in Sweden was significantly higher in 2014 compared to 2015. This can mainly be explained by the high sulphur emissions from the volcano eruption in Iceland between August 2014 and February 2015. Also the wet deposition of inorganic nitrogen was significantly higher in 2014 compared to 2015, primarily in southwestern Sweden. The highest wet deposition of inorganic nitrogen was just above 20 kg/ha in the most southern part of Sweden. In 2015 the highest wet deposition of inorganic nitrogen was measured at the southwest coast of Sweden, with just below 15 kg/ha.

A statistical trend analysis for wet deposition has been made for the years 2000-2015. Averages for measurements separated for three different areas in Sweden (North, South-East and South-West) are used in the trend analysis. The monitoring stations included in the analysis in the different areas are the stations that have full data coverage during all years. No aspects of the stations representability in the different areas have been included in the analysis.

No statistically significant trend in any of the three analysed areas was obtained for the amount of precipitation. Wet deposition of sulphur has decreased significantly by 51-65% over the period 2000-2015 for all three areas in Sweden. The largest decline of sulphur deposition was in

southwestern Sweden and lowest in northern Sweden. The hydrogen ion deposition, which may be used as a measure of the acid load, has also declined in all regions since 2000. No statistically significant change was obtained for chloride deposition in any area 2000-2015.

Wet deposition of inorganic nitrogen (nitrate + ammonium nitrogen) decreased significantly during the period 2000-2015 in northern Sweden (29%) and southwestern Sweden (24%), while no significant changes were obtained for southeastern Sweden. The wet deposition of ammonium nitrogen showed no statistically significant change in any of the three areas during 2000-2015. However, the wet deposition of nitrate nitrogen decreased by 41% in southwestern Sweden, by 35% in southeastern Sweden and by 34% in northern Sweden since 2000.

The model system divides the total deposition into wet and dry. The share of the wet to the total deposition was 71% for sulphur (sum of sulphur dioxide and sulphate excluding contribution from sea salt), 79% for reduced (the sum of ammonium and ammonia) and 78% for oxidized nitrogen (sum of NO, NO₂, HNO₃, PAN, N₂O₅, NO₃- salts and organic NO₃- among other substances) in 2014. The deposition for different land use types can also be calculated.

The modelling shows that the deposition of reduced nitrogen is highest in the southern parts of Sweden, and is lowest in northern Sweden. In 2014 the deposition was increased compared to 2013, and it ranged between 35 and 820 mg N/m². The Swedish contribution was marginally higher in 2014, indicating that most of the increase was due to long-range transport. A similar pattern was seen for oxidised nitrogen, for which the deposition varied between 40 and 690 mg N/m² in 2014. For sulphur (sea salt not included) the total deposition varied between 100 and 600 mg S/m², which was an increase compared to 2013. The volcanic eruption at Bardarbunga in Iceland contributed to the long-range transport of sulphur, especially in mid-Sweden. In 2014 the Swedish emissions caused on average 5% of the deposition of sulphur (sea salt not included) in Swedish land areas. The corresponding number for oxidized and reduced nitrogen was 6% and 15% respectively.

Heavy metals

The concentrations of heavy metals in air and in precipitation are lower in Sweden than in some other comparable countries. This can be explained by Sweden's northerly position and the relative low use of fossil fuels for electricity and heat 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 are generally higher in southern Sweden compared to northern Finland, while α -HCH and chlordanes are at 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 only been detected occasionally in air and deposition samples. Endosulfan (α - and β -endosulfan, endosulfan sulfate) have been 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 the levels are in the same range at all sites; Råö, Aspvreten and Pallas. BDE-85, 153, 154, 209 and HBCDD have only been detected occasionally.

The dioxin/furans concentrations in air are generally higher at the Swedish west coast compared to the Swedish east coast, while the levels of chlorinated paraffins (SCCPs) are 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. A substantial portion (close to 50%) of the pesticides occurring in precipitation are no longer applied within Sweden, highlighting the importance of a trans-boundary transport, also of some modern pesticides. Average deposition of pesticides at Vavihill has varied between 100 and 650 mg/ha, month (10-65 $\mu\text{g}/\text{m}^2$, month). 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. In a special project we examined whether there are pesticides that are mainly transported in air bound to particles. The results show that a significant proportion of the substances that are currently permitted for use could be detected in the filter rather than in the adsorbent normally analysed. The project shows that it is important in the future to include analysis also of the filter material within the long-term air-monitoring program for pesticides.

Volatile organic components (VOC)

Highest concentrations of the VOCs were measured in November to Mars, i.e. during the coldest period of the year. The seasonal variations are probably due to higher emissions from combustion processes 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 was detected in 2009-2015, the most volatile substances accounted for the largest share in all seasons.

The environmental quality standard (EQS) for benzene is 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ as an arithmetic annual average. With the guidance of 85 weekly measurements of benzene at the background site Råö and 58 weekly average values in urban background air in Gothenburg (roof level), the EQS was not exceeded at these sites during 2009-2015.

For 1,3-butadiene and benzene there are clarifications to the national environmental objectives (butadiene 0.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and benzene 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ as annual averages). The average concentrations of more than 6 000 hourly data during 2009-2015 in urban background air in Gothenburg, were $<0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for 1,3-butadiene and $0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for benzene. These results indicate a risk that the environmental objective for benzene is exceeded on an annual basis.

Particles

The concentration of PM_{10} in the regional background is about $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in southern Sweden (Vavihill and Råö), about 8 in central Sweden (Aspvreten and Norr Malma) and 3 -4 in the north (Bredkålen). The concentration of $\text{PM}_{2.5}$ in the regional background is 7 -9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in southern Sweden (annual mean, Vavihill), 5-7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in central Sweden (Råö and Aspvreten) and about 2 in the northern part of the country (Bredkålen). Also in urban background air the average concentration of $\text{PM}_{2.5}$ decreases northwardly, and is in the south of Sweden (Burlöv, Stockholm) of the same order as in the regional background. In the northern part of the country (Umeå) the concentration levels are somewhat higher in urban than in rural areas. The average exposure indicator shows that Sweden achieves the requirements set by the EU at an acceptable level of exposure.

At Aspvreten in central Sweden, where measurements of PM_{10} has been going on since 1990, the level has dropped from almost 20 to 7 -9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.

$\text{PM}_{2.5}$ at Aspvreten since 1998 has fallen from 11 to 12 to about $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ today. Most of the decrease occurred in the period 2000 – 2005. The trend is similar at the other stations in Sweden.

The concentration of organic carbon (OC), in the PM_{10} fraction, was approximately $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in the southern and central parts of Sweden (Vavihill and Aspvreten) with no clear seasonal variation. The monthly average concentration of elemental carbon (EC) is about 0.2 to 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ during winter and from 0.1 to 0.2 during the summer. There is no obvious trend of OC and EC since the start of the measurements in 2008. No measurements are made in Northern Sweden.

Soot has been measured with an indirect method as 'black smoke' (BS) at several background sites since the early 1980s. Since then, the concentration in southern Sweden decreased from 4-8 to approximately $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ today. In northern Sweden (Bredkålen) the concentration was approximately 1.5 in the 1980s and is below $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 2014 and 2015 no hourly values above the information threshold ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) were observed. However, the environmental goal for hourly means ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) as well as the limit

value for the 8 hour mean ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) were exceeded at many of the monitoring sites during these years.

Modelled daily exceedances of $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of ground-level ozone show that year 2013 had more exceedances than 2014 and 2015 in all of Sweden. Most exceedances occurred in southern Sweden and in the inlands of Norrland. The trend of these exceedances during the years 1990-2013 is increasing across the whole country.

Between 2013 and 2015, daily exceedances of $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ occur most frequently in southern Sweden, and during 2013 also along the coast of Norrland. The highest number of exceedances occurred in Blekinge in 2014, with about 13 days exceeding $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In 2015, most exceedances occurred in the south of Sweden and around Gothenburg. The yearly number of days with exceedances of $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ over the period 1990-2013 was lower in the northern parts of Sweden (up to two days) and higher in the south (4-15 days). This suggests that 2013 was a normal/low year for the highest concentrations, while 2014 was a year with higher but not extreme concentrations than normal, except for in Blekinge. The trend of the last 25 years suggests that the number of exceedances of $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is decreasing in the south of Sweden. That 2014 had higher concentrations than 2013 and 2015 was a result of meteorological variability.

The indicator AOT40, which shows vegetation impact on crops and forest, was higher during 2013 than during 2014 and 2015, with the largest impact in the south, around Stockholm and in the Gävleborg region. AOT40 for crops in 2013 was close to the average of the period 1990-2013, whilst 2014 and definitely 2015 were lower than average. AOT40 for forest was higher in the north and lower or similar in the south in 2013 compared to the average. The trend over the last 25 years is decreasing everywhere except for the most northern part of Sweden, for both crops and forest impacts. The differences between the years 2013-2015 were caused by meteorological variability.

Stratospheric ozone

There is a large natural variation of ozone in the stratosphere from day to day and also over the year. These variations are mainly caused by large scale atmospheric transport mechanisms, but there is also a dependence on atmospheric chemistry. One of these chemically introduced factors is a long term decline of stratospheric ozone due to manmade ozone depleting substances. In global records of total ozone an indication of recovery can now be seen. However, this is often hard to see in data from specific stations due to the large natural variation and local conditions.

STRÅNG

The STRÅNG model that generates a number of radiation quantities over northern Europe has now produced data for a long period. An upgrade is under way and should be ready in 2017. For the last couple of years one can see the typical pattern with a strong latitudinal dependence, and that there also is relatively more radiation over the Baltic area compared to nearby similar latitudes.

1 Inledning

Naturvårdsverket (NV), 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 Miljövetenskap och Analytisk kemi vid Stockholms universitet (SU) och Institutionen för Mark och Miljö vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) delar av övervakningen. Även SMHI genomför viss övervakning inom programområdet samt 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 (SO₂) och kväveoxider (NO_x) 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, nederbördskoncentrationer 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.

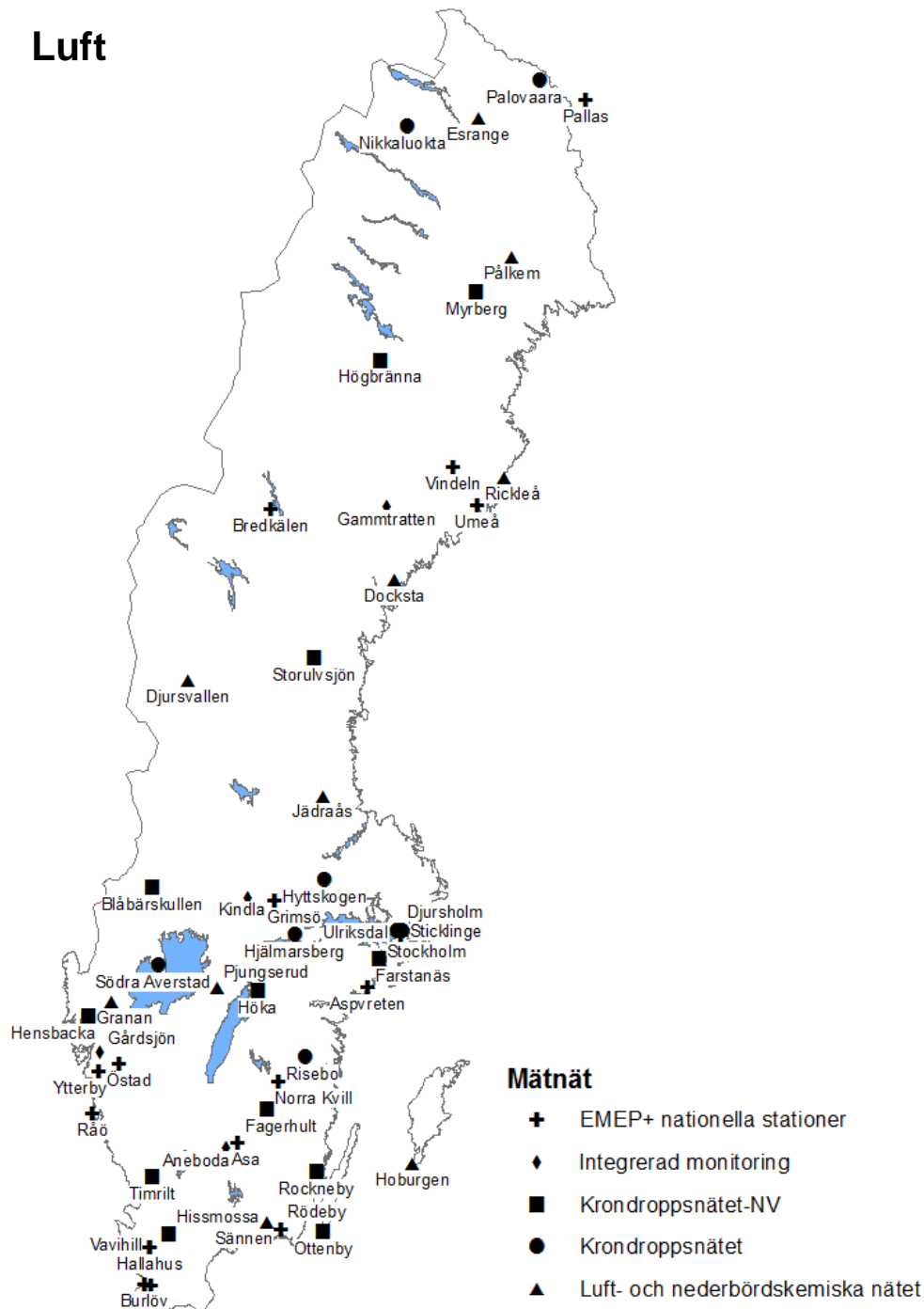
Samordnad övervakning på nationell nivå påbörjades i slutet av 1970-talet och har varierat i omfattning under åren. Nuvarande mätprogram infördes den 1 januari 2009, med undantag för ozon där den timvisa övervakningen utökades under 2013.

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.

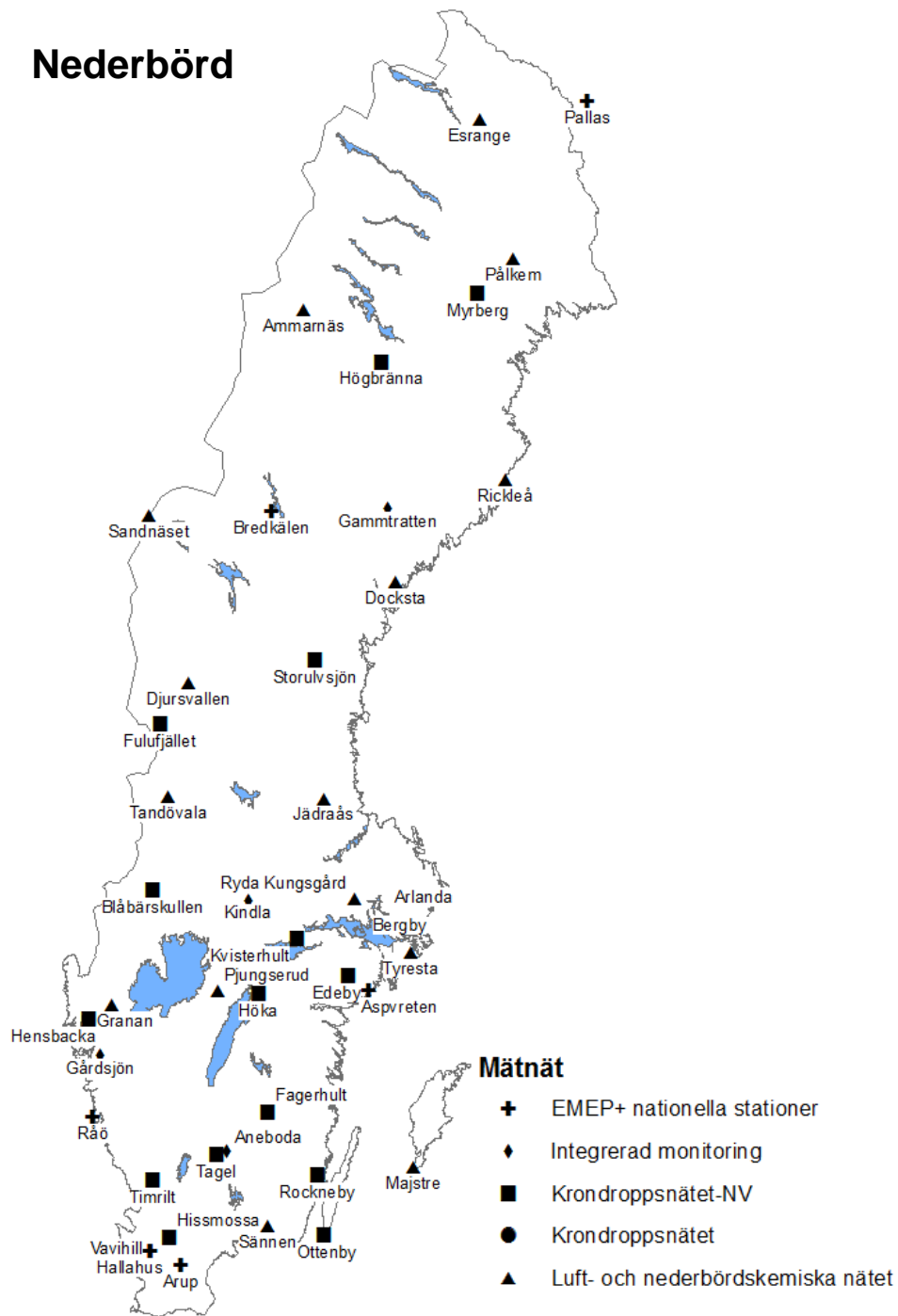
Övervakningen av ozonskiktet inleddes 1988 i Norrköping och 1991 i Vindeln. Modellsystemet STRÅNG startade år 2000 och är för tillfället under uppgradering.

I föreliggande rapport redovisas resultaten från större delen av IVL:s, SU:s, SLU:s och SMHI:s verksamhet inom Programområde Luft till och med 2015 (för modellberäkningarna t.o.m. 2014, förutom för marknära ozon som redovisas till och med 2015). 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 övervakning av partiklar och klimatpåverkande ämnen på Svalbard i Naturvårdsverkets nationella luftövervakning.



Figur 1 Mätstationerna för Luft inom EMEP, andra nationella stationer, LNKN, Krondropps nätet och IM som ingår i den nationella miljöövervakningen (för mätstationernas programtillhörighet, se Bilaga 1). Symbolerna indikerar vilket mät nät som mätstationen tillhör. I figuren ingår även några stationer inom Krondropps nätet som inte ingår i den nationella miljöövervakningen.



Figur 2 Mätstationerna för Nederbörd inom EMEP, andra nationella stationer, LNKN, Kron droppsnätet och IM som ingår i den nationella miljöövervakningen (för mätstationernas programtillhörighet, se Bilaga 1). Symbolerna indikerar vilket mät nät som mätstationen tillhör. I figuren ingår även några stationer inom Kron droppsnätet som inte ingår i den nationella miljöövervakningen.

1.1 Delprogram Försurande och övergödande ämnen i luft och nederbörd

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 nationella miljökvalitetsmål som främst berörs är *Bara naturlig försurning*, *Ingen övergödning* och *Frisk luft*. Data för Krondroppsnetet kan erhållas via www.krondroppsnetet.ivl.se. För IM-data hänvisas till <http://www.slu.se/institutioner/vatten-miljo/miljoanalys/integrerad-monitoring-im/data/>

1.1.1 Luft- och nederbörds kemi 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.

1.1.2 Luft- och nederbörds kemiska nätet

Mätningar inom Luft- och nederbörds kemiska 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 vad gäller såväl antal stationer som provtagnings- och analysmetoder. Idag mäts halter i nederbörd vid sexton stationer och halter i luft vid nio stationer, se Bilaga 1.

1.2 Delprogram Krondroppsnätet-NV inkl. IM

Krondroppsnätet (KD) startades 1985 som ett regionalt finansierat, nationellt samordnat mätprogram. Sedan år 2000 har Naturvårdsverket även varit medfinansiär för en del mätyper och mätstationer. Den del av Krondroppsnätet som finansieras av Naturvårdsverket (KD-NV) utgörs främst av mätningar i nederbörd över öppet fält vid 18 stationer samt torrdeposition vid 10 stationer (2015), se Bilaga 1. Inom Krondroppsnätet 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. Mätningarna inom Krondroppsnätet 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. Mer information om hela Krondroppsnätet finns på www.krondroppsnatet.ivl.se.

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 Krondroppsnätet.

De nationella miljökvalitetsmål som främst berörs är *Bara naturlig försurning*, *Ingen övergödning* och *Frisk luft*.

1.3 Delprogram Metaller i luft och nederbörd

Mätning av tungmetallerna sker på mätstationerna Vavihill, Råö, Aspvreten och Bredkålen, 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 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 depositionen av tungmetaller 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 direktiv 2004/107/EG, se vidare Bilaga 1.

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

1.4 Delprogram Organiska miljögifter i luft och nederbörd

1.4.1 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 SU. IVL tog 2008 över ansvaret för mätningar vid Aspvreten. Provtagningen genomförs fortfarande av SU. 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 miljö kvalitetsmål som främst berörs är *Giftfri miljö* samt *Frisk luft*.

1.4.2 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 även diffusiva veckomätningar av bensen, toluen, etylbensen och xylener (BTEX) utförts vid Råö sedan 2009.

1.5 Delprogram Pesticider 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 EG:s förordning 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 har 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.

1.6 Delprogram Partiklar i luft

Delprogrammet Partiklar och sot i luft följer upp miljö kvalitetsmålet *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 PM₁₀ och PM_{2.5} 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_{2.5} 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). ACTRIS syfte 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.

1.7 Delprogram 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). Mätningarna sker på timbasis med kontinuerligt registrerande UV-absorptionsinstrument vid totalt 14 stationer, varav IVL driver 13 och SU 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/m³ i mer än en timme skickar IVL ut information till lokalradiostationerna. Hemsidan (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 (NO₂) mäts på månadsbasis vid de fyra ozonstationer där dygnsprovtagning av NO₂ inte sker. Därutöver sker mätning av ozon på månadsbasis vid de nio stationer som mäter luft inom LNKN (avsnitt 1.1.2). Aktuellt mätprogram redovisas under EMEP i Bilaga 1.

1.8 Delprogram Ozonskiktets tjocklek

Syftet med delprogrammet är att följa hur ozonskiktet varierar från dag till dag och hur det utvecklas långsiktigt. Mätningarna görs vid två stationer: Vindeln och Norrköping. Eftersom problemet är globalt är verksamheten en del av det globala nätet av stationer, GAW (Global Atmosphere Watch). Data skickas därför varje månad till WOUDC (The World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre).

För att upprätthålla kvalitén görs regelbundet kalibreringar dels mot internationella referenser vart tredje till vart femte år. Däremellan kontrolleras stabiliteten genom frekventa mätningar mot så kallade standardlampor.

Mätningarna utförs som en följd av Wienkonventionen för skydd av ozonskiktet, men är även intressant som en indikator över förhållandena i stratosfären. De nationella miljökvalitetsmål som främst berörs är *Skyddande ozonskikt* och *Säker strålmiljö* (ultraviolet solstrålning).

1.9 Delprogram Spridningsberäkningar med MATCH - Sverigemodellen

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 2013 och 2014, framtagna med MATCH-Sverigesystemet. Resultat för 2015 inkluderas endast för marknära ozon, inte för övriga resultat eftersom det är ett knappt års fördröjning från att mätdata blir tillgängliga till att resultaten är klara för MATCH-Sverigesystemet.

1.9.1 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 nationella miljökvalitetsmål 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 (<http://www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi>).

1.10 Delprogram STRÅNG UV-indikator

Syftet med delprogrammet är att beräkna ett antal strålningsvariabler: globalstrålning, UV-strålning, mm. Resultatet presenteras i form av kartor och tidsserier (timvärden). Systemet är framtaget som ett samarbete mellan Naturvårdsverket (NV), SMHI och Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM).

Globalstrålningen används av SLU för att utföra kolbalansberäkningar i samband med klimatrapporteringsförordningen, vilket är NV:s intresse. UV-strålningen ger en bild av hur mängden skadlig ultraviolett solstrålning fördelar sig i norra Europa, vilket är värdefullt för SSM att få en bild av. SMHI har behov att kunna fylla ut perioder i mätningar av solstrålning då dessa faller ut. De nationella miljökvalitetsmål, utöver *Begränsad klimatpåverkan*, som berörs är *Skyddande ozonskikt* och *Säker strålmiljö*.



Data från STRÅNG är tillgängliga via ett webbgränssnitt för vem som helst. De beräknade värdena jämförs även regelbundet med mätningar från SMHI:s solstrålningsnät.

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). Inom den nationella luftkvalitetsövervakningen används de i mätföreskrifterna (NFS 2013:11) angivna referensmetoderna för ozon (timbasis), PM_{2.5}-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 omfattade från början, 1991, merparten av analysverksamheten inom luftövervakningen, men har successivt utvidgats och inkluderar idag fler analyser 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) inom den ackrediterade verksamheten används även för övriga metoder.

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.

Miljökemiska laboratoriet vid Kemiska institutionen vid Umeå universitet anlitas för analys av dioxiner och klorparaffiner. Dioxinanalyserna utförs inom ramen för laboratoriets ackreditering (registeringsnummer 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 marknära ozon som görs inom den nationella miljöövervakningen är kvalitetssäkrade genom årliga spårbara kalibreringar mot det referensinstrument som finns hos SU.

För bestämning av halter av partiklar i luft mätt som PM₁₀ och PM_{2.5} (partiklar mindre än 10 resp. 2.5 µm) skall enligt EU-direktivet (2008/50/EG) endast referensmetoderna eller metoder som har visats vara likvärdiga med referensmetoden användas.

Mätningarna av PM_{2.5} i den urbana bakgrunden görs med referensmetoden. På de övriga stationerna används likvärdiga metoder. Likvärdigheten har visats 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.

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.

Instrumenten för mätning av stratosfäriskt ozon kalibreras mot internationella referenser enligt de metoder som utvecklats, underhålls och regleras av WMO (Världsmeteorologiska organisationen) inom GAW (Global Atmosphere Watch). Kalibreringar och service utförs med tre till fem års mellanrum. Däremellan kontrolleras stabiliteten genom regelbundna mätningar mot lampor, samt jämförelser mot satellitdata vilket kan indikera problem om stora systematiska avvikelser visar sig.

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 marktyper.

I MATCH-modellen (Robertson et al., 1999; Andersson et al., 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 (22 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). 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, IM samt LNKKN.

2.2.1.2 STRÅNG UV-indikator

STRÅNG är ett system som beräknar ett antal solstrålningsvariabler timme för timme över norra Europa (Landelius et al., 2001). Beräkningarna görs med en dags eftersläpning då relevanta indata finns tillgängliga. Den använda solstrålningsmodellen är Smarts2 (Gueymard, 1995). Den är spektral, vilket innebär att olika våglängdsområden kan beräknas separat. Dessa beräkningar är dock datorkrävande, vilket har gjort att så kallade look-up-tables (LUT) har tagits fram för att minimera beräkningstiden. I ett första steg beräknas solstrålning för molnfria förhållanden via LUT och därefter appliceras en molneffektsfunktion. Utöver molnslag och molnmängd används mängden vattenånga, ozon och aerosoler samt markytans egenskaper som indata. Det senare inkluderar i vilken grad marken är snötäckt eller havet istäckt.

Den UV-strålning som beräknas är densamma som används internationellt för att beräkna UV-index. En för många intressant variabel utöver UV är den fotosyntetiskt aktiva strålningen och att den finns beräknad över till exempel Östersjön.

2.2.2 Kvalitetssäkringsrutiner

2.2.2.1 MATCH-Sverigesystemet

MATCH-modellen har utvärderats såväl i specifika modelljämförelsestudier (t.ex. van Loon et al., 2007) som kontinuerligt i uppdrag (ex. Andersson et al., 2011; Engardt et al., 2010) och forskningsprojekt (t.ex. Markakis et al., 2016; Simpson et al., 2014; Langner et al., 2012). 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 et al., 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 et al., (2011), och -1 %, -16 % respektive -17 % i Andersson et al., (2007). Marknära ozon utvärderades bl.a. i ett återanalysprojekt (Andersson et al., 2015), vilket visade en mycket god överensstämmelse med mätningar i Sverige (medelavvikelse på 1 % resp. 0 % för årsmedel).

I den variationella analysen (2dvar-modellen) i MATCH-Sverigesystemet används alla tillgängliga mätdata för halt i luft på rätt tidsupplösning 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 et al., 2014) samt luft- och nederbördshalter av svavel och kvävekomponenter.

Inom ett utvecklingsprojekt för MATCH-Sverigesystemet kvalitetsgranskades systemet med korsvalidering för luft- och nederbördshalter. Resultatet av denna utvärdering står att finna i Andersson et al., (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 föreslogs en förbättrad metodik för MATCH-Sverige-systemet, där även 2dvar-analyserat marknära ozon har inkluderats bland fälten som tillgängliggörs för 2013 och framåt. Tio olika mått presenteras för marknära ozon årligen. Baserat på denna metodik har vi tagit fram en återanalys av Svenskt marknära ozon för tidsperioden 1990-2013 (Andersson et al.,

2015), vilken kan användas för att relatera den årliga kartläggningen till trender och extremer över en lång tidsperiod. Även metodiken för beräkning av totalhalter/totaldeposition och långtransportbidrag har delvis ändrats från 2013 och framåt, då 2dvar-analysen numera görs på totalfälten och inte på det långtransporterade bidraget.

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.

2.2.2.2 STRÅNG UV-indikator

De av STRÅNG beräknade värdena jämförs regelbundet med mätningar från SMHI:s solstrålningsnät. Sedan STRÅNG startade för mer än 15 år sedan har flera ändringar införts. Detta har medfört att data inte är helt konsistenta över tiden. Vi har även noterat att det finns lokala avvikelser, framförallt utanför Sverige, som är onödigt stora. Därför inleddes 2015 ett uppgraderingsprojekt för att modernisera och förbättra systemet. En ny version kommer därför att starta 2017.

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 SU 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.

Mätningarna av totalozon finns tillgängliga dels via datavärden SMHIs hemsida (www.smhi.se/datavardluft), men även från det internationella datacentrumet WOUDC (woudc.org). Uppdatering av dessa databaser sker ungefär en gång per månad.

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

Data från STRÅNG kan laddas ner via <http://strang.smhi.se/>. Dessa data uppdateras dagligen med föregående dygns data.

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 Datavårdskap Luft (www.smhi.se/datavardluft) respektive Datavårdskap Jordbruksmark (www.slu.se).

3.1.1 Luft – försurande och övergödande ämnen

Halter i luft av bland annat svavel- och svavelkomponenter, kväve- och kvävekomponenter, klorid och baskatjoner mäts inom de fyra mätnäten "The European Monitoring and Evaluation Programme" (EMEP), "Luft- och nederbörds-kemiska nätet" (LNKN), "Integrerad monitoring" (IM) och "Krondroppsnätet" (KD, där vissa stationer finansieras av Naturvårdsverket (KD-NV) och andra av luftvårdsförbund, länsstyrelser och företag) (se kapitel 1.1). Dessutom mäts halter av kvävedioxid vid ytterligare två nationella mätstationer (Östad och Asa) finansierade av Naturvårdsverket. Nedan presenteras trender för 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 SO₂, SO₄, NO₂, NO₃ och NH₄ stationsvis för samtliga år då mätningar pågått.

Halter i luft av SO₂ och NO₂ har mätts vid sammanlagt 29 respektive 31 stationer sedan 2005 inom de ingående mätnäten. För flera av stationerna inom EMEP, LNKN och Krondroppsnätet finns mätdata ända från 1980- och 1990-talen. För att kunna se om skillnader finns mellan olika delar av landet har Sverige delats in i tre olika regioner, se Bilaga 3. Indelningen är densamma som den som används inom miljömålsuppföljningen¹. Baserat på årsmedelvärden för enskilda mätstationer inom respektive region har årsmedelvärden beräknats för regionerna. Stationer med mätserier som saknar mätdata för ett eller flera år under perioden 2005 – 2015 har uteslutits ur beräkningarna. För stationer med databortfall över 20 % har inte årsmedelvärden beräknats.

I avsnitt 3.1.1.1 och 3.1.1.2 presenteras årsmedelhalter för svavel respektive kväve och i avsnitt 3.1.1.3 redovisas årsmedelhalter av klorid, natrium, magnesium, kalcium och kalium i luft.

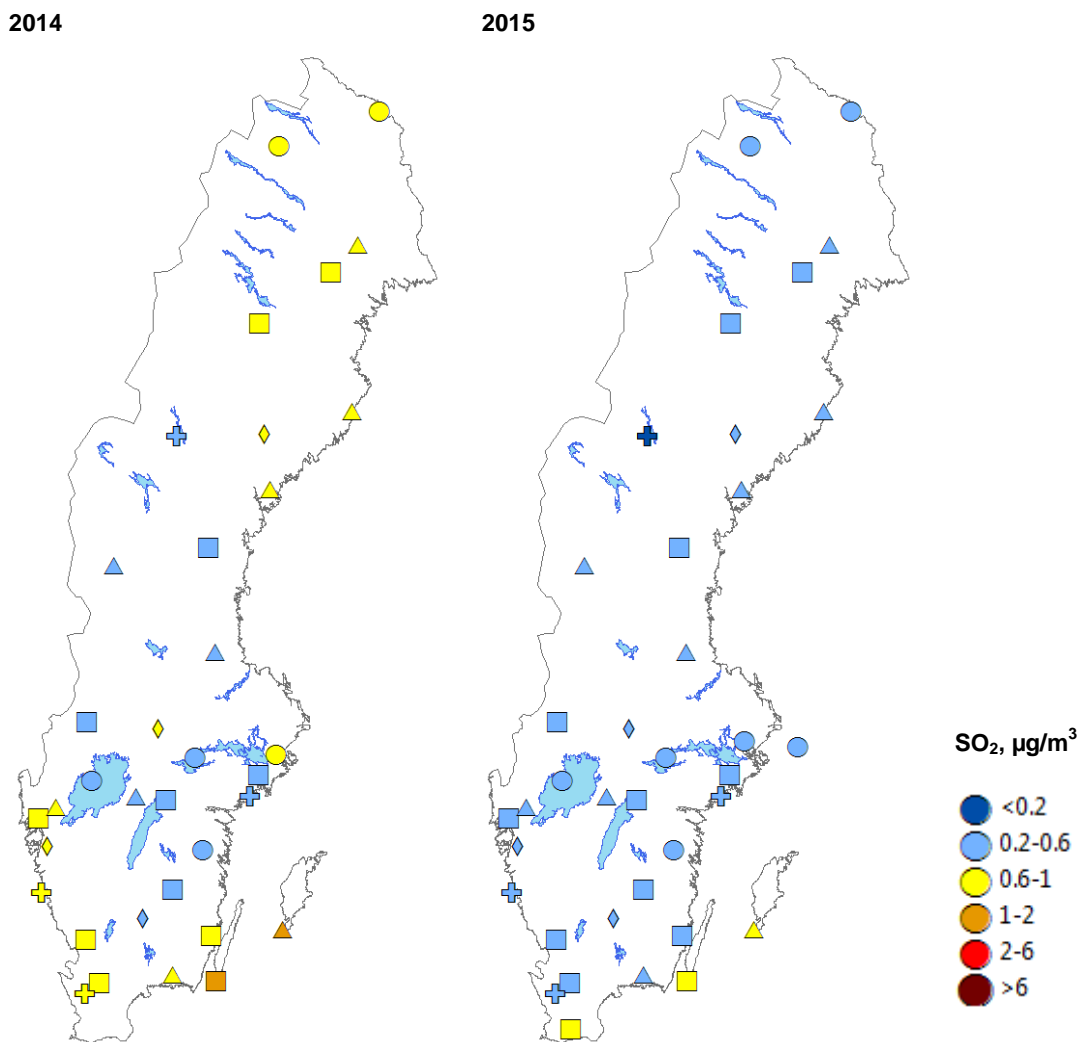
3.1.1.1 Svavel i luft

I kartorna nedan (Figur 3) visas lufthalterna av SO₂ för åren 2014 och 2015. Vid jämförelse mellan åren kan man tydligt se att halterna av SO₂ var högre under 2014 jämfört med 2015. Två troliga anledningar till den ganska stora skillnaden mellan åren kan nämnas. Den ena är att stora mängder svavel släpptes ut från den isländska vulkanen Holuhraun under hösten 2014,

¹<http://www.miljomal.se/Miljomalen/Alla-indikatorer/Indikatorsida/Fordjupning/?iid=100&pl=1&t=Land&l=SE>

vilket framför allt påverkade lufthalterna av SO₂ i norra Sverige. Den andra förklaringen är att gränsvärdena för hur mycket svavel som fartygsbränsle får innehålla skärptes den 1 januari 2015, från tidigare 1 procent till 0,1 procent svavel. Detta har troligen framför allt påverkat halterna av SO₂ i luft vid de kustnära mätplatserna Ottenby på Öland och Hoburgen på Gotland.

De högsta årsmedelhalterna under 2014 noterades vid mätstationerna Hoburgen och Ottenby (~1,2 µg/m³). Under 2015 uppmättes de högsta årsmedelhalterna vid Hoburgen, Ottenby och Stenshult (0,7 µg/m³ i Hoburgen och Ottenby, 0,8 µg/m³ i Stenshult), vilka samtliga är kustnära stationer.

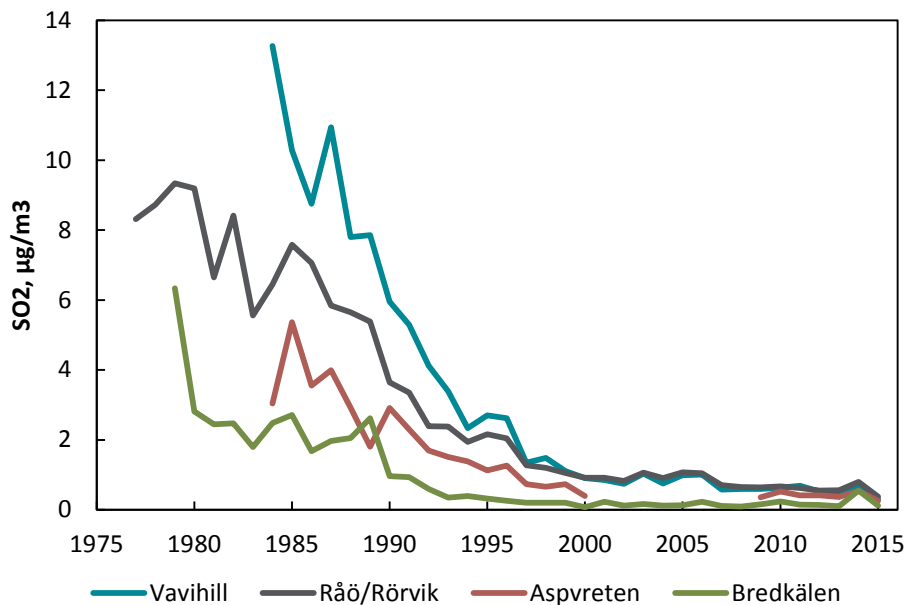


Figur 3 Årsmedelhalter av SO₂ i luft (µg/m³) för åren 2014 och 2015. Symbolerna indikerar vilket mätnät som resultaten tillhör: fyrkanter = Krondroppsnätet-NV, trianglar = LNKN, cirklar = Krondroppsnätet, romber = IM och plustecken = EMEP och övriga nationella stationer.

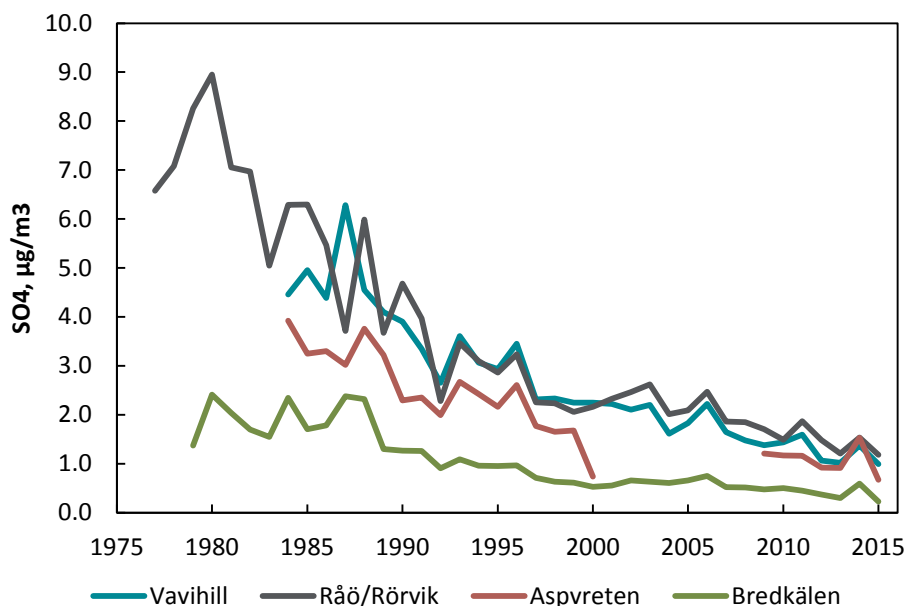
Årsmedelhalter av SO₂ i luft för EMEP-stationerna för perioden 1978 - 2015 visas i Figur 4. Vid en jämförelse mellan uppmätta halter av SO₂ på 1980-talet och 2010-talet har medelhalterna minskat med mellan 88 % och 95 % vid EMEP-stationerna.

Motsvarande presentation av årsmedelhalter av SO_4 ses i Figur 5. Medelhalterna av SO_4 har minskat med knappt 80 % vid Bredkålen, med runt 75 % vid Rörvik/Råö samt Vavihill och med knappa 70 % vid Aspvreten från 1980-talet till 2010-talet

De lägsta halterna av SO_2 och SO_4 har under hela tidsperioden uppmätts vid stationen i Bredkålen och de högsta nästan alltid vid Vavihill och Råö/Rörvik.



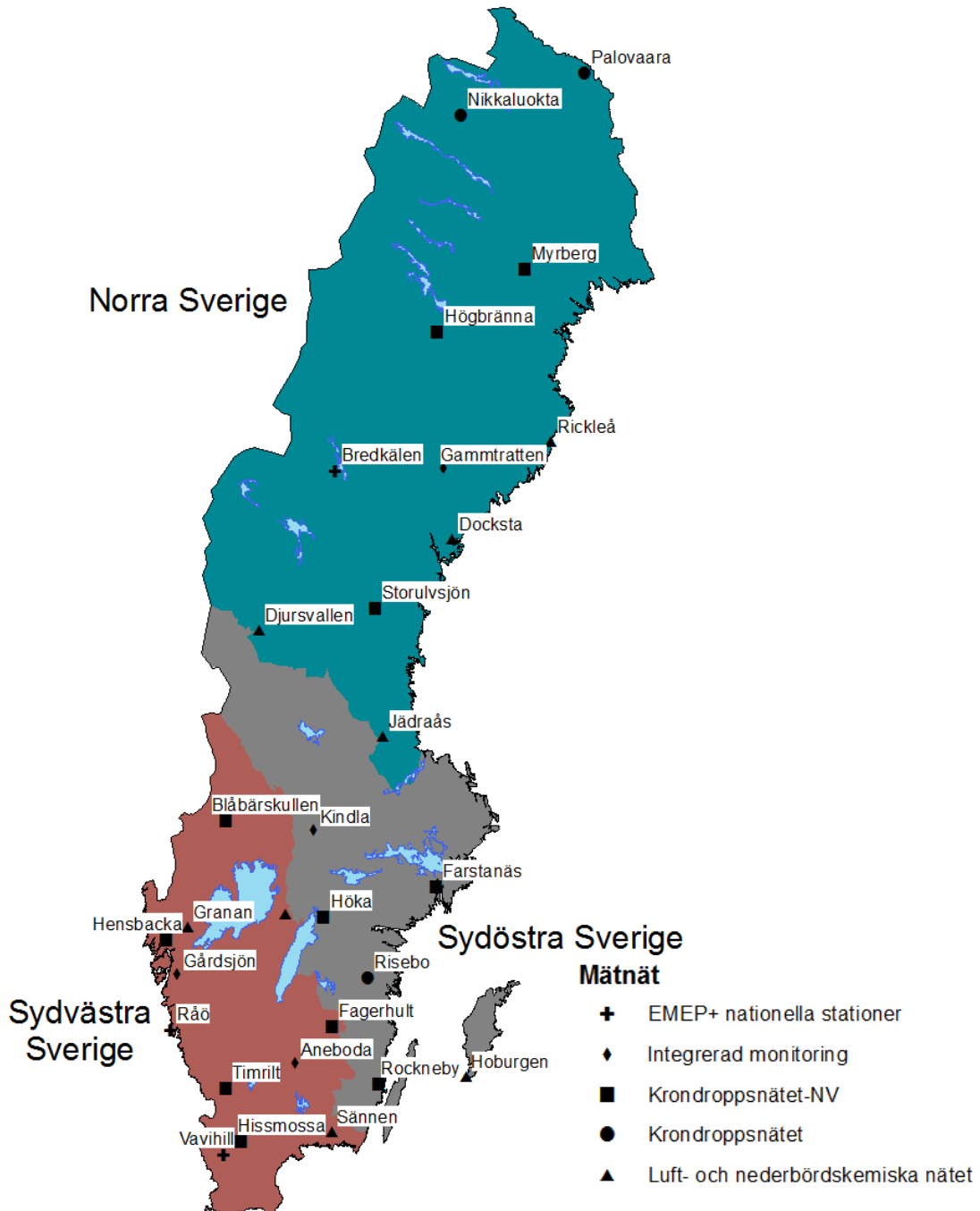
Figur 4 Årsmedelhalter av svaveldioxid (SO_2) i luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid EMEP-stationerna Vavihill, Rörvik/Råö, Aspvreten och Bredkålen.



Figur 5 Årsmedelhalter av sulfat (SO_4) i luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid EMEP-stationerna Vavihill, Rörvik/Råö, Aspvreten och Bredkålen.

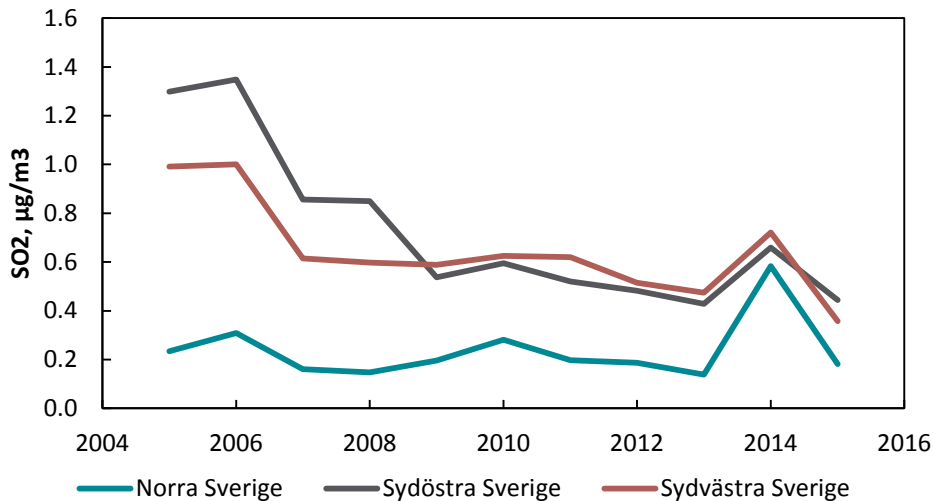
En statistisk analys av trenderna (Mann Kendall) visar att minskningen av lufthalter av både SO₂ och SO₄ är statistiskt signifikanta ($p < 0,001$) för samtliga mätstationer.

I kartan nedan Figur 6 visas de 29 stationer som är inkluderade i medelvärdesbildningen och i Figur 7 visas årsmedelhalter av SO₂ i luft för regionerna norra Sverige, sydöstra Sverige och sydvästra Sverige, 2005 – 2015.



Figur 6 Mätstationer inkluderade i beräkning av årsmedelvärden av SO₂, 2005 – 2015. Regionindelningen följer den indelning som används i miljömålsuppföljningen av miljömålet *Bara naturlig försurning*. Symbolerna indikerar vilket mätnät som mätstationen tillhör. I figuren ingår även några stationer från Krondroppsnätet som inte ingår i den nationella miljöövervakningen.

Årsmedelhalterna har minskat signifikant för perioden för sydöstra Sverige ($p < 0,01$, Mann Kendall) och för sydvästra Sverige ($p < 0,05$, Mann Kendall), med den största minskningen under periodens början. För norra Sverige ses ingen signifikant trend. Medelhalterna för 2014 är högre jämfört med intilliggande år. Anledningen till detta kan antas vara luftintransport av svavel härrörande från vulkan-utbrottet på Island under hösten och vintern 2014.



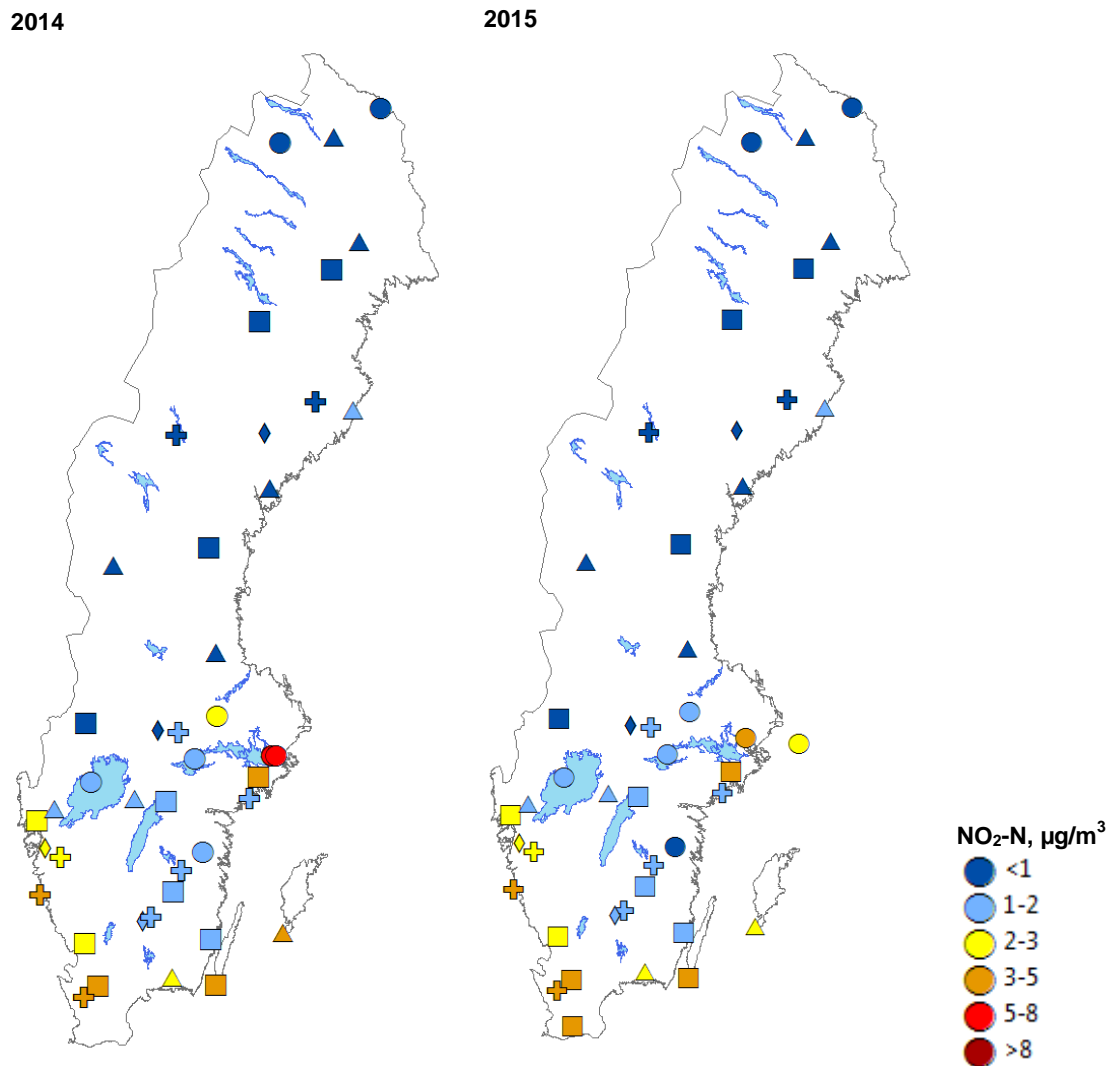
Figur 7 Årsmedelhalter av svaveldioxid (SO₂) i luft (µg/m³) i de tre regionerna norra Sverige, sydöstra Sverige och sydvästra Sverige för perioden 2005 – 2015. Stationer med mätserier som saknar mätdata för ett eller flera år under perioden 2005 – 2015 är exkluderade.

Under perioden 2005 – 2009 var uppmätta lufthalter av SO₂ högst i sydöstra Sverige. Under resten av den presenterade perioden ligger halterna i sydöstra Sverige och sydvästra Sverige på ungefär samma nivå. Norra Sverige har för hela perioden tydligt lägre årsmedelhalter, för 2014 dock endast marginellt lägre. Årsmedelhalterna för 2015 är 22 % lägre för norra Sverige, 66 % lägre för sydöstra Sverige respektive 64 % lägre för sydvästra Sverige jämfört med 2005.

3.1.1.2 Kväve i luft

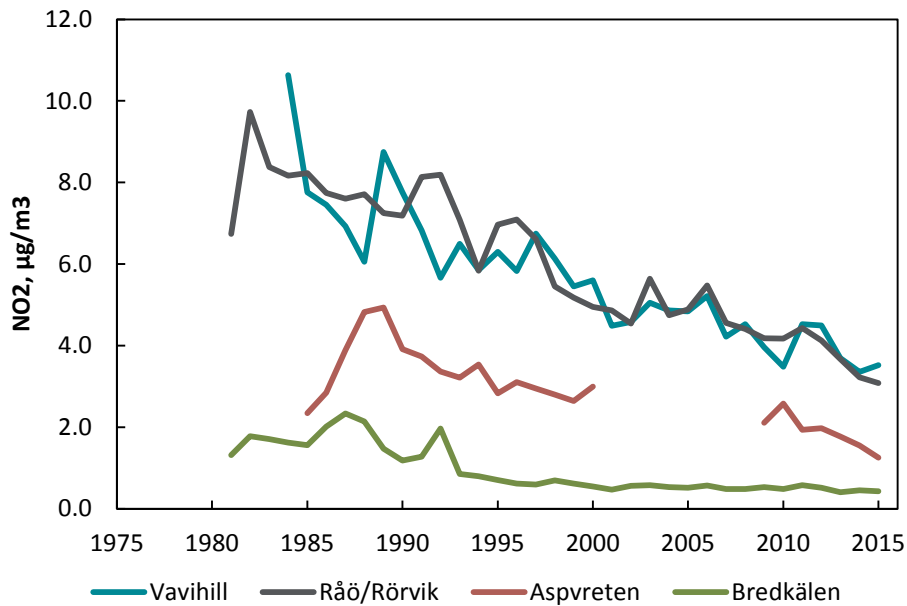
Årsmedelhalter av NO₂ för 2014 och 2015 illustreras i kartorna nedan (Figur 8). Kartorna visar tydligt att det finns en syd-nordgradient för halter av NO₂ i luft, med de högsta halterna i landets södra delar, och då framför allt i kustnära trakter. Den högsta årsmedelhalten under 2014 observerades i Sticklinge i Stockholms län (7,3 µg/m³). Även Ulriksdal och Farstanäs i Stockholms län samt Ottenby i Kalmar län har förhållandevis höga årsmedelhalter (5,8 µg/m³, 4,3 µg/m³ respektive 4,0 µg/m³). Ytterligare fyra mätstationer har under 2014 årsmedelhalter över 3 µg/m³ (Hoburgen på Gotland, Råö i Västra Götaland samt Hissmossa och Vavihill i Skåne län).

Generellt tycks halterna vara något lägre 2015 jämfört med 2014. Sju av mätstationerna har årsmedelhalter av NO₂ över 3 µg/m³. Precis som 2014 hör Farstanäs, Ottenby och Vavihill till de stationer som har de högsta halterna (3,9, 3,6 respektive 3,5 µg/m³). Högsta halten 2015 har dock den för året nyetablerade stationen Stenshult i Skåne län (4,8 µg/m³). Varken Sticklinge eller Ulriksdal bedrev mätningar av NO₂ under 2015.



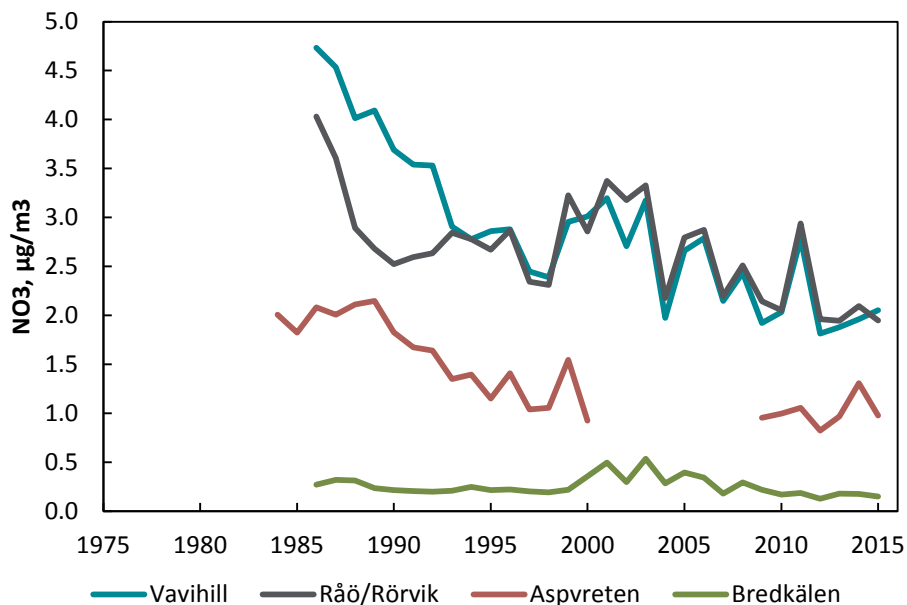
Figur 8 Årsmedelhalter av NO₂ i luft (µg/m³) för åren 2014 och 2015. Symbolerna indikerar vilket mätnät som resultaten tillhör: fyrkanter = Krondropps nätet-NV, trianglar = LNKN, cirklar = Krondropps nätet, romber = IM och plustecken = EMEP och övriga nationella stationer.

Årsmedelhalter av NO₂ i luft för EMEP-stationerna för perioden 1981 - 2015 visas i Figur 9. Lufthalterna är högst vid Vavihill och Råö/Rörvik och allra lägst vid Breckälven. Halterna i Aspvreten ligger däremellan. Lufthalterna av NO₂ har för Vavihill, Råö/Rörvik och Aspvreten minskat med ungefär 50 % från 1980- till 2010-talet. Den procentuella minskningen är än större för Breckälven (73 %).



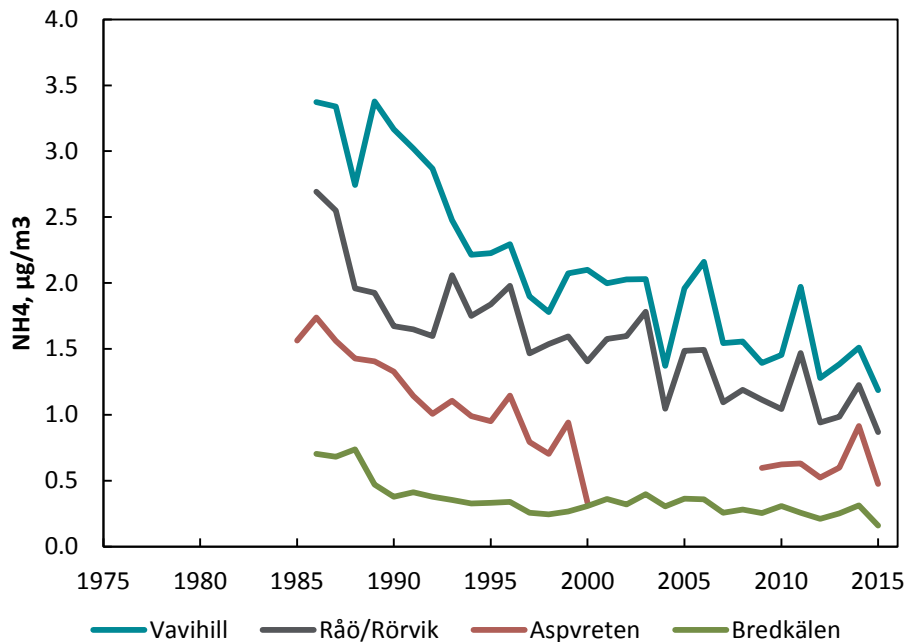
Figur 9 Årsmedelhalter av kvävedioxid (NO₂) i luft (µg/m³) vid EMEP-stationerna Vavihill, Råö/Rörvik, Aspvreten och Bredkålen.

Årsmedelhalter av NO₃ i luft (gas + partiklar) för perioden 1984 - 2015 visas i Figur 10. Vid en jämförelse mellan uppmätta halter av NO₃ på 1980-talet och 2010-talet har medelhalterna minskat med ungefär 50 % vid Vavihill och Aspvreten. Minskningen vid Råö/Rörvik är lägre, 35 %. För Bredkålen är minskningen drygt 40 %.



Figur 10 Årsmedelhalter av nitrat (NO₃) (gas + partiklar) i luft (µg/m³) vid EMEP-stationerna Vavihill, Råö/Rörvik, Aspvreten och Bredkålen.

Motsvarande presentation av årsmedelvärden av NH_4 i luft (gas + partiklar), 1985 - 2015, för EMEP-stationerna visas i Figur 11. Även halterna av NH_4 i luft har minskat från 1980- till 2010-talet. Den procentuella minskningen är cirka 50 - 60 % för stationerna. Den största minskningen kan ses för Breckälven (61 %).

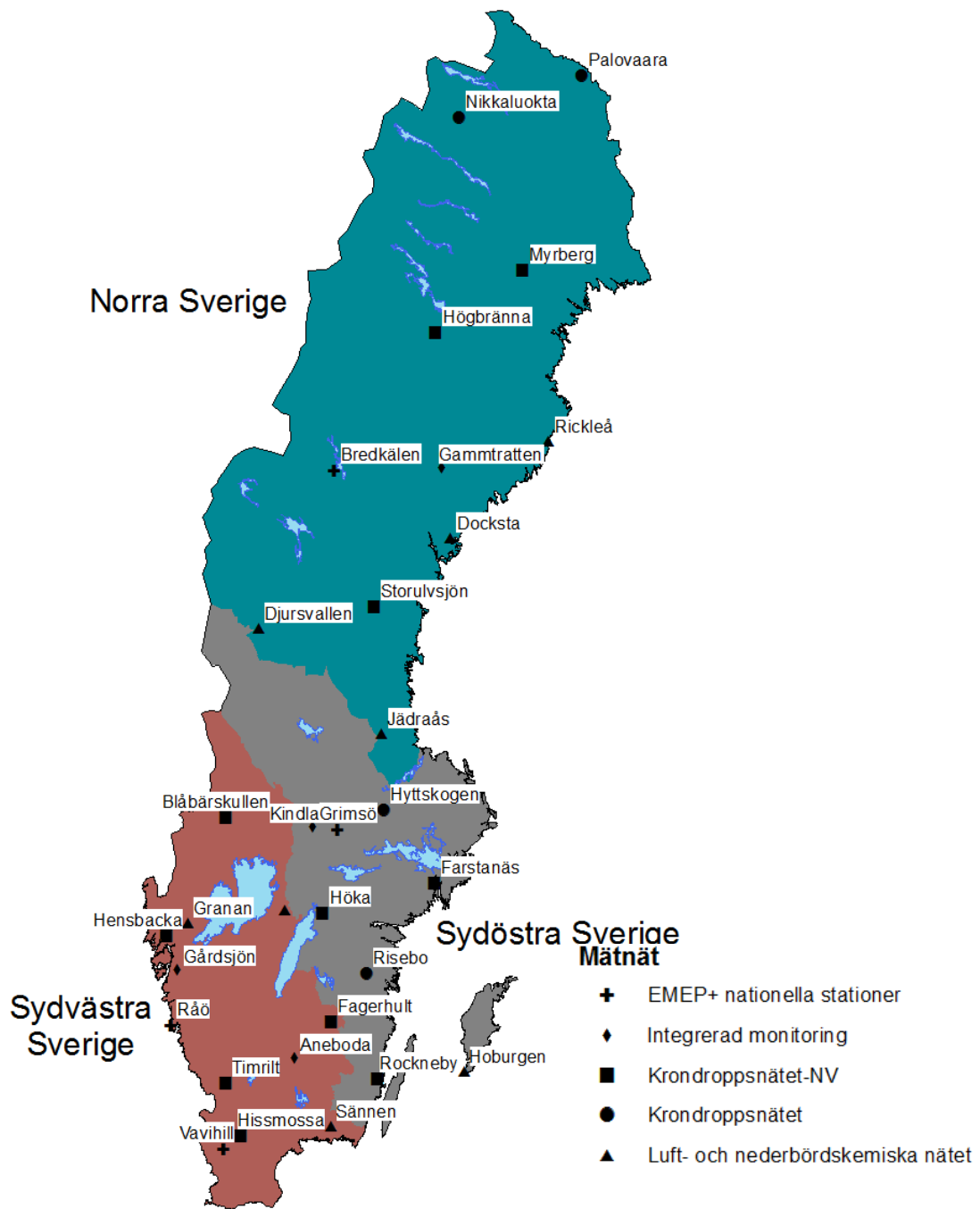


Figur 11 Årsmedelhalter av ammonium (NH_4) (gas + partiklar) i luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid EMEP-stationerna Vavihill, Råö/Rörvik, Aspvreten och Breckälven.

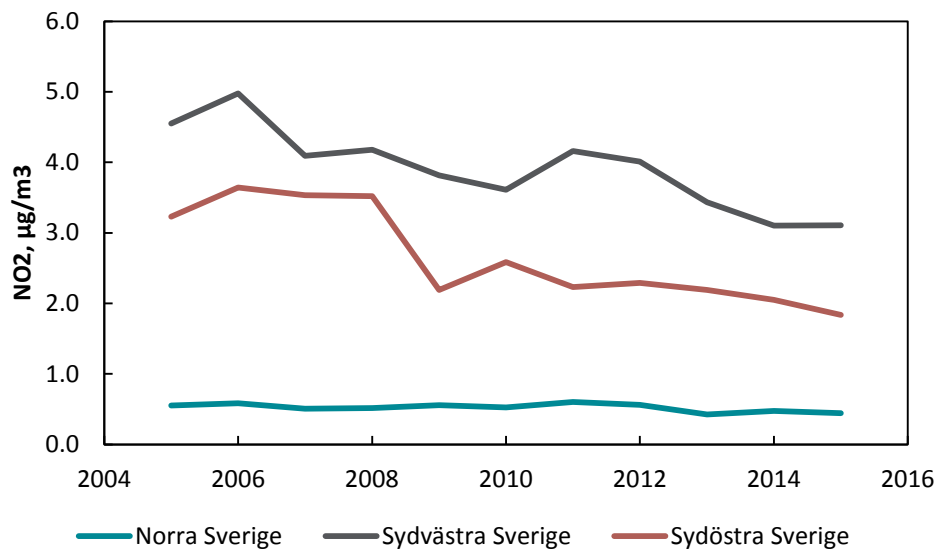
Den statistiska trendanalysen (Mann Kendall) visar att minskningen av lufthalter av alla kväveföreningar är statistiskt signifikant (NO_2 och NH_4 : $p < 0,001$ för samtliga mätstationer, NO_3 : $p < 0,001$ för Vavihill och Aspvreten, $p < 0,01$ för Råö/Rörvik, $p < 0,05$ för Breckälven).

Figur 12 visar de 31 stationer som är inkluderade i medelvärdesbildningen och i Figur 13 visas årsmedelhalter av NO_2 i luft för regionerna norra Sverige, sydöstra Sverige och Sydvästra Sverige, 2005 – 2015. Årsmedelhalterna har minskat signifikant för perioden för sydöstra Sverige och sydvästra Sverige ($p < 0,01$ för sydöstra Sverige och $p < 0,05$ för sydvästra Sverige, Mann Kendall). För norra Sverige ses ingen signifikant trend.

Halterna av NO_2 är för hela perioden 2005 – 2015 högst i sydvästra Sverige och lägst i norra Sverige. Årsmedelhalterna för 2015 är 20 % lägre för norra Sverige, 43 % lägre för sydöstra Sverige respektive 32 % lägre för sydvästra Sverige jämfört med 2005.



Figur 12 Mätstationer inkluderade i beräkning av årsmedelvärden av NO₂, 2005 – 2015. Regionindelningen följer den indelning som används i miljömålsuppföljningen av miljömålet *Bara naturlig försurning*. Symbolerna indikerar vilket mät nät som mätstationen tillhör. I figuren ingår även några stationer från Krondroppsnätet som inte ingår i den nationella miljöövervakningen.

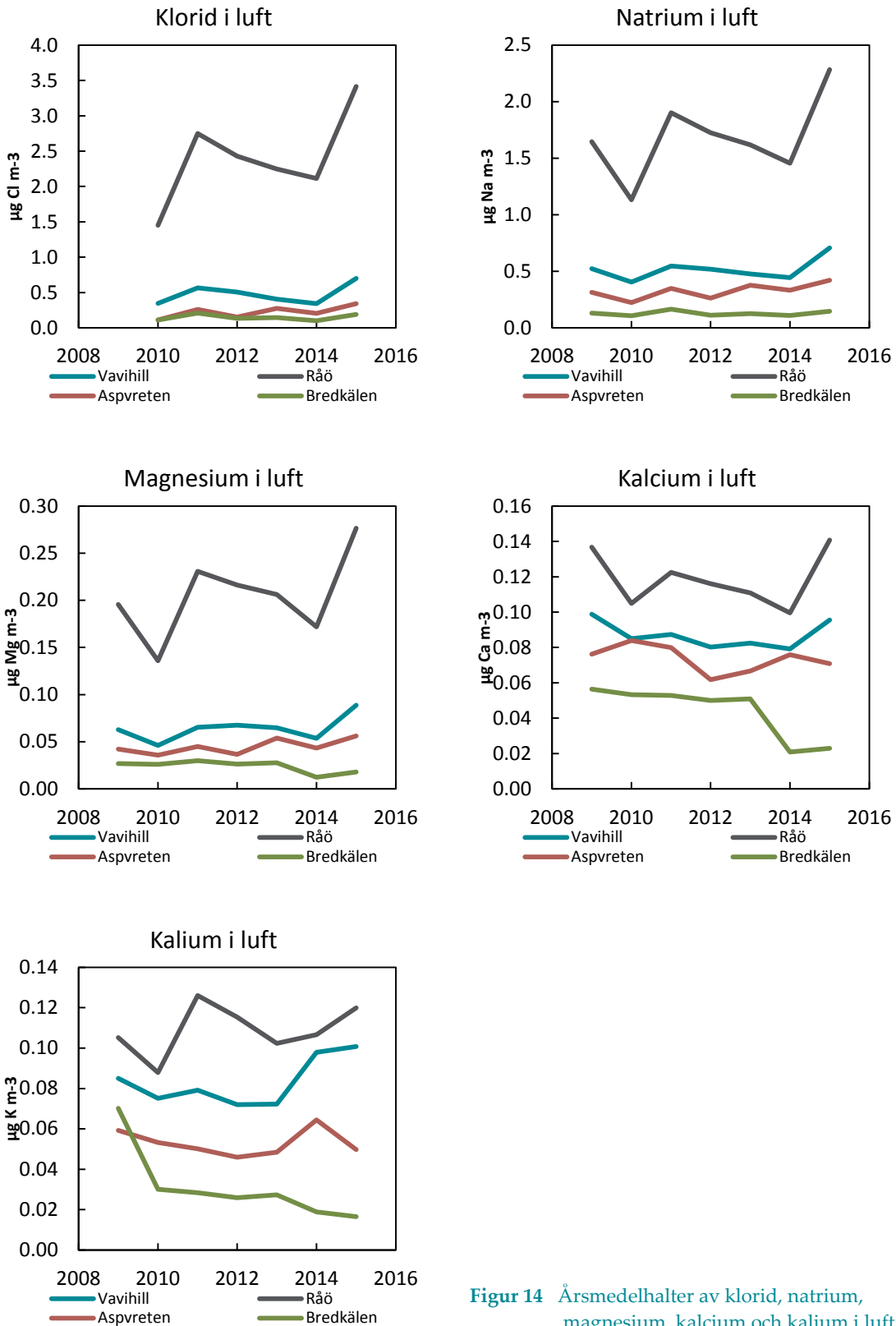


Figur 13 Årsmedelhalter av NO₂ i luft (µg/m³) i de tre regionerna norra Sverige, sydöstra Sverige och sydvästra Sverige för perioden 2005 – 2015. Stationer med mätserier som saknar mätdata för ett eller flera år under perioden 2005 – 2015 är exkluderade.

3.1.1.3 Klorid, natrium, magnesium, kalcium och kalium i luft

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 14 som årsmedelvärden för respektive station och parameter.

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 vid Råö beror på att stationen är belägen nära havet på västkusten.



Figur 14 Årsmedelhalter av klorid, natrium, magnesium, kalcium och kalium i luft (i partikelfas, $\mu\text{g/m}^3$) under 2009 - 2015.

3.1.2 Deposition och nederbördsmängder – försurande och övergödande ämnen

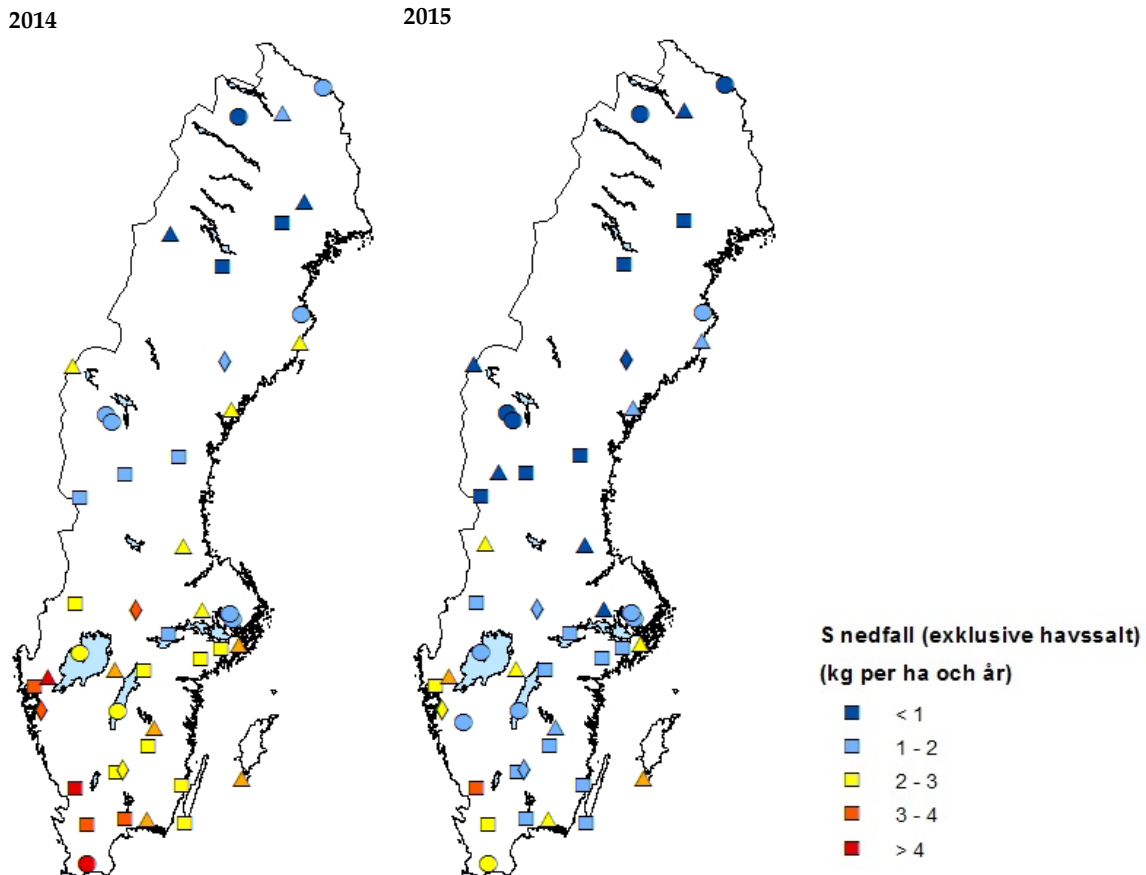
I följande kapitel används för kvävedepositionen beteckningarna nitrat- och ammoniumkväve, det vill säga kvävedelen av nitrat respektive ammonium. Vid modellering av motsvarande används ofta beteckningarna oxiderat (allt oxiderat kväve) respektive reducerat (NH_3 och NH_4^+) kväve.

3.1.2.1 Våtdeposition av svavel och kväve

Halter i nederbörd av bland annat olika försurande och övergödande ämnen mäts inom fem olika mätnät; EMEP, LNKN, Krondroppsnetet (som här har delats upp i Krondroppsnetet och Krondroppsnetet-NV) och IM (se avsnitt 1.1-1.2).

Nedan visas kartor från åren 2014 och 2015 för nedfall av svavel (utan havssaltsbidrag) samt nedfall av oorganiskt kväve (nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$) + ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$)) över öppet fält, Figur 15 och Figur 16. Data som visas i kartorna kommer från de fyra olika mätnäten, Krondroppsnetet-NV, LNKN, Krondroppsnetet samt IM, vilket indikeras med olika symboler. Både när det gäller svavel- och kvävenedfallet syns tydligt en depositionsgradient med högre nedfall i sydväst och lägre mot norr.

För svavel visas tydligt att svavelnedfallet 2014 var betydligt högre jämfört med 2015 (Figur 15). Detta beror sannolikt till stor del på svavelutsläpp från vulkanen Holuhraun på Island. Vulkanutbrottet startade den 31 augusti 2014 och pågick till 27 februari 2015, och det svavel som släpptes ut från vulkanen transporterades vid ett flertal tillfällen med vindarna till Sverige.



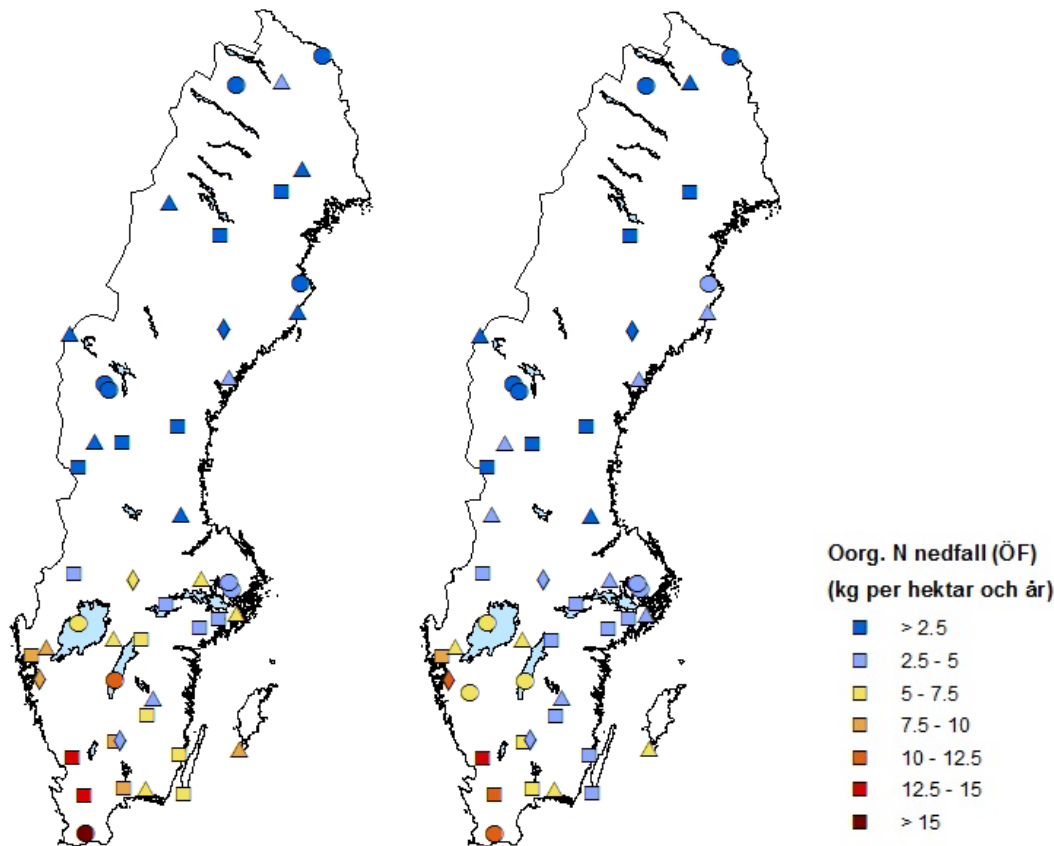
Figur 15 Svavelnedfall (sulfatsvavel, $\text{SO}_4\text{-S}$) utan havssaltsbidrag över öppet fält (bulkdeposition) för kalenderåren 2014 och 2015. Symbolerna indikerar vilket mätnät som resultaten tillhör: fyrkanter = Kron droppsnätet-NV, trianglar = LNKN, cirklar = Kron droppsnätet och romber = IM.

Framförallt i sydvästra Sverige var även kvävenedfallet betydligt högre 2014 jämfört med 2015, Figur 16. I sydligaste Skåne, på Romeleåsen, uppmättes inom Kron droppsnätet 2014 ett årligt kvävenedfall på strax över 20 kg/ha. Under 2015 uppmättes det högsta kvävenedfallet i södra Halland, 14 kg/ha.

Mätningarna av nedfall över öppet fält (s.k. bulkdeposition) inkluderar främst våtdeposition och speglar därför inte den totala depositionen då torrdepositionen inte ingår. Dock ingår en mindre mängd torrdeposition som deponeras till själva mätutrustningen. För de bulkprovtagare som användes tidigare uppskattades torrdepositionen i södra Sverige till cirka 10 % av den totala depositionen i bulkprovtagarna för de flesta parametrarna (Hellsten & Westling, 2006). Ju längre norrut i Sverige, desto lägre andel torrdeposition till bulkprovtagarna (Karlsson m. fl., 2011). För den nya WoF-provtagaren finns ännu ingen beräkning av torrdepositionen till utrustningen.

2014

2015



Figur 16 Nedfall av oorganiskt kväve (nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$) + ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$)) över öppet fält (bulkdeposition) för 2014 samt 2015. Symbolerna indikerar vilket mätnät som resultaten tillhör: fyrkanter = Krondropps nätet-NV, trianglar = LNKN, cirklar = Krondropps nätet och romber = IM.

3.1.2.2 Totaldeposition av svavel och oorganiskt kväve

Inom Krondropps nätet görs årligen beräkningar av det totala nedfallet av svavel och kväve, inklusive både våt- och torrdeposition. Figur 17 visar det årliga totala nedfallet av svavel (A) oorganiskt kväve (B) till barrskog över Sverige som genomsnitt för de två senaste hydrologiska åren (2013/14 och 2014/15).

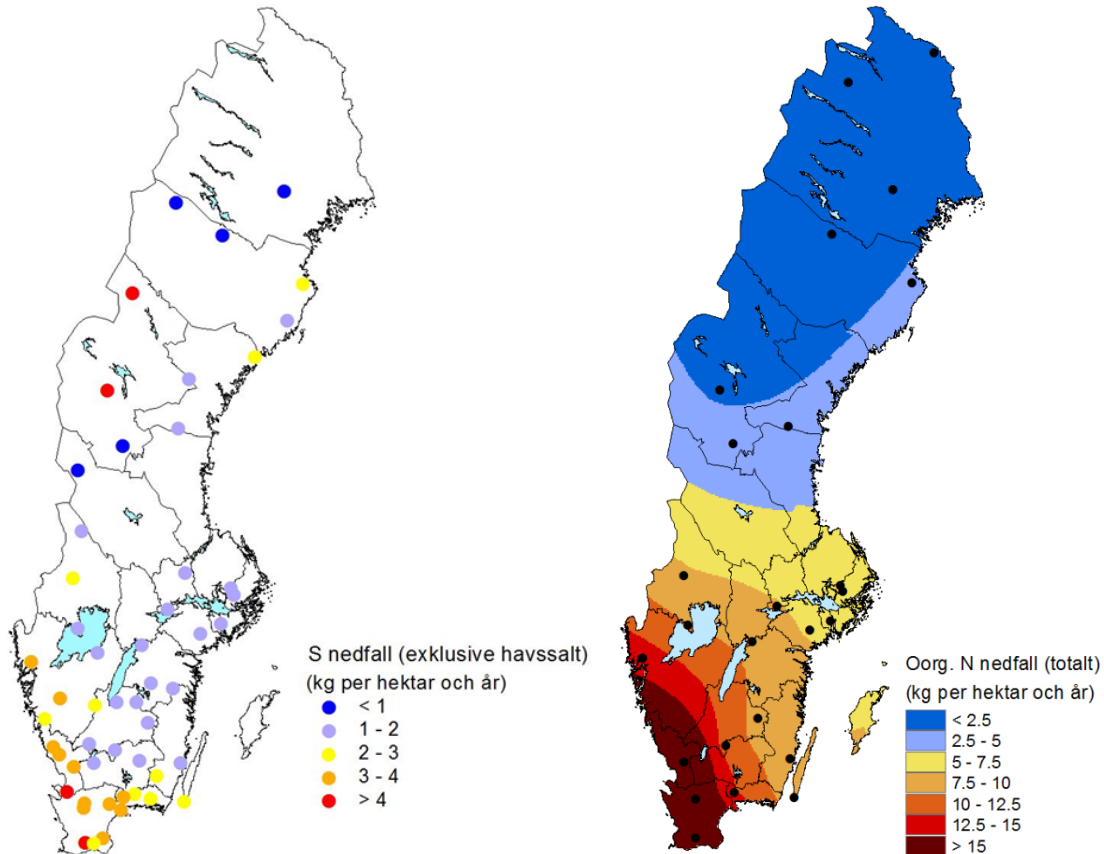
I Figur 17 A syns den tydliga depositionsgradienten av svavel över Sverige. Två mätplatser, på hög höjd, inom Krondropps nätet i Jämtlands län visar på mycket hög svavelbelastning under det hydrologiska året 2014/15, till följd av vulkanutbrottet på Island.

Även för totaldepositionen av kväve framträder gradienten från sydväst mot nordost tydligt. Figur 17 B visar även att det finns en gradient från Norrlands kustland mot Norrlands inland. Den högsta beräknade totaldepositionen av oorganiskt kväve i landet fanns vid Stenshult på Romeleåsen, nästan 23 kg per hektar och år (som ett genomsnitt för de två senaste hydrologiska åren). Figur 17 B indikerar att den totala kvävedepositionen av oorganiskt kväve i hela södra Sverige är långt över den kritiska belastningsgränsen för skogsmark i Sverige, 5 kg N/ha/år. Längst i sydväst är överskridandet mycket kraftigt. Totaldepositionen av oorganiskt kväve har beräknat med hjälp av resultat från mätningar med strängprovtagare samt öppet fält från Krondropps nätet-NV tillsammans med resultat från mätningar av krondropp och öppet fält

från Krondroppsnetet. Vid en jämförelse mellan totaldepositionen, Figur 17, och öppet fältmätningarna, Figur 15 och Figur 16, bör man betänka att de två sistnämnda figurerna visar kalenderår medan Figur 17 A visar det senast hydrologiska året 2014/15 och Figur 17 B visar medelvärde för de två senaste hydrologiska åren (2013/14 och 2014/15).

A. Totalnedfall av svavel. Krondropp.

B. Totalt nedfall av oorganiskt kväve.



Figur 17 (A) Totaldeposition av svavel uppmätt via krondropp inom Krondroppsnetet (ingår inte i den nationella miljöövervakningen) för det hydrologiska året 2014/15 (t.v.). (B) Beräknat totalt nedfall av oorganiskt kväve till granskog som ett medelvärde för de hydrologiska åren 2013/14 och 2014/15 (t.h.). Totaldepositionen av oorganiskt kväve har beräknats med hjälp av resultaten från strängprovtagare samt öppet fältmätningar från Krondroppsnetet-NV tillsammans med mätresultat från krondropp och öppet fält från Krondroppsnetet. Beräkningarna utgår från våtdepositionen över öppet fält vid de mätplatser som markerats med svarta prickar i kartan. Våtdepositionen kombineras med resultaten från strängprovtagare vid 10 platser fördelade över Sverige, där andelen torrdeposition av den totala depositionen (våt+torrdeposition) har beräknats. Det totala nedfallet av oorganiskt kväve interpoleras geografiskt med Kriging-teknik för att generera kartan. För ytterligare beskrivning av metodik, se faktaruta (Pihl Karlsson et al. 2016). Källa: Krondroppsnetet, www.krondroppsnetet.ivl.se.

3.1.2.3 Trendanalys av nederbördsmängder, vätejoner, svavel, klorid och organiskt kväve

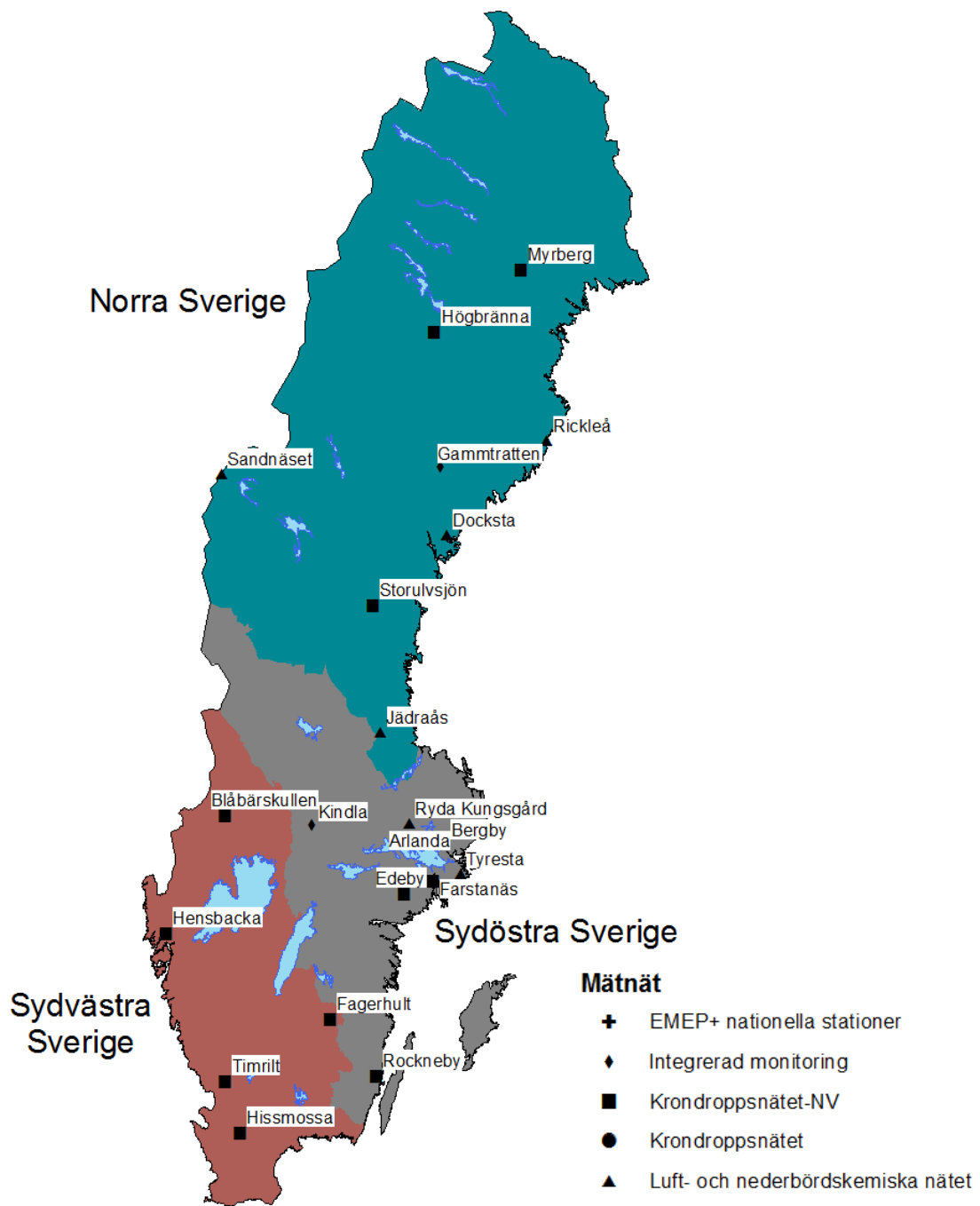
Figur 18 visar den nationella indelning som gjorts för trendanalysen av nederbörd. Indelningen är densamma som den som används inom miljömålsuppföljningen

(<http://www.miljomal.se/Miljomalen/Alla-indikatorer/Indikatorsida/Fordjupning/?iid=100&pl=1&t=Land&l=SE>).

Dataanalysen har för trender i bulkdepositionen koncentrerats till perioden 2000-2015, 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 18 visas vilka stationer som ingår i trendanalysen. I analysen ingår även en del stationer som ej finansieras av Naturvårdsverket utan av kunderna inom Krondropps nätet.

Inom de olika mätnäten hanteras saknade värden på lite olika sätt, beroende på syftet med mätnäten. Inom Krondropps nätet 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 inkluderas resultat från stationer där det saknas data från högst två månader. I dessa fall har nederbördsmängden korrigerats för att motsvara tolv månader. Halterna kan dock fortfarande vara baserade på mätningar för tio eller elva månader (ej korrigerade). Data från EMEP har inte använts då mätutrustningen är annorlunda samt att tidigare problem med själva lockprovtagarna vid några av mätstationerna uppmärksammats.

Statistisk analys av trender har gjorts med Mann-Kendall-analys. Alla data från analysen presenteras i Bilaga 4 tillsammans med en beskrivning av metoden. Den statistiska analysen har genomförts både på medelvärde för depositionen för de olika områdena och för enskilda mätstationer. Man bör beakta 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.



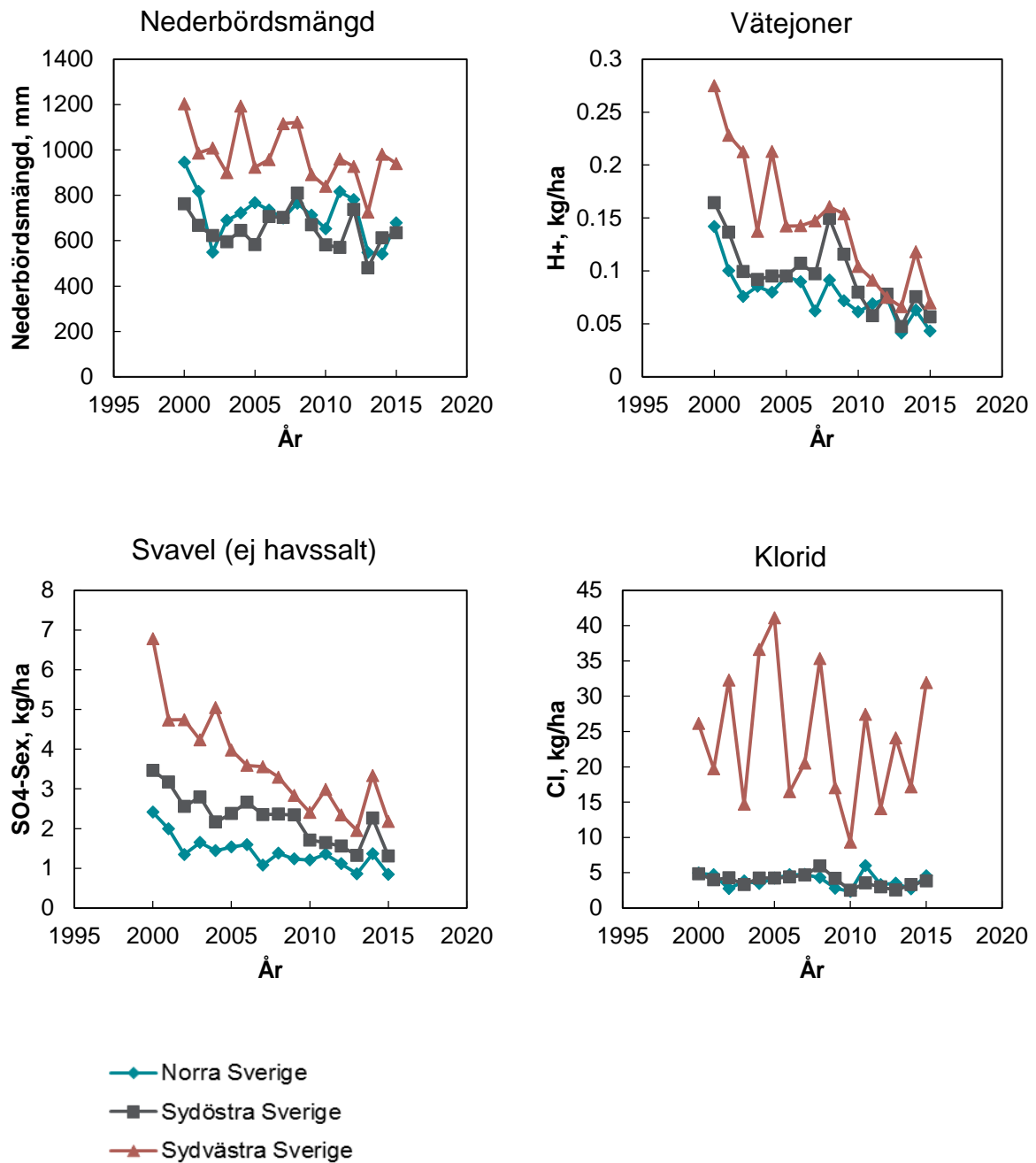
Figur 18 Karta över de mätstationer som ingår i trendanalysen av nederbördsmätningarna, 2005 – 2015, för regionerna norra Sverige, sydöstra Sverige och sydvästra Sverige. Regionindelningen följer den indelning som används i miljömålsuppföljningen av miljömålet: Bara naturlig försurning. Mätstationerna som ingår är hämtade från Krondroppsnetet-NV, LNKN och IM som ingår i den nationella miljöövervakningen. I figuren ingår även några stationer från Krondroppsnetet som inte ingår i den nationella miljöövervakningen. Symbolerna indikerar vilket mät nät som resultaten tillhör.

Årlig nederbörds mängd samt bulkdeposition av klorid, svavel och H^+ , som medelvärden för de tre områdena 2000-2015, visas i Figur 19. För nederbörds mängderna fanns ingen statistiskt säkerställd trend för något av de tre olika områdena. För de enskilda ingående mätstationerna fanns en signifikant minskning av nederbörds mängden vid två av fem mätstationer i sydvästra Sverige. SMHI anger att nederbörden i Sverige har ökat 10-20 % för perioden 1991-2011 jämfört med normalperioden 1961-1990 (SMHI, 2014). Mätperioden 2000-2015 är sannolikt för kort för att fånga upp denna ökande trend i nederbörds mängd över Sverige. Att nederbörds mängden spelar en stor roll för depositionen är tydligt för flertalet av analyserade ämnen. Exempelvis var depositionen relativt låg för flera ämnen under 2013 då nederbörds mängden var låg, medan depositionen var hög för flera ämnen under 2014 och 2015 då nederbörds mängderna var högre. Att inte bara nederbörds mängden bestämmer depositionen syns för 2014, då mycket höga halter av vissa ämnen inte endast kan förklaras av nederbörds mängden.

Även kloriddepositionen var högst i sydvästra Sverige under 2014-2015. Kloriddepositionen speglar påslaget från havssalt. Inte heller när det gäller kloriddepositionen fanns någon statistiskt säkerställd trend för de tre områdena. För de enskilda ingående mätstationerna fanns dock en signifikant minskning av kloridnedfallet vid tre av åtta mätstationer i norra Sverige, vid två av åtta mätstationer i sydöstra Sverige och vid en av fem mätstationer i sydvästra Sverige.

För svavel visar den statistiska analysen på en minskning av svaveldepositionen på mellan 51-65 % (utan bidrag från havssalt) under perioden 2000-2015 för alla tre områdena i Sverige. Mest har svaveldepositionen minskat i sydvästra Sverige och minst i norra Sverige där belastningen också varit lägst. I sydvästra och sydöstra Sverige har svavelnedfallet minskat signifikant vid samtliga ingående mätstationer och i norra Sverige vid sex av åtta mätstationer. Under 2014 var svavelnedfallet förhållandevis högt i alla tre områdena, vilket med stor sannolikhet beror på svavelutsläppen från vulkanen Holuhraun på Island som nämnts tidigare.

Liksom för svaveldepositionen fanns även för depositionen av H^+ en statistiskt säkerställd minskning för alla tre områdena i Sverige. Vätejondepositionen kan användas som ett mått på den försurande belastningen. Minskningen under perioden 2000-2015 var 51 % i norra Sverige, 53 % i sydöstra Sverige och 77 % i sydvästra Sverige. Under 2014 var vätejondepositionen hög, vilket också troligen kan förklaras med ovan nämnda vulkanutbrott. Under 2015 var nedfallet återigen på en mer normal nivå.



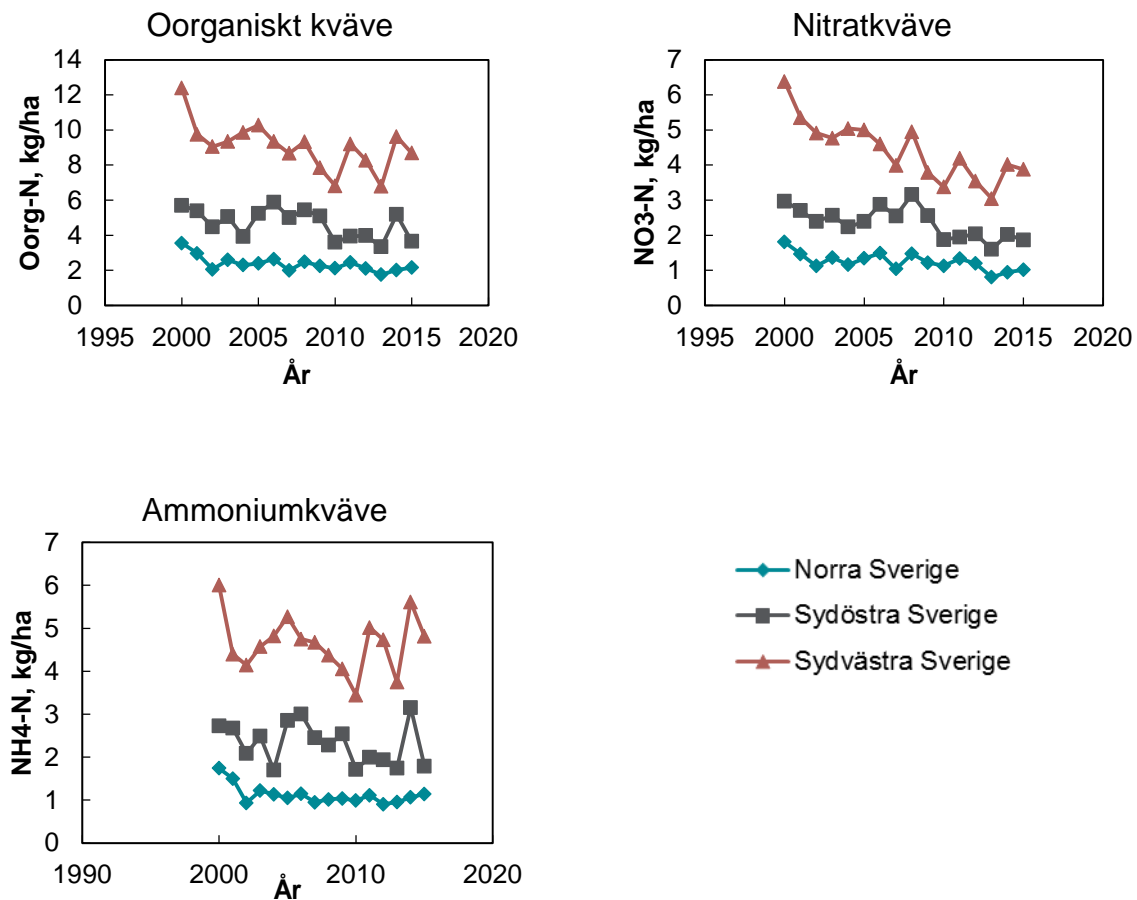
Figur 19 Årvis (kalenderår) nederbördsmängd samt deposition av klorid, svavel (sulfatsvavel (SO₄-S)) utan havssaltsbidrag samt H⁺ som medelvärde för tre områden över Sverige under 2000-2015. För norra och sydöstra Sverige ingår mätresultat från 8 mätstationer i medelvärdet och i sydvästra Sverige från 5 mätstationer. För nederbördsmängderna samt depositionen av klorid gav den statistiska analysen inte någon säkerställd förändring i något av de tre områdena. För både depositionen av svavel och H⁺ gav den statistiska analysen en signifikant minskning under perioden 2000-2015 för alla tre områdena i Sverige.

Kvävedepositionen, både som totalt oorganiskt kväve (nitrat + ammonium) och uppdelat på nitrat- respektive ammoniumkväve, på årsbasis visas som ett medelvärde för de tre olika områdena under perioden 2000-2015 i Figur 20. Figuren visar att kvävedepositionen var hög under 2014 och 2015, både för nitrat och för ammonium.

Depositionen av oorganiskt kväve (nitrat- + ammoniumkväve) har minskat signifikant i norra och sydvästra Sverige, medan ingen signifikant förändring fanns för sydöstra Sverige. Depositionen av oorganiskt kväve har minskat med 29 % i norra Sverige och med 24 % i sydvästra Sverige. För de enskilda ingående mätstationerna i norra Sverige fanns en signifikant minskning av det oorganiska kvävenedfallet vid fem av åtta mätstationer, medan en signifikant ökning av kvävenedfallet fanns vid en av de åtta mätstationerna. I sydvästra Sverige minskade det oorganiska kvävenedfallet signifikant vid en av fem mätstationer och i sydöstra Sverige vid två av åtta mätstationer.

För enbart ammoniumkväve erhöles ingen statistiskt säkerställd förändring för något av de tre områdena. En signifikant minskning av ammoniumnedfallet fanns dock vid två mätstationer och en ökning vid en mätstation av totalt åtta i norra Sverige. Inga andra statistiskt signifikanta förändringar fanns för ammoniumnedfallet. Däremot har nitratkväve minskat signifikant i alla tre områdena sedan 2000. I sydvästra Sverige har nitratnedfallet minskat med 41 %, i sydöstra Sverige med 35 % och i norra Sverige med 34 %. Om man ser till enskilda lokaler har nitratkväve minskat i sydöstra och i norra Sverige vid fyra av åtta mätstationer, medan nitratnedfallet i sydvästra Sverige minskat vid fyra av fem mätstationer.

En period på 15 år är fortfarande relativt kort för att beräkna trender för nedfall via nederbörden eftersom nedfallet beror av en kombination av utsläppsförändringar och nederbördsmängder. Det finns risk att trenderna kan växla beroende på vilken period som analyseras. Tidigare analyser (Hansen m. fl., 2013) har till exempel visat en statistiskt säkerställd nedgång av bulkdepositionen under perioden 1990-2009 för nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$) och för summan oorganiskt kväve ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) för sydöstra Sverige, men inte för de sydvästra och norra delarna.



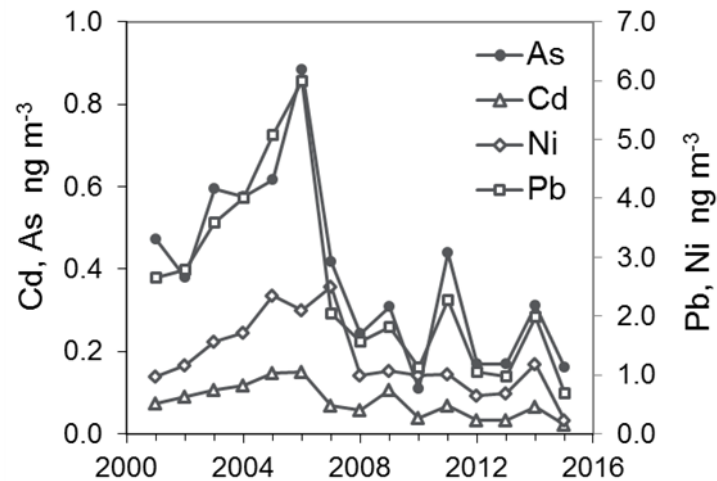
Figur 20 Årsvis deposition (kalenderår) av oorganiskt kväve ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) samt nitrat- och ammoniumkväve som medelvärde för tre olika områden över Sverige under 2000-2015. För norra och sydöstra Sverige ingår mätresultat från 8 mätstationer i medelvärdet och i sydvästra Sverige från 5 mätstationer. Den statistiska analysen visade att depositionen av oorganiskt kväve (nitrat + ammoniumkväve) har minskat signifikant i norra och sydvästra Sverige, medan ingen signifikant förändring erhöles för de sydöstra Sverige. För enbart ammoniumkväve erhöles ingen statistiskt säkerställd förändring för något av de tre områdena. Däremot visade den statistiska analysen att depositionen av nitratkväve minskat signifikant i alla tre områdena.

3.2 Metaller

3.2.1 Luft - metaller

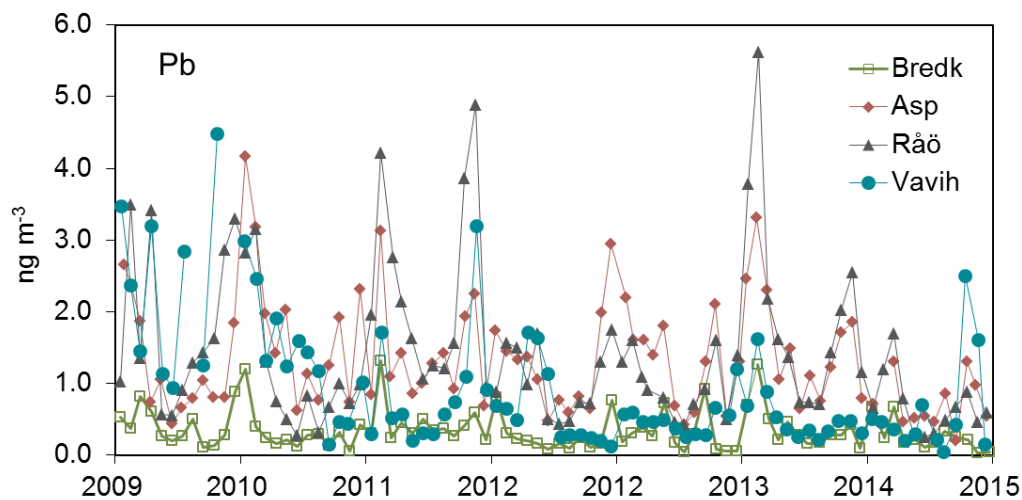
I Figur 21 visas resultaten från mätningar av tungmetaller på partiklar i luft vid Råö-stationen under perioden 2001 till 2015. Resultaten från 2001 - 2008 är uppmätta med annan metod för partikelprovtagning ("open face" istället för PM_{10}). Det har inte gjorts någon jämförelse mellan metoderna, men trendkurvan visar inte på någon större skillnad. 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).

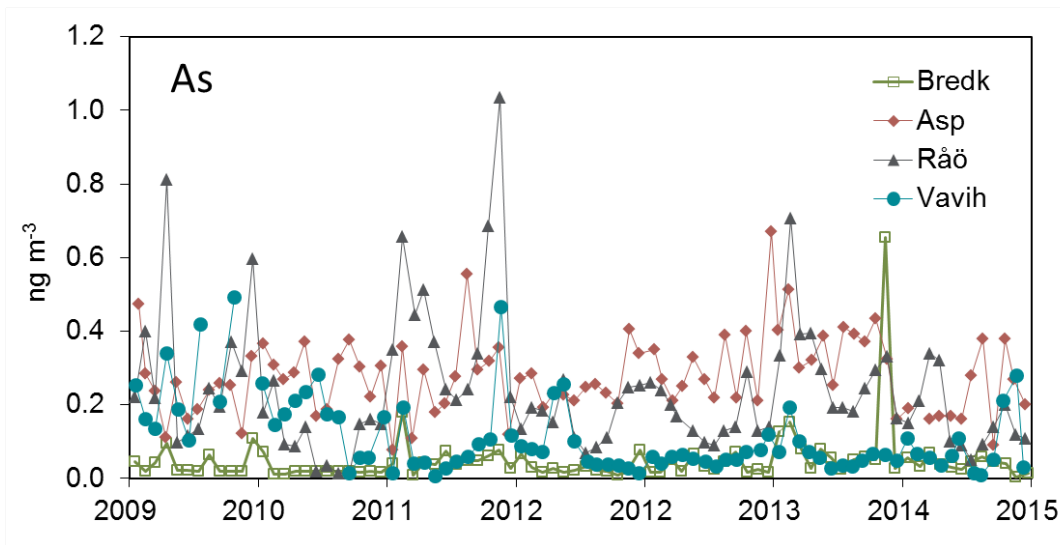


Figur 21 Årsmedelvärden av tungmetaller på partiklar (ng/m³) i luft mätt vid Råö-stationen under perioden 2001 – 2015. Observera att Cd och As (vänster y-axel) och Pb och Ni (höger y-axel) har olika skalor.

Figur 22 och Figur 23 visar månadsmedelhalter i luft av partikulärt bly respektive arsenik vid de fyra EMEP-stationerna i Sverige under 2009-2015. En geografisk trend med låga värden i Breckälven 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.



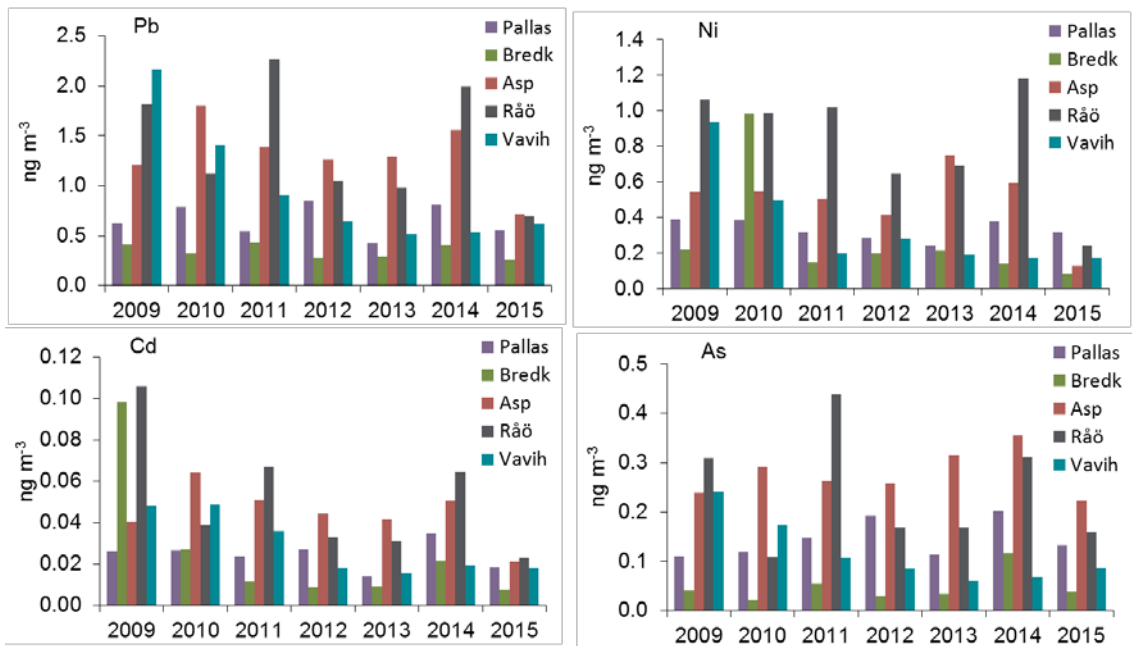
Figur 22 Månadsmedelvärden av partikelbundet bly (ng/m³) i luft från mätningar vid 4 mätstationer under 2009-2015.



Figur 23 Månadsmedelvärden av partikelbundet arsenik (ng/m^3) i luft från mätningar vid 4 mätstationer under 2009- 2015.

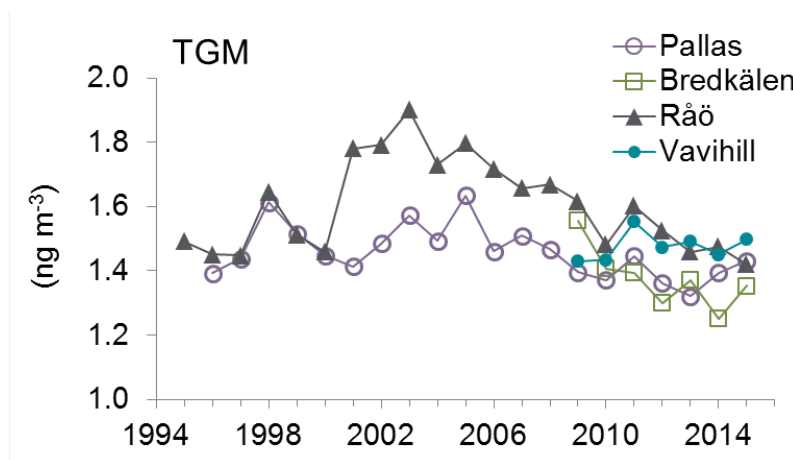
Figur 24 visar årsmedelhalter halter av bly, nickel, kadmium och arsenik vid fyra mätstationer i Sverige samt i Pallas i norra Finland under perioden 2009 till 2015. Halterna av nickel och kadmium vid Breckälven är inte medtagna under 2009 till 2011 eftersom dessa var lägre än den använda mätmetodens detektionsgräns. Under 2009 var även flera mätvärden av kadmium under detektionsgränsen vid Råö och samma sak gäller även för nickel under 2010. Varför nedfallet av tungmetaller förefaller vara högre i Pallas än i Breckälven 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 24 är låga i förhållande till de nedre utvärderingströsklar som är angivna för bly (250 ng/m^3), nickel (10 ng/m^3), kadmium (2 ng/m^3) och arsenik ($2,4 \text{ ng/m}^3$) i Luftkvalitetsförordningen (SFS 2010:477).

De högsta halterna av arsenik och nickel i luft har uppmätts på Aspvreten och Råö. Medelvärdena av arsenikhalterna på Aspvreten och Råö under perioden 2009 till 2015 motsvarade 12 respektive 10 % av den nedre utvärderingströskeln för arsenik. Angående nickel uppgick motsvarande värden under samma period till 5 respektive 8 %. De högsta bly- respektive kadmiumhalterna har mätts på Råö, och medelvärdena av dessa metaller under perioden 2009 till 2015 uppgick till 0,6 % och 3 % av respektive nedre utvärderingströsklar.



Figur 24 Årsmedelhalter av partikelbundet bly, nickel, kadmium och arsenik (ng/m^3) i luft vid fyra svenska mätstationer samt Pallas i norra Finland under perioden 2009 - 2015.

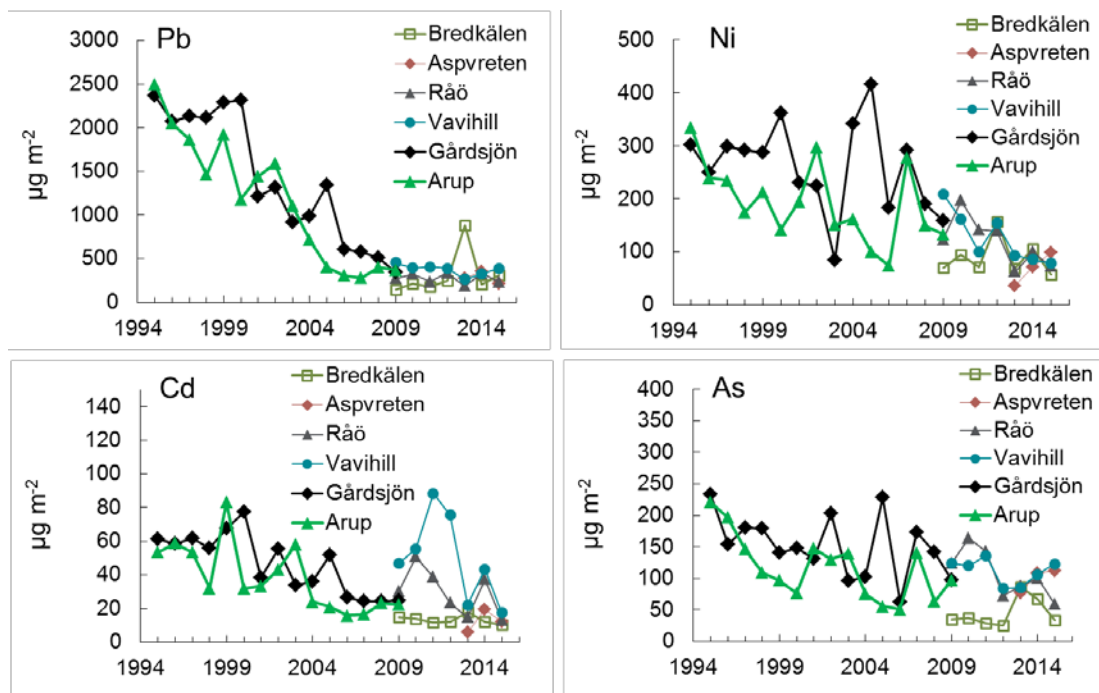
Figur 25 visar årsmedelhalter av totalt gasformigt kvicksilver (TGM). Mellan 1985-1989 var medelhalten av kvicksilver vid Råö $3,2 \text{ ng/m}^3$ (Iverfeldt et al., 1995), men har till följd av minskade utsläpp av kvicksilver från egna och europeiska källor minskat till dagens nivå kring $1,4 \text{ ng/m}^3$. Detta motsvarar bakgrundshalten av kvicksilver i norra hemisfären, vilken tidigare har uppskattats till $1,7 \text{ ng/m}^3$ för perioden 1996 – 2000 (Slemr et al., 2003). Därefter tycks halten av kvicksilver ytterligare ha minskat i bakgrundsluft i norra Europa. Mätningar på Mace Head på Irland (Ebinghaus et al., 2011) indikerar att årsmedelhalten där har minskat med i genomsnitt $0,03 \text{ ng/m}^3$ per år under det senaste decenniet. En liknande trend kan även skönjas på Råö och de andra svenska stationerna samt i Pallas.



Figur 25 Årsmedelvärden av totalt gasformigt kvicksilver (TGM) (ng/m^3) vid Råö, Vavihill, Bredkälén samt Pallas i norra Finland.

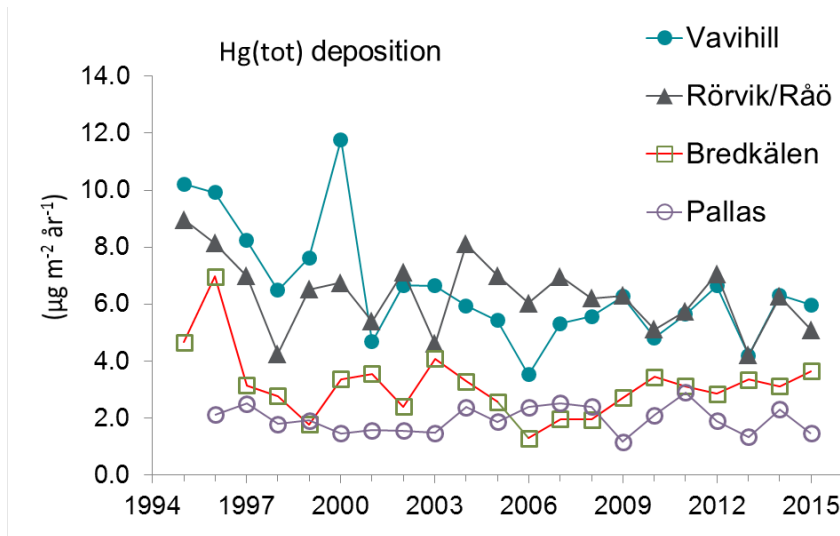
3.2.2 Deposition - metaller

I Figur 26 visas deposition (bulkprovtagning) av bly, nickel, kadmium och arsenik. Från stationerna Vavihill, Råö och Bredkålen finns endast data från 2009 – 2015 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 26. 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.



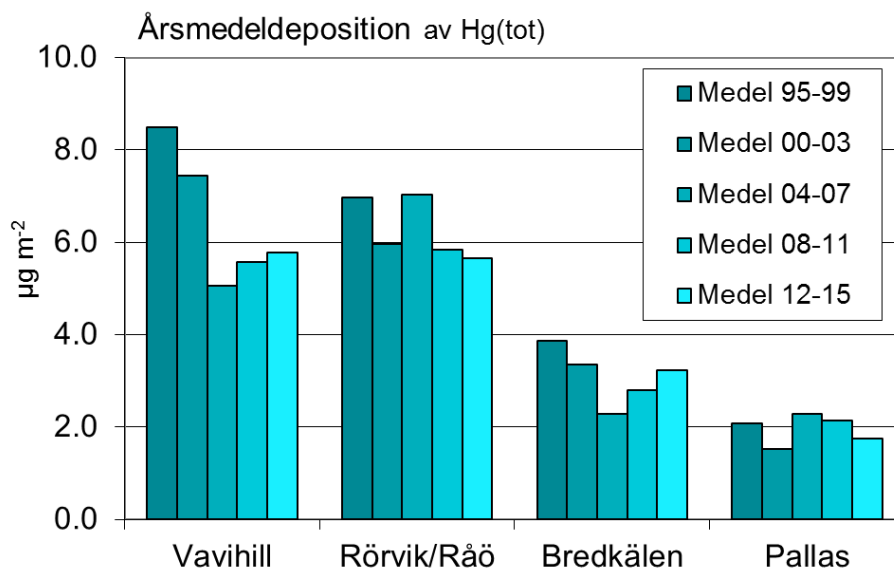
Figur 26 Deposition av bly, nickel, kadmium och arsenik ($\mu\text{g}/\text{m}^2$, år) vid svenska mätstationer.

Figur 27 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 27 Deposition av Hg(tot) (µg/m², år) vid svenska mätstationer samt vid Pallas, norra Finland.

Figur 28 visar kvicksilverdeposition, presenterad som 5-årsmedelvärden (perioden 1995-1999), samt 4-årsmedelvärden under 2000 till 2015. 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 28 Flerårsmedelvärden av våtdeposition av Hg(tot) (µg/m²) vid svenska mätstationer samt Pallas i Finland.

3.3 Organiska ämnen

I figurerna nedan presenteras resultat från mätningar utförda mellan 1996 och 2015. En jämförelse av halter görs dock generellt för de sista sju mätåren (2009-2015) och motsvarar

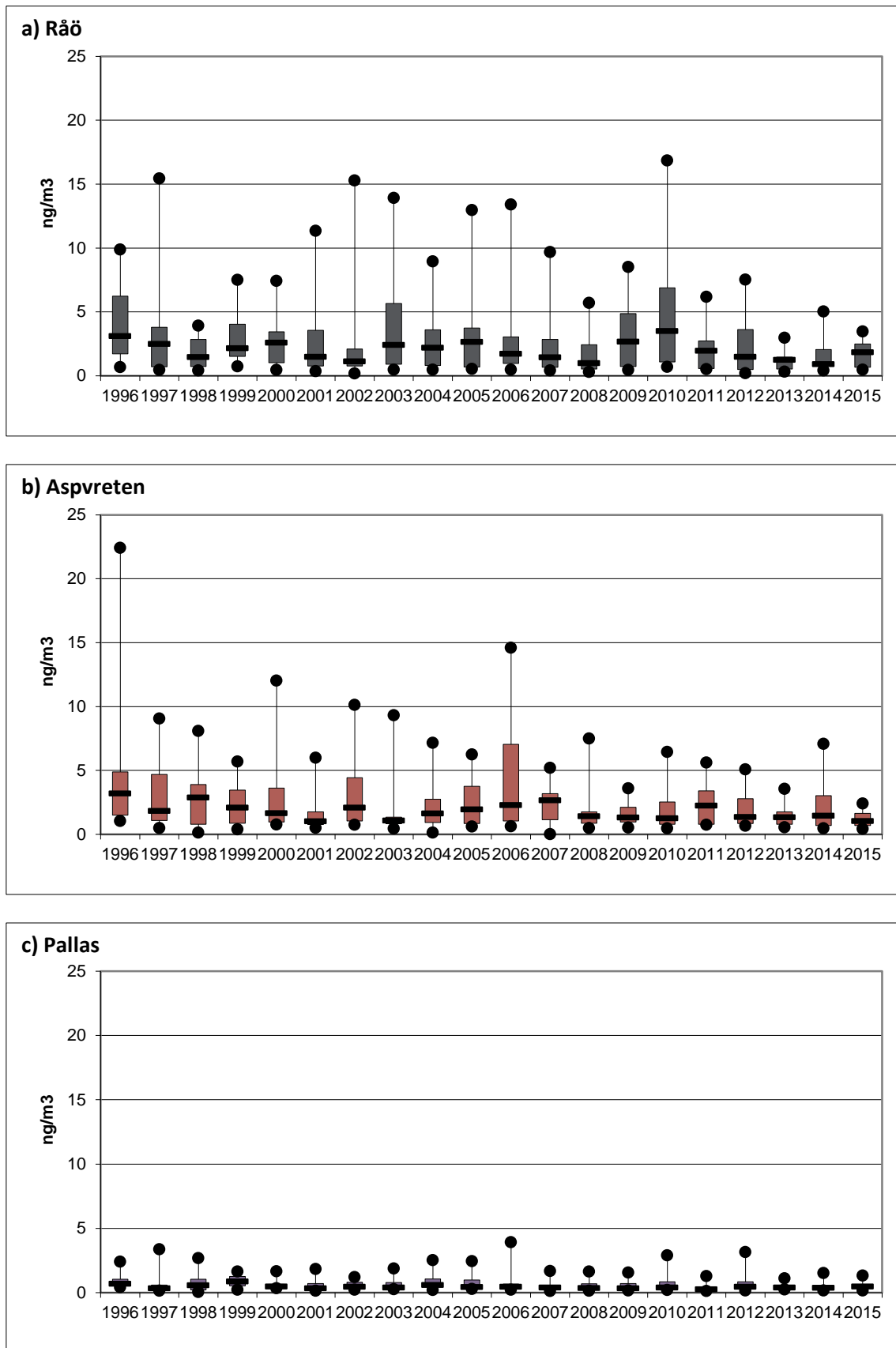
perioden med det nya, utökade mätprogrammet. Fram till 2001 (Råö) och 2008 (Aspvreten och Pallas) genomfördes mätningarna med en frekvens på 1 vecka per månad för att därefter övergå till kontinuerliga månatliga mätningar.

3.3.1 Organiska miljögifter i luft och deposition

3.3.1.1 Polycykliska Aromatiska Kolväten (PAH)

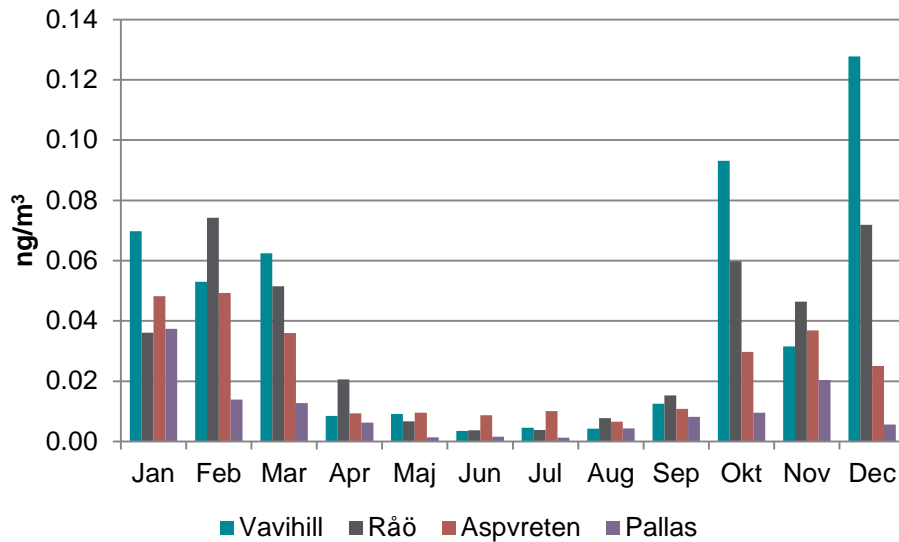
PAH-resultaten avseende halter i luft respektive deposition redovisas som "box whisker plots", där gränsen av själva boxen representerar 25- och 75-percentilen, linjen inne i boxen medianvärdet samt min- och maxvärden som svarta prickar.

Årsmedelhalterna av PAH (summa 12, se Bilaga 1) i luft vid Råö, Aspvreten och Pallas för åren 1996 till 2015 visas i Figur 29. Sedan starten av mätprogrammet har resultaten inte visat på någon tydlig minskande trend, vilket också har visats i trendanalys där ingen signifikant minskande långtidstrend kunde påvisas för summa PAH'er vid Råö respektive Pallas (Anttila et al., 2016). Halten av PAH i luft har generellt varit högre vid Råö och Aspvreten jämfört med vid Pallas. Under 2009 till 2015 har årsmedelhalterna varierat mellan 1,3-5,5 ng/m³ vid Råö, 1,2-2,3 ng/m³ vid Aspvreten samt 0,40-0,88 ng/m³ vid Pallas. Årsmedelhalten av summa (12) PAH (2012-2015) vid Vavihill låg mellan 0,60-1,2 ng/m³.



Figur 29 Medelårshalten av PAH (summa 12) (ng/m³) i luft vid a) Råö, b) Aspvreten och c) Pallas.

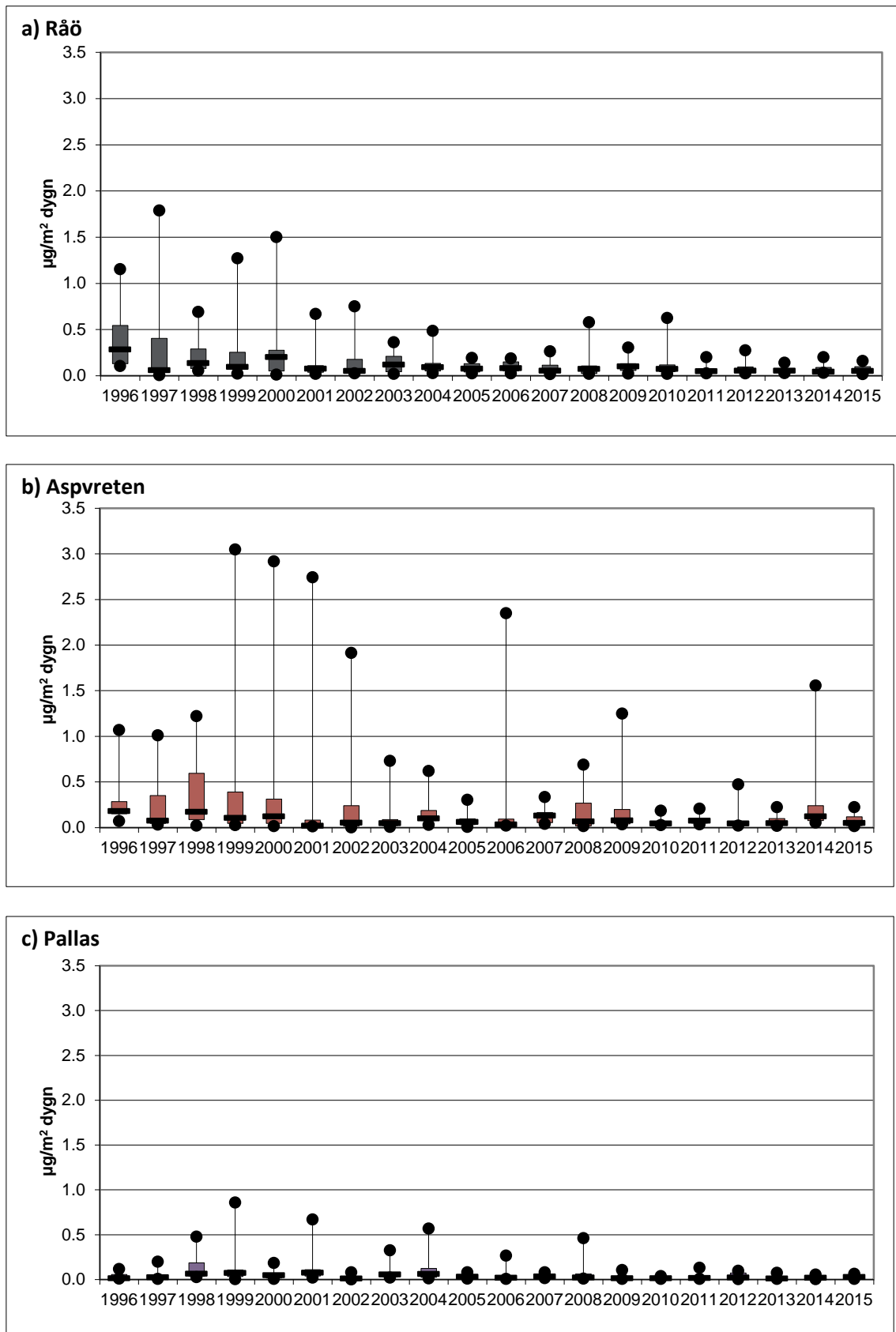
Som ett exempel på årstidsvariation visas i Figur 30 en av PAH:erna, benso(a)pyren. Halten benso(a)pyren var under 2015, i likhet med andra år, högst under den kalla årstiden. MKN för benso(a)pyren, 1 ng/m³ som årsmedelvärde, överskreds inte vid någon av stationerna.



Figur 30 Halten benso(a)pyren (ng/m³) i luft 2015 vid Vavihill, Råö, Aspvreten och Pallas.

Depositionen av PAH (summa 12) per dygn vid Råö, Aspvreten och Pallas för åren 1996 till 2015 visas i Figur 31. Med undantag av de första årens mätningar vid Råö och Aspvreten har den uppskattade depositionen av PAH varit relativt likartad från år till år. Under perioden 2009-2015 har depositionen varierat mellan 0,063-0,13 µg/m², dygn vid Råö, 0,063-0,28 µg/m², dygn vid Aspvreten och 0,019-0,04 µg/m², dygn vid Pallas. Under samma period har depositionen av PAH vid Vavihill varierat mellan 0,083 till 0,17 µg/m², dygn.

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



Figur 31 Deposition av PAH (summa 12) ($\mu\text{g}/\text{m}^2$, dygn) vid a) Råö, b) Aspvreten och c) Pallas.



3.3.1.2 Polyklorerade Bifenylter (PCB)

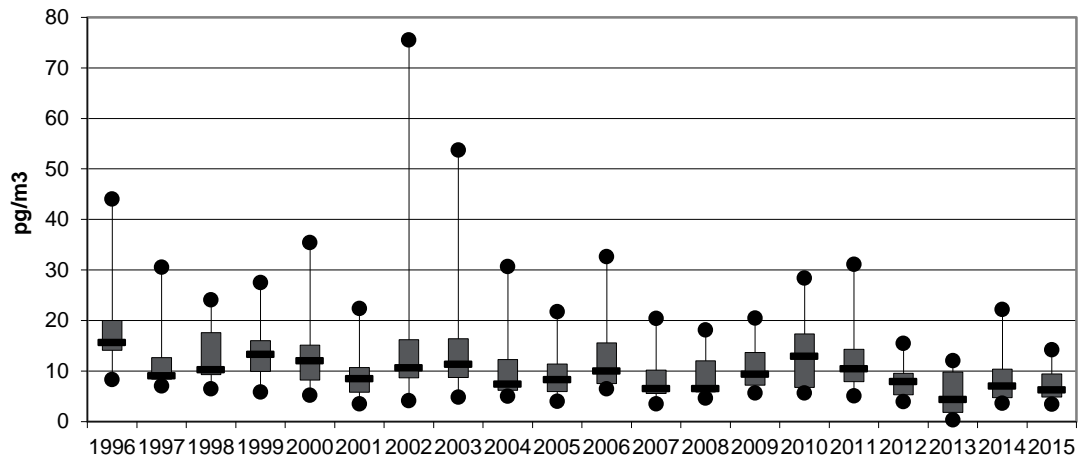
PCB-resultaten för luft och deposition redovisas som "box whisker plots", där gränsen av själva boxen representerar 25- och 75-percentilen, linjen inne i boxen medianvärdet samt min- och maxvärden som svarta prickar.

Årsmedelhalterna av PCB (summa 7, se Bilaga 1) i luft vid Råö och Pallas för åren 1996 till 2015 visas i Figur 32. Resultaten från mätningar mellan 1994-2015 genomförda vid Råö och Pallas visade att PCB-halterna minskat vid båda stationerna sedan starten av mätprogrammet, vilket bekräftas av trendanalyser (Anttila et al., 2016; Hung et al., 2016). Anttila et al., (2016) visade att PCB-halterna fram till 2012 i genomsnitt har minskat med 2-4 % per år vid såväl Pallas som Råö. Generellt har dock minskningen klingat av, och under de senaste åren ligger halterna i stort sett på samma nivåer.

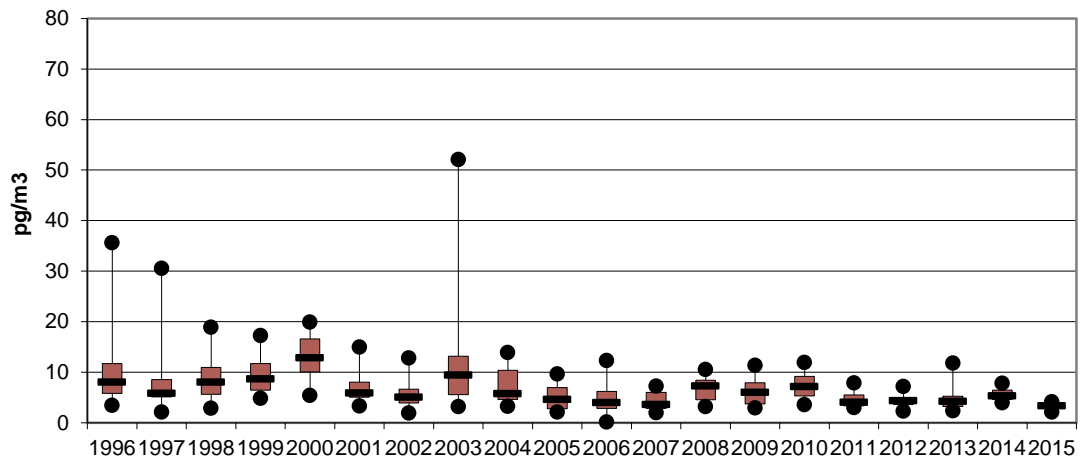
Mätningar visar också att årsmedelhalten av PCB varierar mellan åren för de olika stationerna. Halterna har generellt varit högre på västkusten (Råö) jämfört med på ostkusten (Aspvreten) och i finska Lappland (Pallas). Halten PCB7 varierade 2009-2015 mellan 6,1-14 pg/m³ vid Råö, 3,7-7,4 pg/m³ vid Aspvreten samt 2,6-5,8 pg/m³ vid Pallas.



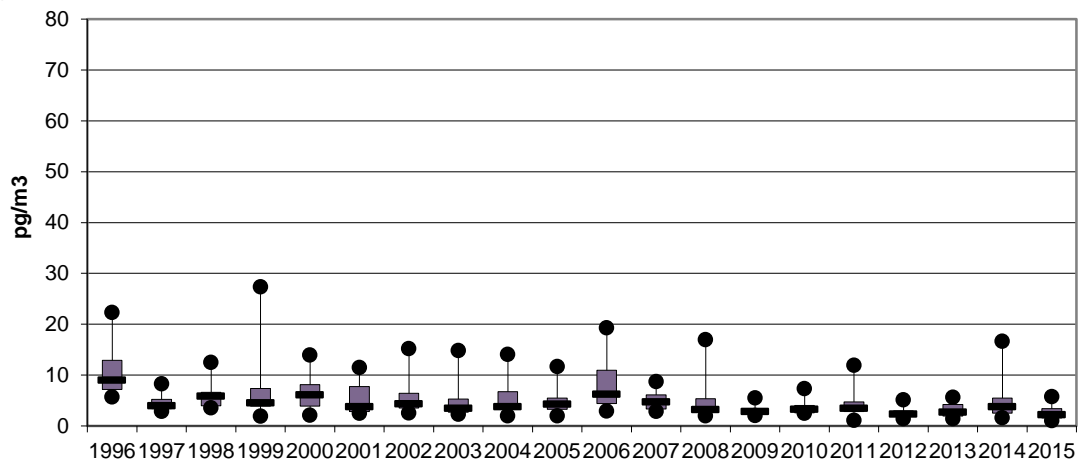
a) Råö



b) Aspvreten

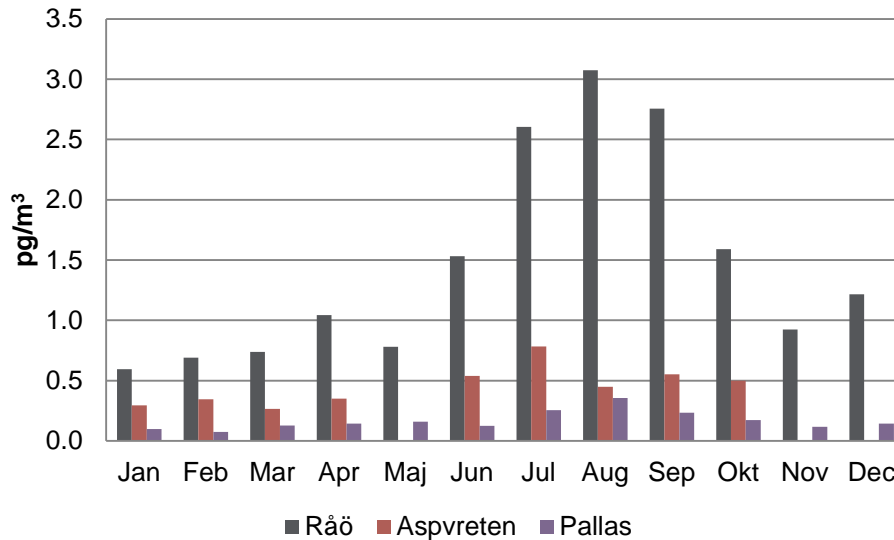


c) Pallas



Figur 32 Årsmedelhalten PCB (summa 7) (pg/m³) i luft vid a) Råö, b) Aspvreten och c) Pallas.

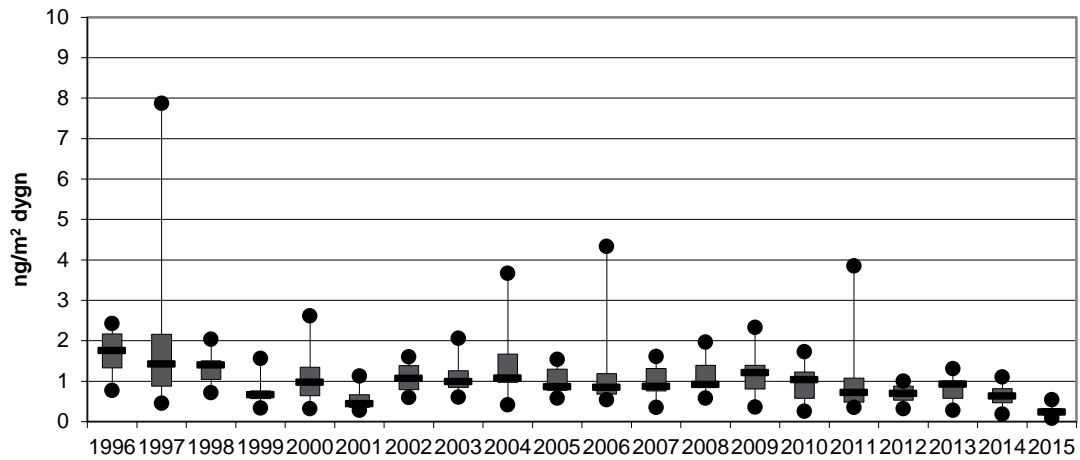
I Figur 33 visas som exempel årstidsvariationen PCB-153. Den högsta halten under 2015 förekom, i likhet med andra år, under den varma årstiden och de lägsta koncentrationerna under vinterhalvåret.



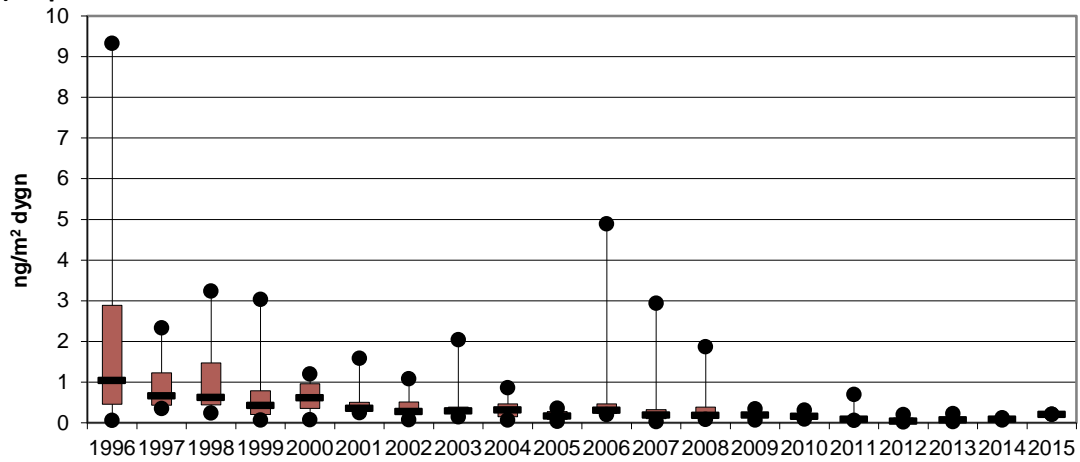
Figur 33 Månadsmedelhalten PCB-153 (pg/m³) i luft 2015 vid Råö, Aspvreten och Pallas.

Dygnsdepositionen av PCB (summa 7) för åren 1996-2015 vid Råö, Aspvreten och Pallas presenteras i Figur 34. Generellt har depositionen minskat sedan de första årens mätningar, och i likhet med halterna i luft har minskningen klingat av och varit relativt likartad från år till år vid alla tre stationerna. Depositionen vid Råö har varit något högre jämfört med vid Aspvreten och Pallas. Under 2009-2015 varierade depositionen mellan 0,39-1,2 ng/m², dygn vid Råö, 0,15-0,21 ng/m², dygn vid Aspvreten samt 0,16-0,50 ng/m², dygn vid i Pallas.

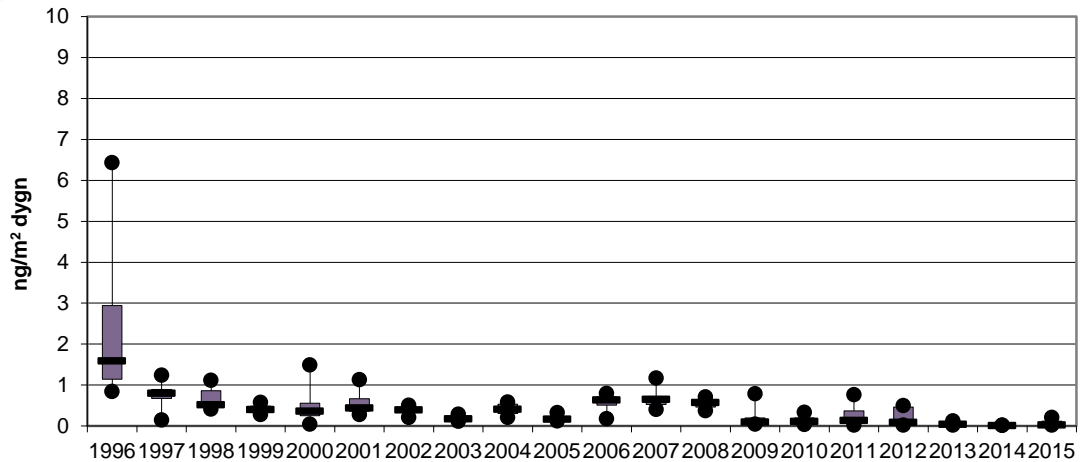
a) Råö



b) Aspvreten



c) Pallas



Figur 34 Dygnsdeposition av PCB (summa 7) (ng/m², dygn) vid a) Råö, b) Aspvreten och c) Pallas.

3.3.1.3 Hexaklorbensen (HCB)

Mellan 2009-2015 varierade årsmedelhalten av hexaklorbensen (HCB) i luft mellan 16-32 pg/m^3 vid Råö, 18-37 pg/m^3 vid Aspvreten och 20-51 pg/m^3 vid Pallas. Dessa värden kan dock vara underskattade p.g.a. provtagningsmetodikerna.

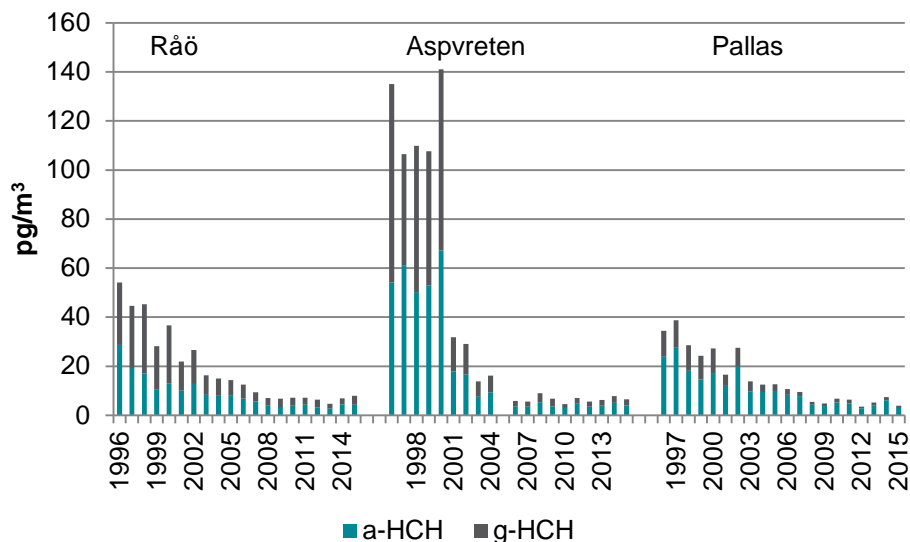
Depositionen av HCB varierade under 2009 till 2015 mellan 0,060-0,23 ng/m^2 , dygn vid Råö, 0,063-0,14 ng/m^2 , dygn vid Aspvreten och <0,04-0,17 ng/m^2 , dygn vid Pallas.

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

3.3.1.4.1 Hexaklorocyklohexaner (HCH), Klordaner, DDTer

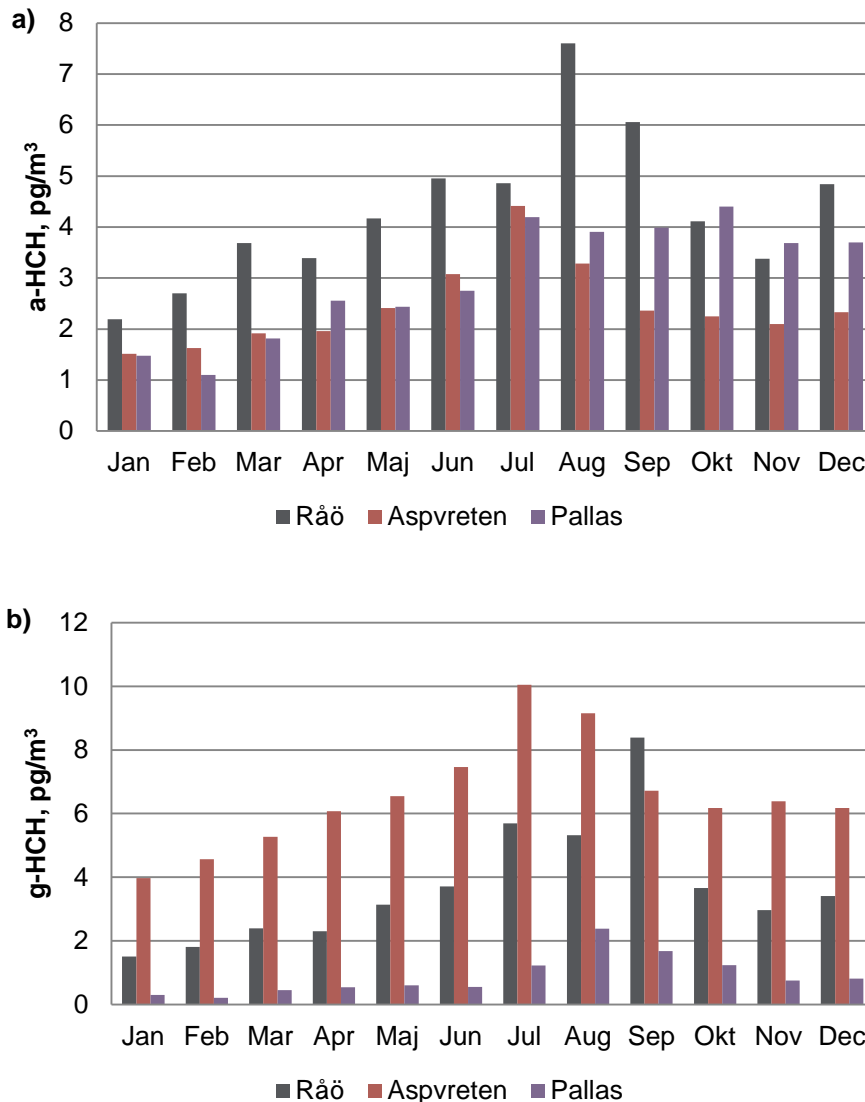
Medelårshalten γ - och α -HCH i luft för åren 1996-2015 vid Råö, Aspvreten och Pallas visas i Figur 35. Halterna av HCH:er visar för mätperioden en tydlig minskande trend (Anttila et al., 2016; Hung et al., 2016). Trendanalyser på data från Råö respektive Pallas mellan 1994 (1995) och 2011 indikerar en genomsnittlig minskning av α -HCH på 6 % och γ -HCH på 6-7 % per år för båda stationerna (Anttila et al., 2016). Den största minskningen skedde under de första årens mätningar.

Under åren 2009-2015 varierade årsmedelhalten av α -HCH mellan 2,9-4,5 pg/m^3 vid Råö, 3,0-5,1 pg/m^3 vid Aspvreten och 3,0-6,1 pg/m^3 vid Pallas. Årsmedelhalten av γ -HCH varierade under samma period mellan 1,9-3,7 pg/m^3 vid Råö, 1,6-3,1 pg/m^3 vid Aspvreten och 0,72-1,6 pg/m^3 i Pallas. Halten α -HCH var under senare år i samma storleksordning vid alla tre stationer, och någon geografisk variation mellan syd och norr förekom alltså inte. Däremot var halten γ -HCH högre i söder (Råö och Aspvreten) jämfört med i norra Lappland (Pallas).



Figur 35 Årsmedelhalter av α - och γ -HCH (pg/m^3) i luft vid Råö, Aspvreten och Pallas.

Årstidsvariationen av α - respektive γ -HCH i luft visas i Figur 36. Precis som för PCB:er, var halterna under vår- och sommarmånaderna något förhöjda.

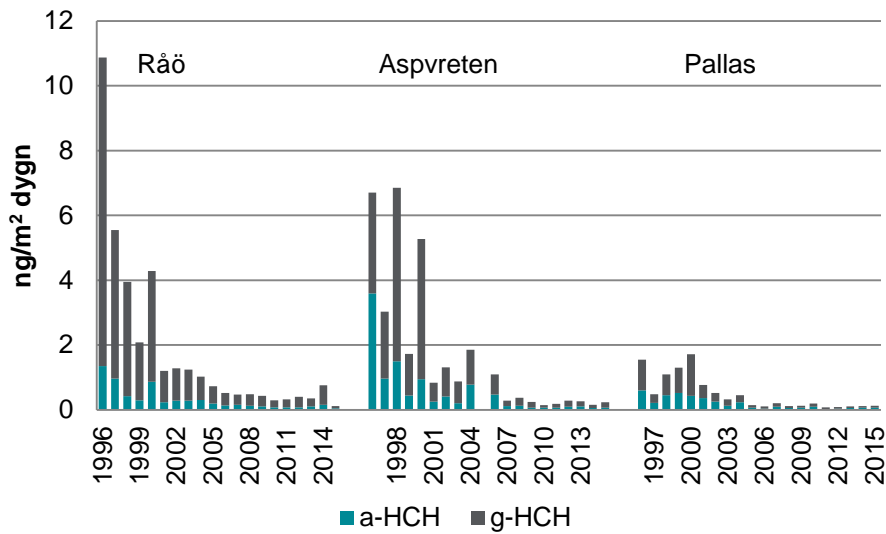


Figur 36 Halten av a) α -HCH och b) γ -HCH (pg/m³) i luft 2015 vid Råö, Aspvreten och Pallas.

Depositionen av α - och γ -HCH vid Råö, Aspvreten och Pallas (1996-2015) visas i Figur 37. Depositionen av α - och γ -HCH har minskat vid alla tre stationerna.

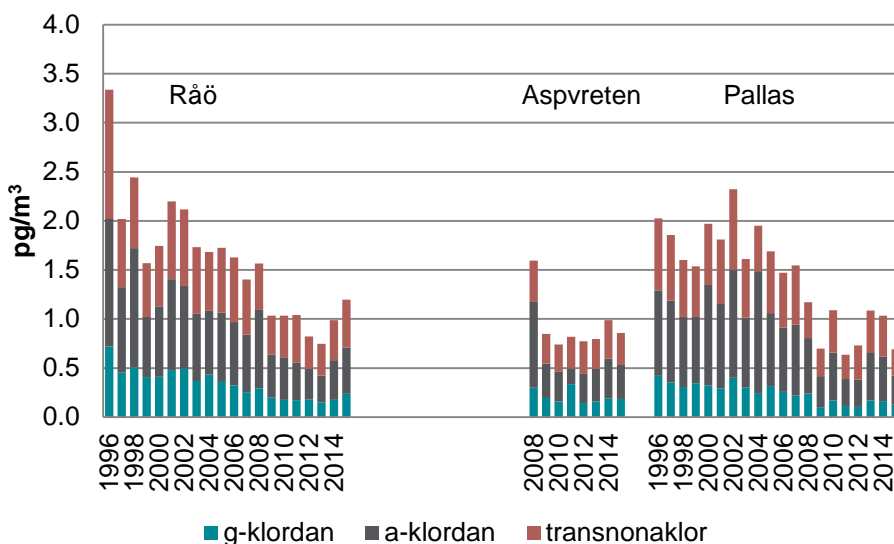
Under de senaste sju åren har dygnsdepositionen av α -HCH varierat mellan 0,049-0,16 ng/m², dygn vid Råö, 0,061-0,10 ng/m², dygn vid Aspvreten och 0,023-0,099 ng/m², dygn vid Pallas. α -HCH-fluxerna var i samma storleksordning vid alla tre stationer och ingen skillnad mellan norr och söder kunde urskiljas.

Depositionen av γ -HCH (2009-2015) varierade mellan 0,064-0,32 ng/m², dygn vid Råö, 0,077-0,20 ng/m², dygn vid Aspvreten och 0,023-0,097 ng/m², dygn i Pallas. Depositionen av γ -HCH uppvisade samma geografiska fördelning som i luft, med de högsta fluxerna i söder och de lägsta i norr (Pallas).



Figur 37 Deposition av HCH ($\text{ng/m}^2 \text{ dygn}$) vid Råö, Aspvreten och Pallas.

Årsmedelhalter av γ - och α -klordan samt transnonaklor i luft (1996-2015) vid Råö, Aspvreten och Pallas visas i Figur 38. Mätningarna av klordaner vid Aspvreten startade först 2008. Årsmedelhalterna ligger under senare år i liknande nivåer vid alla tre stationer. Årsmedelhalterna (2009 och 2015) varierade mellan 0,75-1,2 pg/m^3 vid Råö, 0,77-0,99 pg/m^3 vid Aspvreten samt 0,63-1,1 pg/m^3 i Pallas. Trendanalyser gjorda på data från Råö respektive Pallas (1994 (1995) - 2011) tyder på en genomsnittlig årlig minskning i luftkoncentration på ca 3-4 % vid båda stationerna (Anttila et al., 2016)

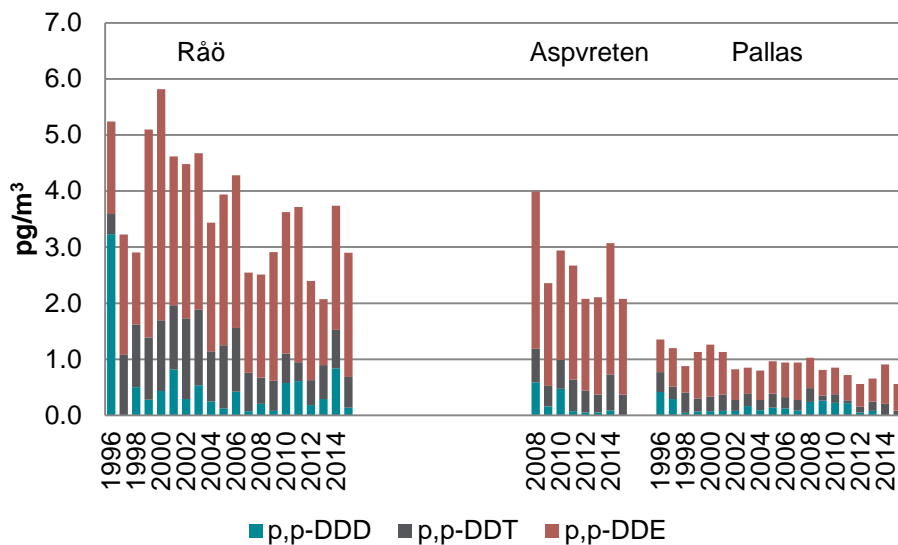


Figur 38 Årsmedelhalter av klordaner (pg/m^3) i luft vid Råö, Aspvreten och Pallas.

Depositionen av klordaner under de senaste fem åren har varit liten och har inte alltid kunnat detekteras.

Årsmedelhalten av p,p-DDE, p,p-DDT och p,p-DDD i luft vid Råö, Aspvreten och Pallas (1996 (2008)-2015) visas i Figur 39. Lufthalterna vid Råö och Aspvreten var högre jämfört med vid Pallas. p,p-DDE förekom i högsta koncentrationer och under de senaste sju åren har årsmedelhalten av p,p-DDE varierat mellan 1,2-2,8 pg/m³ vid Råö, 1,6-2,3 pg/m³ vid Aspvreten samt 0,41-0,70 pg/m³ vid Pallas. Halterna av p,p-DDD varierade under samma period mellan 0,082-0,89 pg/m³ vid Råö, <0,03-0,47 pg/m³ vid Aspvreten samt <0,03-0,26 pg/m³ vid Pallas. p,p-DDT-halten varierade mellan 0,34-0,69 pg/m³ (Råö), 0,32-0,65 pg/m³ (Aspvreten) och 0,053-0,20 pg/m³ (Pallas).

Anttila et al., (2016) visade en nedåtgående trend i koncentration av p,p-DDE och p,p-DDT i luft på cirka 2-5 % per år vid både Råö och Pallas (1996-2011).



Figur 39 Årsmedelhalter av p,p-DDE, p,p-DDT och p,p-DDD (pg/m³) vid Råö, Aspvreten och Pallas.

Dygnsdepositionen av p,p-DDE, p,p-DDT och p,p-DDD har under 2009-2015 generellt varit låg. p,p-DDD-fluxerna varierade mellan <0,01-0,034 ng/m², dygn (Råö), <0,01-0,11 ng/m², dygn (Aspvreten) och <0,01-0,054 ng/m², dygn (Pallas). p,p-DDT-fluxerna varierade mellan 0,051-0,10 ng/m², dygn (Råö), <0,01-0,12 ng/m², dygn (Aspvreten) och <0,01-0,084 ng/m², dygn (Pallas). Depositionen av p,p-DDE varierade mellan 0,051-0,18 ng/m², dygn (Råö), 0,01-0,15 ng/m², dygn (Aspvreten) och 0,014-0,044 ng/m², dygn (Pallas). Precis som i luft var depositionen i Pallas lägst jämfört med de övriga stationerna.

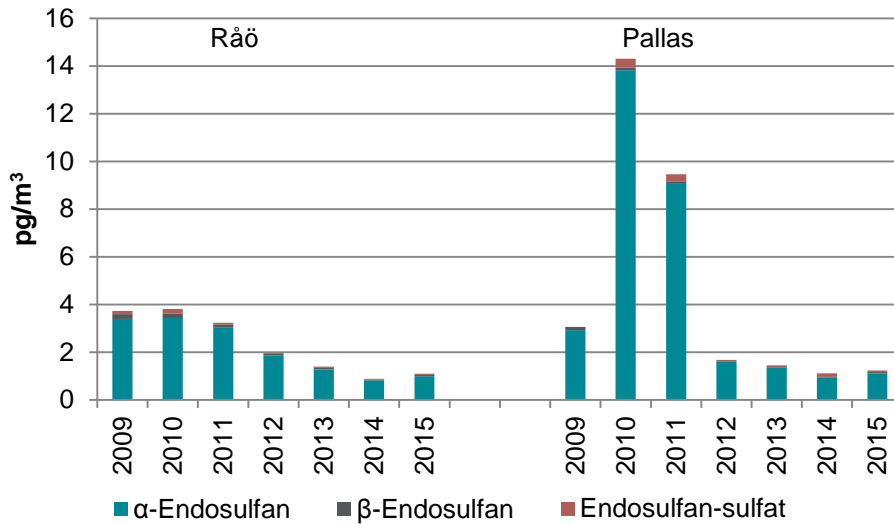
3.3.1.4.2 Endosulfan

Årsmedelhalten av α - och β -endosulfan samt endosulfan-sulfat i luft vid Råö och Pallas för åren 2009-2015 presenteras i Figur 40.

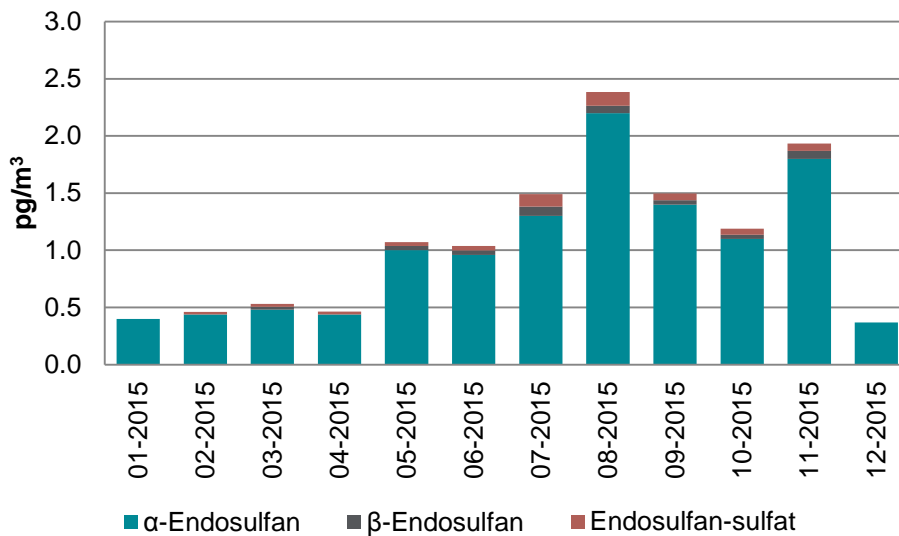
α -endosulfan uppmättes i de högsta halterna, vilka varierade mellan 0,82-3,4 pg/m³ vid Råö respektive 0,94-14 pg/m³ vid Pallas. Förhöjda halter uppmättes vid Pallas under 2010 och 2011, i övrigt indikeras minskande halter vid båda stationerna.

Ingen tydlig årstidsvariation förekom under hela mätperioden, men för 2015 var halterna högst under sommarhalvåret, se Figur 41.

Halten β -endosulfan för åren 2009-2015 varierade mellan 0,030-0,20 pg/m^3 vid Råö och <0,03-0,13 pg/m^3 vid Pallas. Halten endosulfan-sulfat varierade mellan 0,035-0,18 pg/m^3 vid Råö respektive 0,065-0,38 pg/m^3 vid Pallas.



Figur 40 Årsmedelhalten av α - och β -endosulfan samt endosulfan-sulfat (pg/m^3) i luft vid Råö och Pallas.

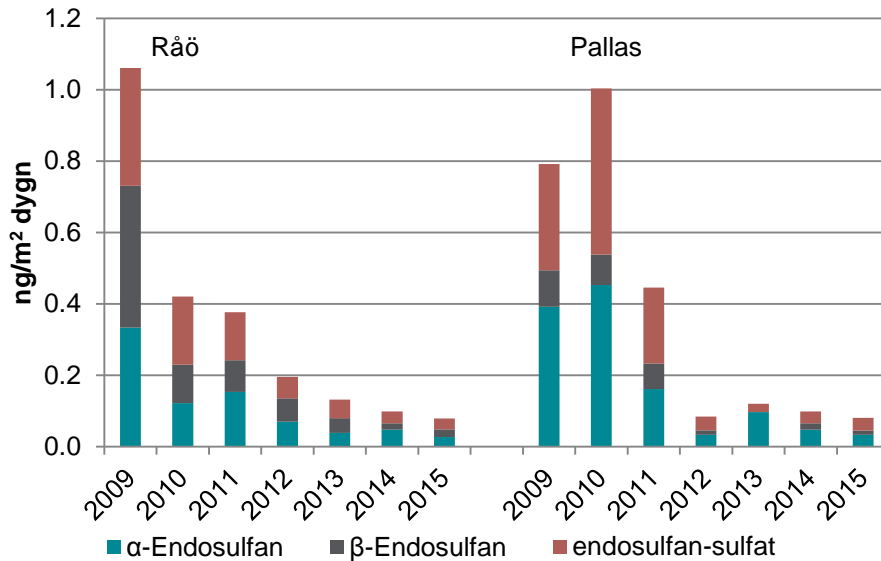


Figur 41 Årstidsvariation av α - och β -endosulfan samt endosulfan-sulfat (pg/m^3) i luft vid Råö 2015.

Depositionen av α - och β -endosulfan samt endosulfan-sulfat vid Råö och Pallas visas i Figur 42. Den relativa fördelningen mellan de olika föreningarna skilde sig från den i luft. α -endosulfan var inte lika dominant i deposition jämfört med i luft, medan endosulfan-sulfat var högre. Vid både Råö och Pallas uppmättes en lägre deposition under de senare mätåren jämfört med i början.

Under 2009-2015 var depositionen av α -endosulfan i ungefär samma nivå vid Råö (årsmedel 0,027-0,33 ng/m², dygn) och Pallas (0,033-0,45 ng/m², dygn). Depositionen av endosulfan-sulfat varierade mellan 0,030-0,33 ng/m², dygn vid Råö och 0,023-0,46 ng/m², dygn vid Pallas. Depositionen av β -endosulfan varierade mellan 0,018-0,40 ng/m², dygn vid Råö och <0,01-0,1 ng/m², dygn vid Pallas.

En viss årstidsvariation, med större deposition under sommarhalvåret, indikerades vid Råö. Säsongsvariationen var inte tydlig vid Pallas.



Figur 42 Deposition av endosulfan (ng/m², dygn) vid Råö och Pallas.

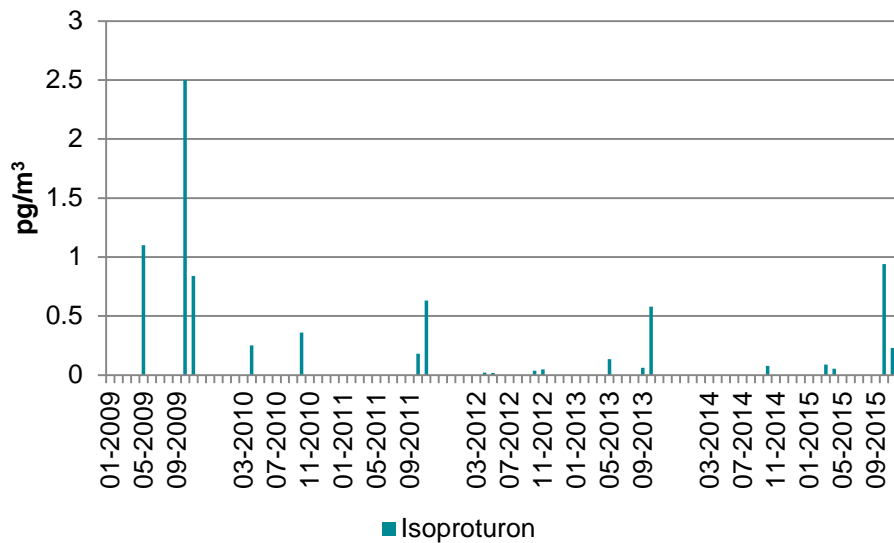
3.3.1.4.3 Aldrin, Heptaklor

Aldrin har endast detekterats i ett luftprov från Råö, augusti 2010, då 1,2 pg/m³ uppmättes. Heptaklor har hittats i två luftprover från 2010, juli och augusti, i halter på 0,80 respektive 1.2 pg/m³. I övriga prover kunde aldrin eller heptaklor inte påvisas.

Aldrin har endast detekterats i ett depositionsprov från Råö 2009-2015 (0,12 ng/m², dygn, mars 2013). Heptaklor detekterades endast i juli- och augustiprovet från 2010 (0,47 respektive 0,25 ng/m², dygn).

3.3.1.4.4 Atrazin, Diuron och Isoproturon

Pesticiderna isoproturon, diuron och atrazin har mätts i luft- och depositionsprover från Råö. Isoproturon uppmättes sporadiskt i luft då halterna varierade mellan <0,005-2,5 pg/m³, se Figur 43. De högsta halterna uppmättes under vår och höstmånader. Atrazin hittades inte i något av proverna (<0,5 pg/m³) och diuron detekterades endast i ett prov från 2009 (0,49 pg/m³).



Figur 43 Halten isoproturon (pg/m³) i luft, Råö 2009-2015.

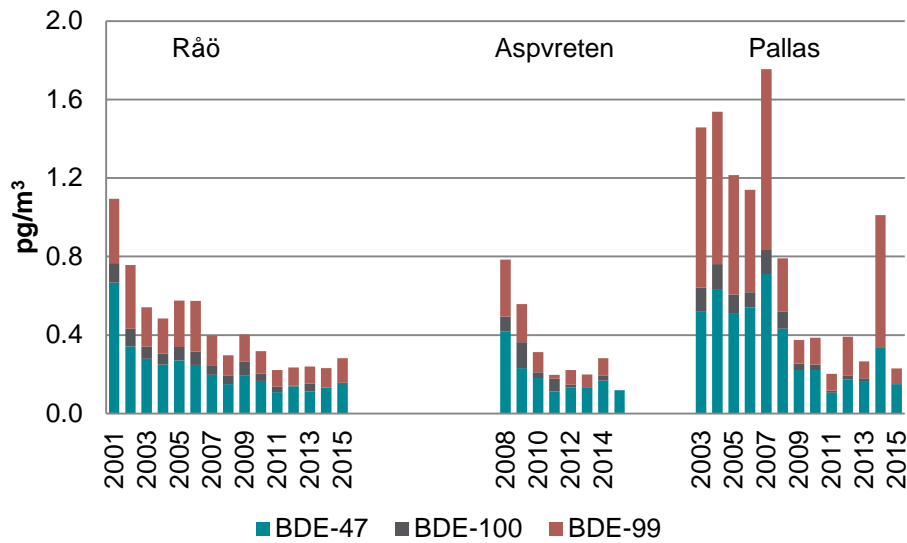
Diuron och atrazin har inte detekteras i deposition 2009-2015 (<0,1 ng/m, dygn). Isoproturon detekterades i totalt fem månadsprover (2011 och 2013) då depositionen varierade mellan 0,026-0,19 ng/m², dygn.

3.3.1.5 Bromerade flamskyddsmedel

Polybromerade difenyletrar, PBDE (47, 85, 99, 100, 153, 154 samt 209) och hexabromcyklododekan (HBCDD) har mätts i luft- och depositionsprover från Råö, Aspvreten och Pallas.

Årsmedelhalten av PBDE (BDE-47, 99, 100) i luft vid Råö, Aspvreten och Pallas visas i Figur 44. Med undantag för Pallas 2014 har halterna av BDE 47, 99 och 100 i luft minskat sedan starten av mätningar vid alla tre stationerna, vilket är ett resultat av att dessa kemikalier har förbjudits inom EU. Under de senaste sju åren har årsmedelhalterna varierat mellan 0,21-0,40 pg/m³ vid Råö, 0,12-0,56 pg/m³ vid Aspvreten och 0,20-1,0 pg/m³ vid Pallas. Mätningar av BDE- 85, 153 och 154 startade 2013. Halterna låg generellt lågt eller under kvantifieringsgränsen för analysen och detekterades endast sporadiskt. Årsmedelhalten av summa BDE85, 153, 154 varierade mellan <0,05-5,9 pg/m³ vid Råö, <0,05-1,1 pg/m³ vid Aspvreten och <0,05-0,57 pg/m³ i Pallas, och var under den perioden i samma nivå som summa BDE 47, 99 och 100 (undantaget Råö 2014 då årsmedelhalten BDE 85, 153, 154 var högre).

Halterna BDE-209 (deca-BDE) och hexabromcyklododekan (HBCDD) i luft på Råö och Pallas (2009-2015) förekom endast sporadiskt i detekterbara halter. Halten av BDE-209 varierade mellan <0,08-17 pg/m³ vid Råö och <0,08-4,7 pg/m³ vid Pallas. Halten av HBCDD i luft varierade mellan <0,05-10 pg/m³ vid Råö. HBCDD kunde inte detekteras i några av luftprover från Pallas.

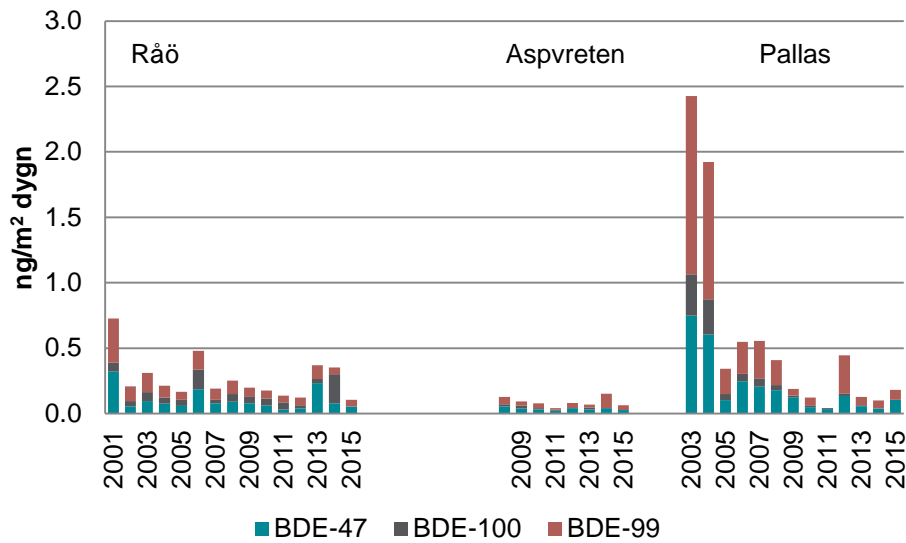


Figur 44 Årsmedelhalten av BDE (47, 99, 100) i luft vid Råö, Aspvreten och Pallas.

Depositionen av PBDE (BDE-47, 99, 100) vid Råö, Aspvreten och Pallas visas i Figur 45. 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) 2009-2015 varierade mellan 0,12-0,37 ng/m², dygn på Råö, 0,042-0,092 ng/m², dygn vid Aspvreten och 0,043-0,44 ng/m², dygn vid Pallas.

Depositionen av BDE85, 153, 154 (2013-2015) var generellt låg eller under kvantifieringsgränsen för analysen och uppmättes till <0,05-0,85 ng/m², dygn vid Råö, <0,05-0,064 ng/m², dygn vid Aspvreten samt 0,06-0,11 ng/m², dygn vid Pallas och var i samma nivå som summa BDE (47, 99, 100) under samma period.

Depositionen av BDE-209 och HBCDD på Råö och Pallas (2009-2015) varierade precis som i luft mellan olika tillfällen och detekterades endast sporadisk. Depositionen av BDE-209 varierade mellan <0,3-3,3 ng/m², dygn vid Råö och <0,3-1,8 ng/m², dygn vid Pallas, och depositionen av HBCDD varierade mellan <0,3-3,2 ng/m², dygn vid Råö. Med undantag för december 2009 (0,59 ng/m², dygn) har deposition av HBCDD inte kunnat detekteras i prover från Pallas (<0,05 ng/m², dygn).

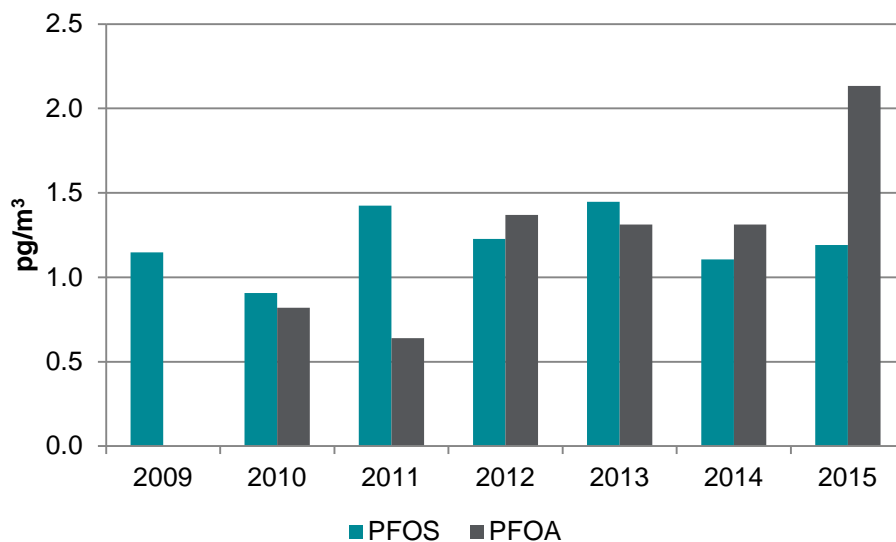


Figur 45 Deposition av BDE (47, 99, 100) (ng/m², dygn) vid Råö, Aspvreten och Pallas.

3.3.1.6 Perflourinerade ämnen (PFAS)

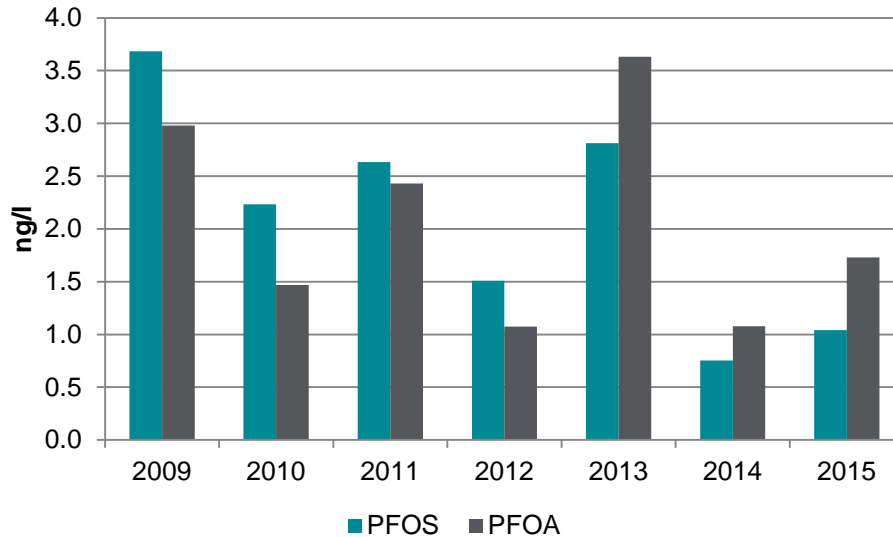
Halten perfluoroktansulfonat (PFOS) och perfluoroktansyra (PFOA) i luft vid Råö för åren 2009-2015 visas i Figur 46. Mätningarna startade i juli 2009.

Årsmedelhalten av PFOS och PFOA i luft mellan 2009-2015 varierade mellan 0,91-1,4 pg/m³ respektive 0,64-2,1 pg/m³. Resultaten från 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 46 Halten av PFOS och PFOA (pg/m³) i luft vid Råö.

Halten PFOS och PFOA i nederbörd vid Råö visas i Figur 47. Mätningarna startade i juli 2009. Årsmedelhalten av PFOS i nederbörden vid Råö från 2009 till 2015 varierade mellan 0,75-3,7 ng/l, medan PFOA varierade mellan 1,1-3,6 ng/l.



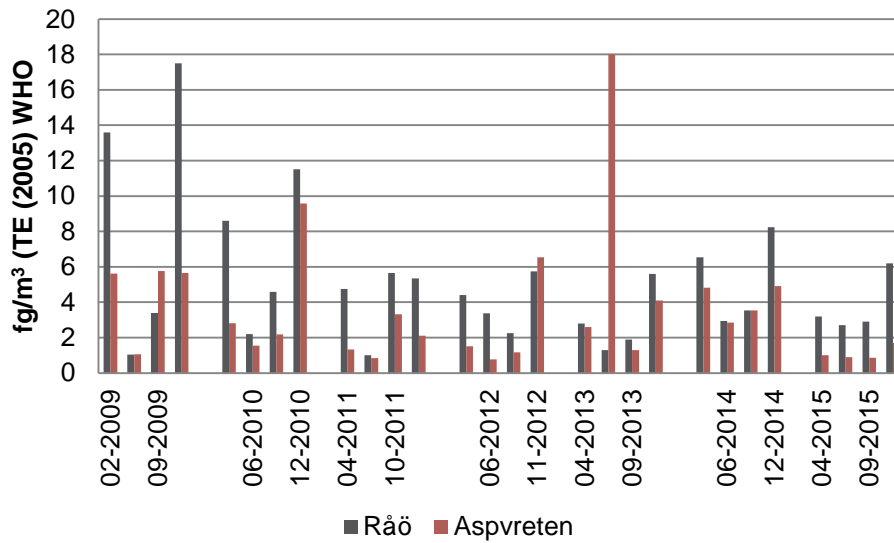
Figur 47 Halten av PFOS och PFOA (ng/l) i nederbörd vid Råö.

3.3.1.7 Polyklorerade dibensodioxiner och furaner (PCDD/PCDF)

Summa polyklorerade dibensodioxiner och furaner (PCDD/PCDF) mäts sedan 2009 i luft- och deposition vid Råö och Aspvreten under fyra månader jämnt spridda över året. Resultaten från dessa mätningar presenteras i Figur 48.

Halten av summan PCDD/PCDF på västkusten varierade för åren 2009- 2015 mellan 0,063-18 fg TEQ/m³. 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 0,043-17 fg TEQ/m³. Generellt förekom de lägsta koncentrationer vid båda stationerna under sommaren. I juni 2013 uppmättes förhöjda halter av två komponenter (2378-TCDD och 12378-PeCDD) vid Aspvreten. Dessa avvikande halter under sommarhalvåret har inte kunnat förklaras.

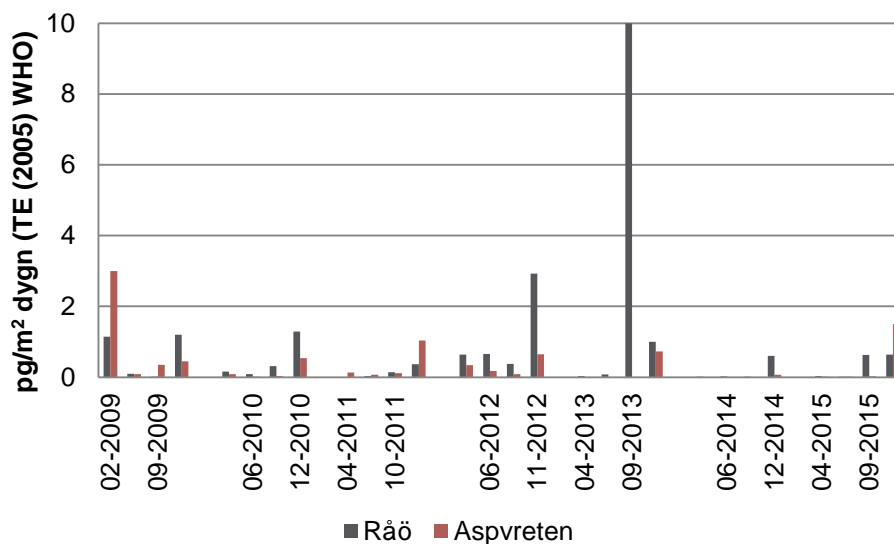
Baserat på dessa fyra mätningar per år varierade årsmedelhalten av summan PCDD/PCDF under 2009 till 2014 mellan 2,4-8,9 fg TEQ/m³ vid Råö och 1,4-5,9 fg TEQ/m³ vid Aspvreten.



Figur 48 Summa PCDD/PCDF i luft vid Råö och Aspvreten, halterna är angivna i fg TEQ/m³, (lower limit, 2378-TCDD toxicitetsekvivalenter enligt WHO-modellen).

Deposition av summan PCDD/PCDF vid Råö och Aspvreten presenteras i Figur 49. Dagnsmedeldepositionen av summa PCDD/PCDF varierade mellan 0,08 till 10 pg TEQ/m², dygn vid Råö och 0,006 till 3,0 pg TEQ/m², dygn vid Aspvreten.

Med undantag för juni 2013 vid Råö har den största 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.

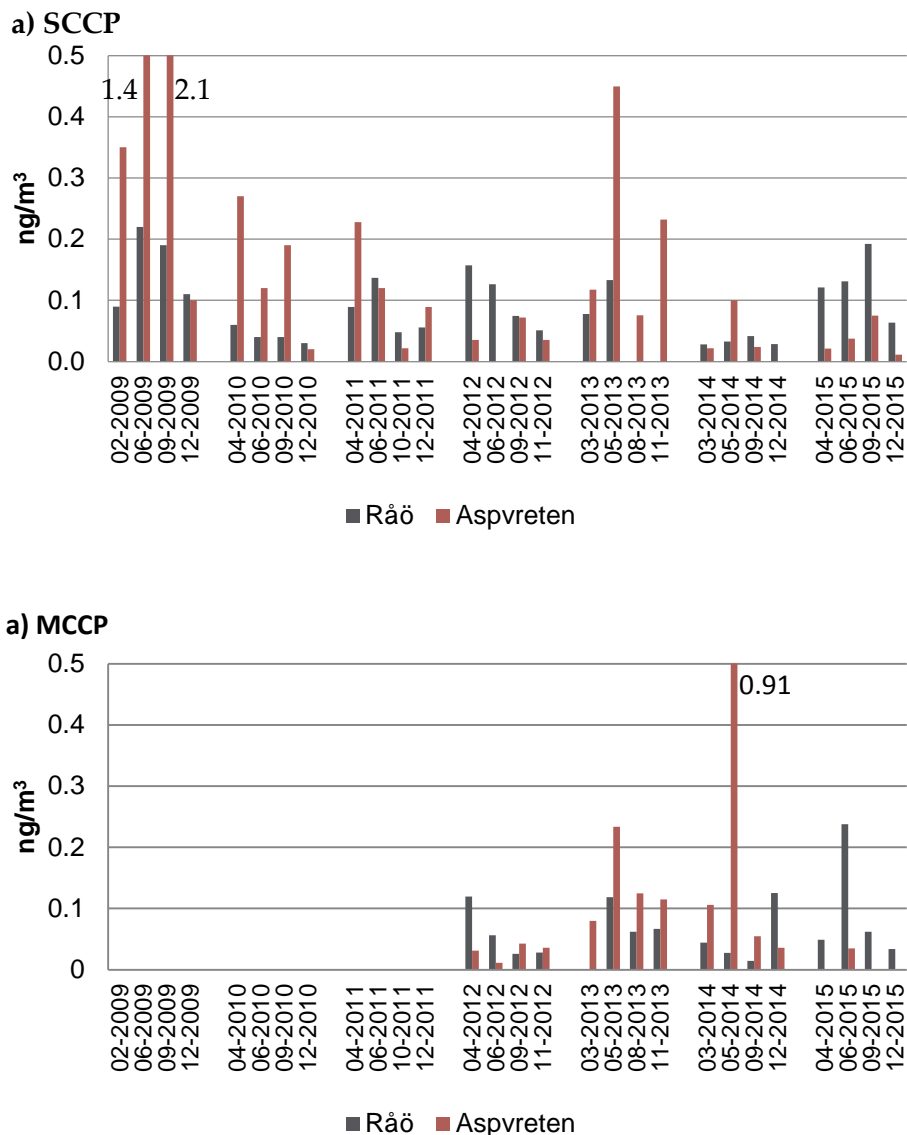


Figur 49 Deposition av PCDD/PCDF vid Råö och Aspvreten, halterna är angivna i pg TEQ/m², dygn (lower limit, 2378-TCDD toxicitetsekvivalenter enligt WHO-modellen).

3.3.1.8 Klorparaffiner

Kortkedjiga klorparaffiner, C10-13 (SCCP) mäts sedan 2009 i luft- och deposition vid Råö och Aspvreten under fyra månader jämnt spridda över året. Mediumkedjiga klorparaffiner, C14-17 (MCCP) inkluderades i mätningarna 2012.

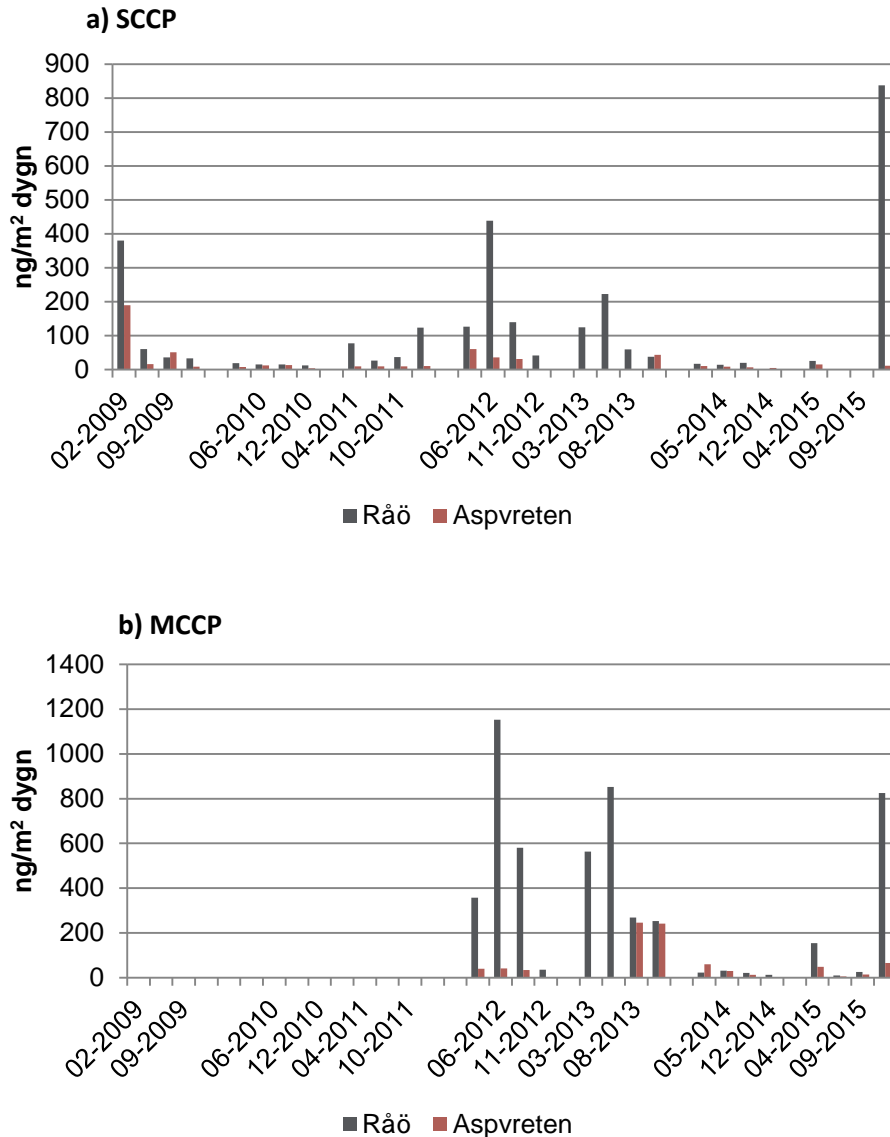
Halten SCCP och MCCP i luft vid Råö och Aspvreten presenteras i Figur 50. Halten SCCP (2009-2015) varierade mellan <math><0,06-0,22\text{ ng/m}^3</math> på Råö samt mellan <math><0,03-2,1\text{ ng/m}^3</math> vid Aspvreten. MCCP koncentrationen varierade under 2012 till 2015 mellan <math><0,06</math> till $0,024\text{ ng/m}^3$ vid Råö och <math><0,02-0,91\text{ ng/m}^3</math> vid Aspvreten. Under första året av mätningar inträffade ett par tillfällen med högre SCCP halter vid Aspvreten. Ingen tydlig årstidsvariation går att utläsa.



Figur 50 Halten av a) SCCP och b) MCCP (ng/m³) i luft vid Råö och Aspvreten.

Depositionen av SCCP och MCCP mellan 2009 (2012) till 2015 varierade stort mellan olika månader vid såväl Råö som Aspvreten, vilket visas i Figur 51. Depositionen av SCCP varierade

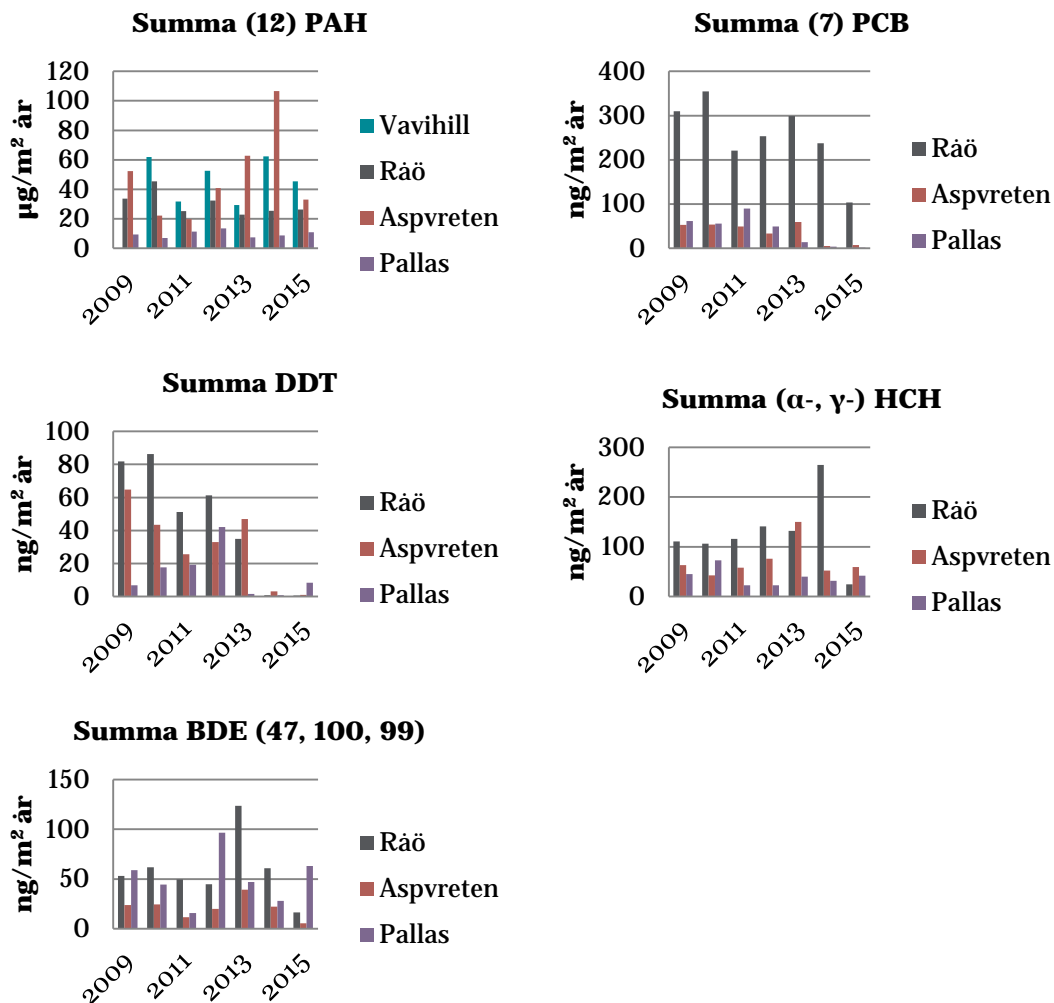
mellan <5 till 840 ng/m², dygn vid Råö och mellan <5 till 190 ng/m², dygn vid Aspvreten. Depositionen av MCCP (2012-2015), varierade mellan 11 till 1150 ng/m², dygn vid Råö och mellan 5,5 till 250 ng/m², dygn vid Aspvreten. Den största depositionen av SCCP uppmättes i december 2015.



Figur 51 Deposition av a) SCCP och b) MCCP (ng/m², dygn) vid Råö och Aspvreten. Observera olika skalor på y-axeln.

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 2015 presenteras i Figur 52. Depositionen av klordaner under de senaste åren har varit liten och har inte alltid kunnat detekteras. Dessa presenteras därför inte i figuren nedan.



Figur 52 Uppskattad årlig deposition ($\text{ng/m}^2 \text{ år}$) av summa PAH (12), PCB (7), DDT (DDE, DDT, DDD), HCH samt BDE (47, 99, 100) för åren 2009-2015.

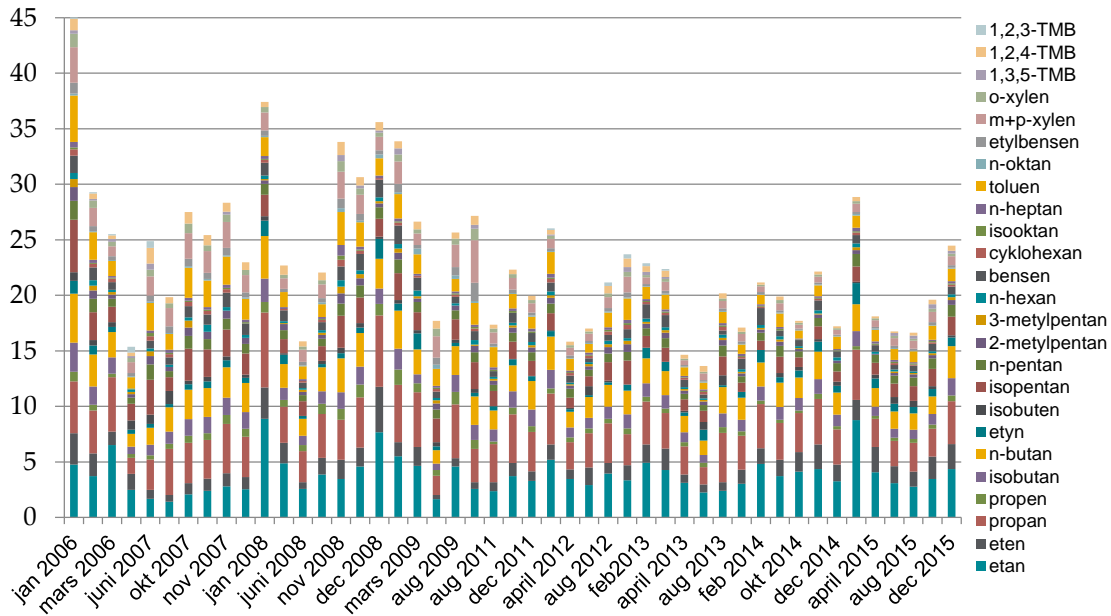
3.3.2 Volatila organiska ämnen (VOC)

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. Under 2014 var på grund av instrumentproblem huvuddelen av mätningarna förlagda till det senare halvåret.

De summerade medelhalterna av uppmätta VOC för mätperioden respektive månad finns redovisade i Figur 53. För de flesta månaderna baserar sig medelhalterna på timmedelvärden uppmätta under en vecka av månaden.

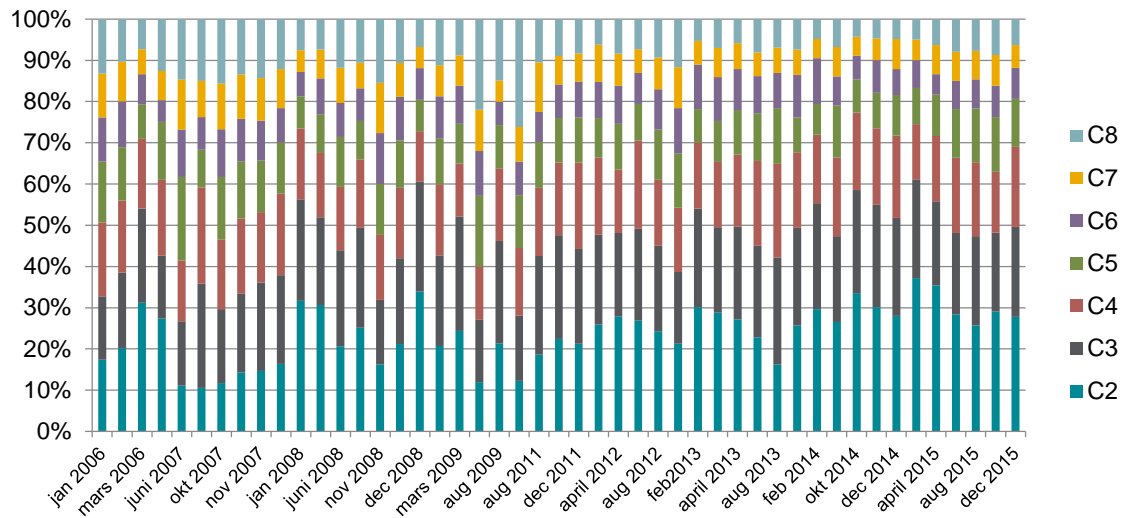
VOC-halterna är för de flesta VOC högst under november till mars, d.v.s. under den kallaste tiden av året, medan de lägsta halterna återfinns under juni till oktober. Orsakerna till denna

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.



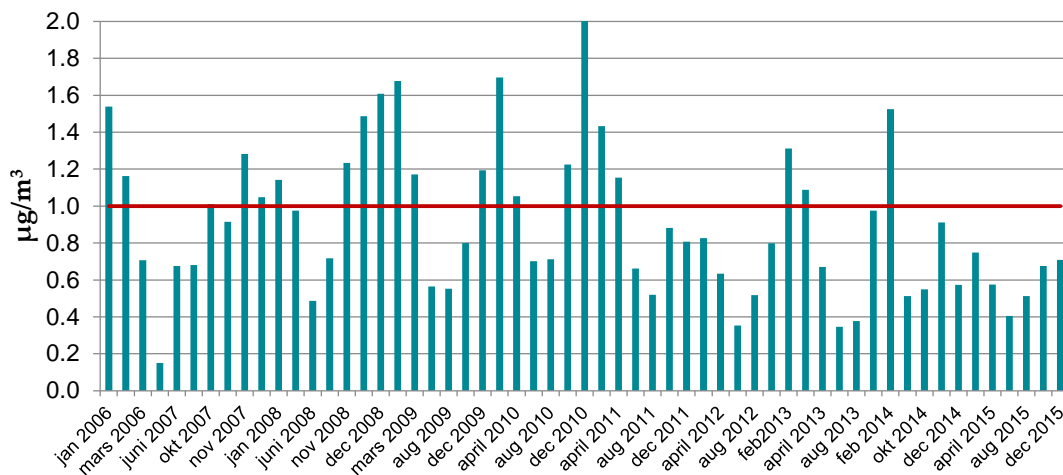
Figur 53 Uppmätta timmedelvärden av VOC i urban bakgrundsluft i Göteborg aggregerade som veckovisa periodmedelvärden. Halterna är angivna i $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Under november 2007, december 2008 och februari 2013 utfördes två veckolånga mätperioder som därmed visas med samma namn i tabellen. Mätningen i februari 2014 ersätter en mätning under hösten/vintern 2013 då mätstationen reoverades.

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 54. 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 (C2-3) är cirka 30-50 % och andelen C4-kolväten 15-20 % medan C5-, C6- och C7-kolvätena står för cirka 10 % vardera av summan av de kolväten som uppmätts över rapporteringsgräns.



Figur 54 Fördelning av uppmätta VOC i urban bakgrundsluft i Göteborg baserat på antal kolatomer för veckomedelhalter 2006-2015.

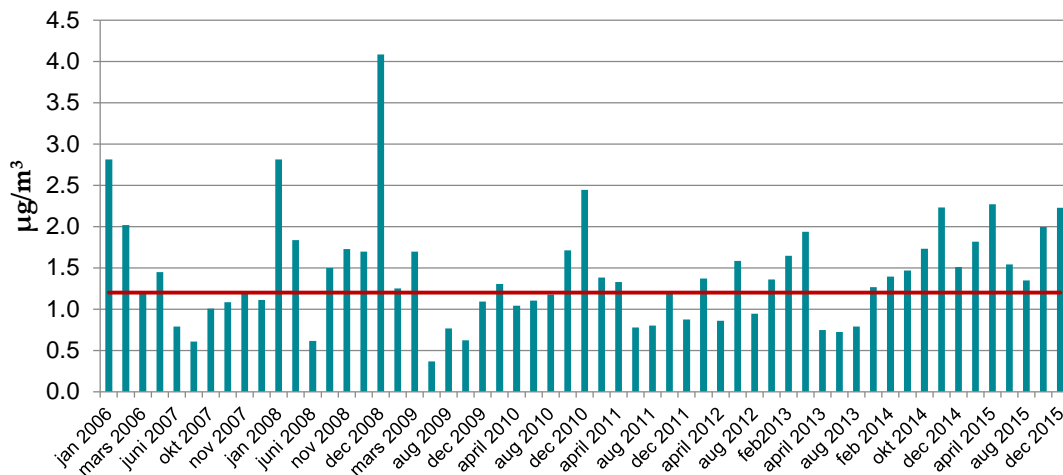
MKN för bensen är $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som ett aritmetiskt årsmedelvärde som inte skall överskridas från år 2010. Med ledning av veckomedel av uppmätta bensenhalter, Figur 55, bedöms att MKN sannolikt inte överskrids på mätplatsen, åtminstone inte i taknivå där VOC-mätningarna utförts.



Figur 55 Timmedelvärden av bensen i urban bakgrundsluft i Göteborg aggregerade som veckomedelvärden visade månadsvis. Den röda linjen visar det nationella miljömålet för bensen på $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som ett årsmedelvärde. Halterna är angivna i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

För bensen och 1,3-butadien finns nationella preciseringar av miljö kvalitetsmålen avseende årsmedelvärden för bensen ($1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) och butadien ($0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Miljödepartementet, 2012). Under samtliga mätveckor 2006-2015 var uppmätta veckomedel av 1,3-butadienhalterna lägre än $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, medan 23 av 58 periodmedelvärden av bensen överskred $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se Figur 55.

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 finns hälsobaserat nivågränsvärde på $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (IMM-rapport, 1992 a). Periodmedelhalter av eten visas i Figur 56. För eten uppnår eller överskrider 35 av 58 periodmedelvärden nivågränsvärdet ($1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

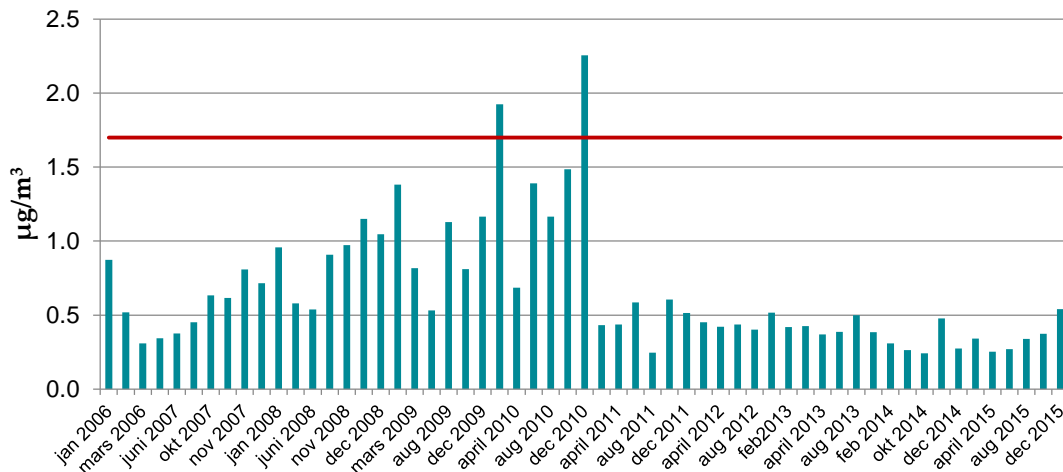


Figur 56 Uppmätta timmedelvärden av eten i urban bakgrundsluft i Göteborg aggregerade som veckomedelvärden visade månadsvis. Den röda linjen visar den medicinska lågrisknivån för eten på $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som livstidsexponering. Halterna är angivna i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Medelvärdet av drygt 6000 timmedelhalter fördelade över årstiderna från 2009-2015 var för eten $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, bensen $0,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och propen $0,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vilket indikerar att det finns risk att miljömålet för bensen och den medicinska lågrisknivån för eten överskrids. För bensen har det under 2014-2015 varit färre veckomedelhalter över $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, och medel av uppmätta timmedelhalter var för denna period $0,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$, alltså lägre än för hela perioden från 2009.

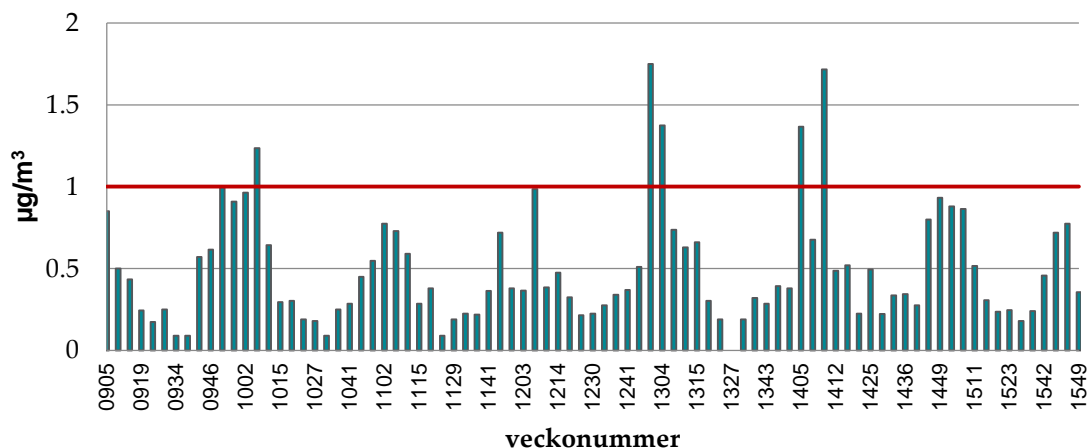
I Figur 56 kan man se en viss ökning av veckomedelhalterna av eten under de senaste mätperioderna. Ökningen bekräftas av att medelhalten av eten för de nästan 1300 timmedelhalter som uppmätts under 2014 och 2015 var $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ jämfört med $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ åren 2009-2013.

För propen finns ett hälsobaserat nivågränsvärde angivet som ett intervall; $1,7-17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (IMM-rapport, 1992 b). Veckomedelhalter av propen visas i Figur 57. För propen uppnår eller överskrider endast 2 av 58 periodmedelvärden nivågränsvärdet. Från 2011 är halterna betydligt lägre än innan, men anledningen till detta är oklar.



Figur 57 Uppmätta timmedelvärden av propen i urban bakgrundsluft i Göteborg aggregerade som veckomedelvärden visade månadsvis. Den röda linjen visar nedre gräns för intervallet av den medicinska lågrisknivån för propen på 1,7 µg/m³ som livstidsexponering. Halterna är angivna i µg/m³.

I Figur 58 visas bensenhalter vid bakgrundsstationen Råö uppmätta med diffusiv veckoprovtagning, en vecka per månad under 2009-2015. 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 under vintersäsongen än under sommaren. Av 85 uppmätta veckomedelhalter av bensen var det endast fem som var 1 µg/m³ eller högre, vilket indikerar att det nationella miljömålet inte överskreds vid Råö 2009-2015.

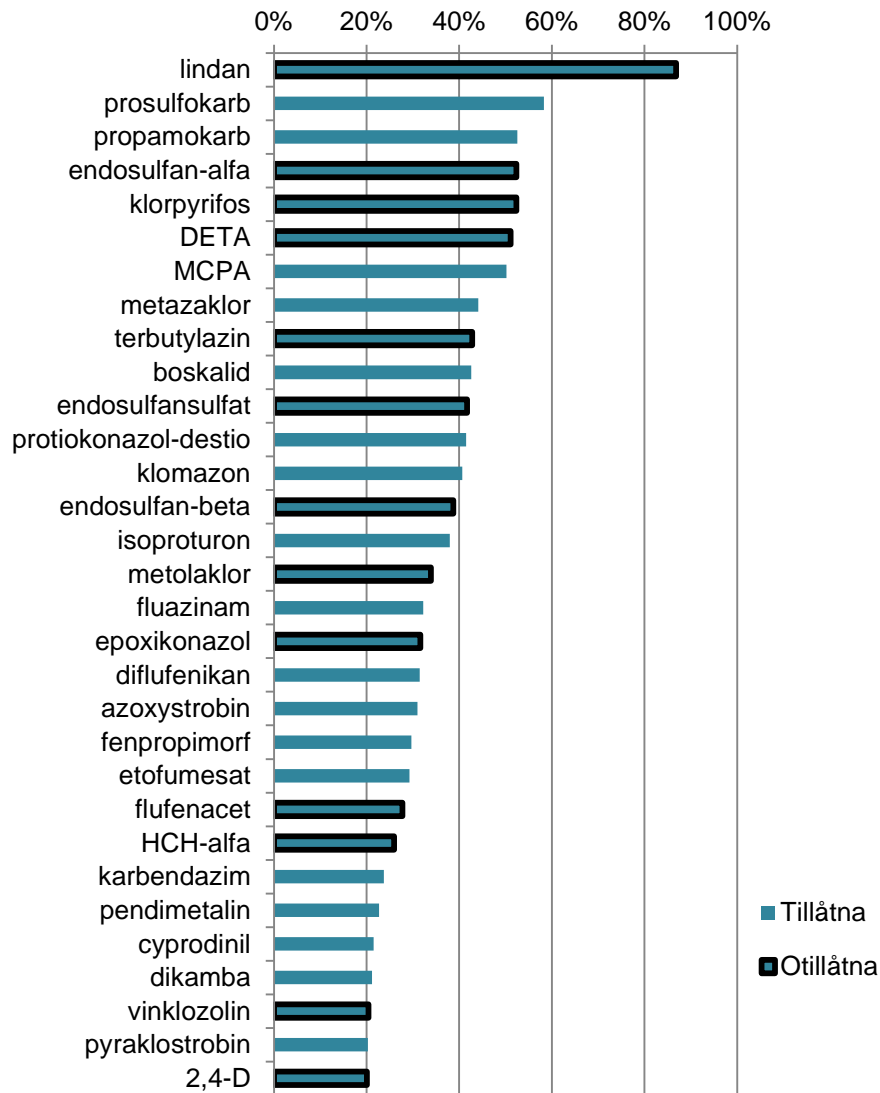


Figur 58 Veckomedelhalter av bensen uppmätta vid Råö. Den röda linjen visar det nationella miljömålet för bensen på 1 µg/m³ som ett årsmedelvärde. Halterna är angivna i µg/m³.

3.3.3 Pesticider i luft och nederbörd

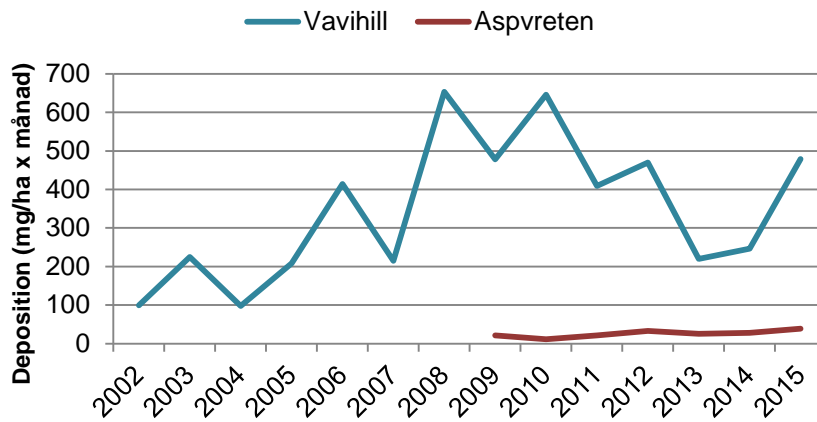
Pesticider (växtskyddsmedel) i nederbörd har mätts mellan 2002-2015 i Vavihill, Skåne, och mellan 2009-2015 i Aspvreten, Södermanland. Under dessa år har pesticider regelbundet påträffats i halter i spannet 0,001-0,1 µg/l, med högsta uppmätta halt på 3,8 µg/l (prosulfokarb) i Vavihill och 0,072 µg/l (terbutylazin-desetyl, DETA) i Aspvreten för en enskild substans. Förutom generellt högre halter påträffas också fler substanser i nederbördsproverna från Vavihill, totalt 98 olika substanser jämfört med 47 i Aspvreten, av de totalt 150 substanser som analyserats under hela eller delar av perioden 2002-2015. 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 har varit förbjudna under hela eller större delen av perioden, i Sverige. Av de 31 substanser som påträffats i mer än 20 % av proverna från Vavihill har 12 substanser varit förbjudna under hela eller delar av perioden 2002-2015 (Figur 59). Motsvarande siffra för Aspvreten är 6 förbjudna av de 12 substanser som påträffats i fler än 20 % av proverna. Vilka substanser som påträffats 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 (γ -HCH), som återfinns i nästan nio av tio prov, trots att den varit förbjuden som växtskyddsmedel i Sverige i drygt 25 år och inom EU i ca 15 år. Halten av lindan har som mest varit 0,008 µg/l nederbörd från Vavihill, vilket är lägre än till exempel riktvärdet för ytvatten (0,02 µg/l; som anger högsta halten av en substans då inga skador på akvatisk miljö kan förväntas). Lindan har också påträffats i 60 % av proverna från Aspvreten, följt av endosulfansulfat som påträffats i cirka 50 % av proverna. Högsta halten av lindan som påträffats i prover från Aspvreten är 0,0009 µg/l. 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 påträffats i depositionen är förbjudna i Sverige, och i vissa fall inom EU, vilket visar på en fortsatt gränsöverskridande atmosfärisk transport av pesticider från kontinenten, eller i vissa fall ännu mer långväga.



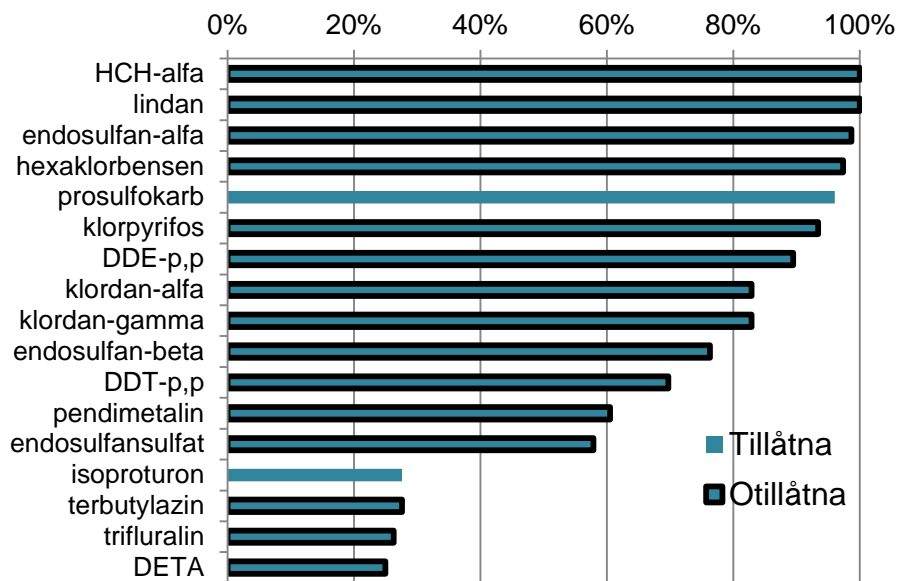
Figur 59 Fyndfrekvens (andel prov med fynd) för de vanligast förekommande pesticiderna i nederbörd från Vavihill 2002-2015 (ex. lindan har återfunnits i 86 % av nederbördsproverna). Staplar med svart ram anger de substanser, inklusive nedbrytningsprodukter till vissa av dessa, som inte varit tillåtna att användas inom jordbruket i Sverige under hela eller huvuddelen av tidsperioden.

Den sammanlagda depositionen vid Vavihill har varierat mellan 100 och 650 mg/ha, månad (motsvarande 10-65 µg/m², mån), under 2002-2015 räknat som månadsmedel för maj, juni och oktober (Figur 60). Aspvreten har haft betydligt lägre deposition, mellan 11 och 39 mg/ha, månad under 2009-2015 för samma månader. Under 2013 och 2014 var depositionen vid Vavihill förhållandevis lägre än de fem tidigare åren (ca 200 mg/ha, mån), men under 2015 ökade deposition åter till 479 mg/ha, mån. Depositionen i Aspvreten har hållit sig förhållandevis jämn över åren. 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.



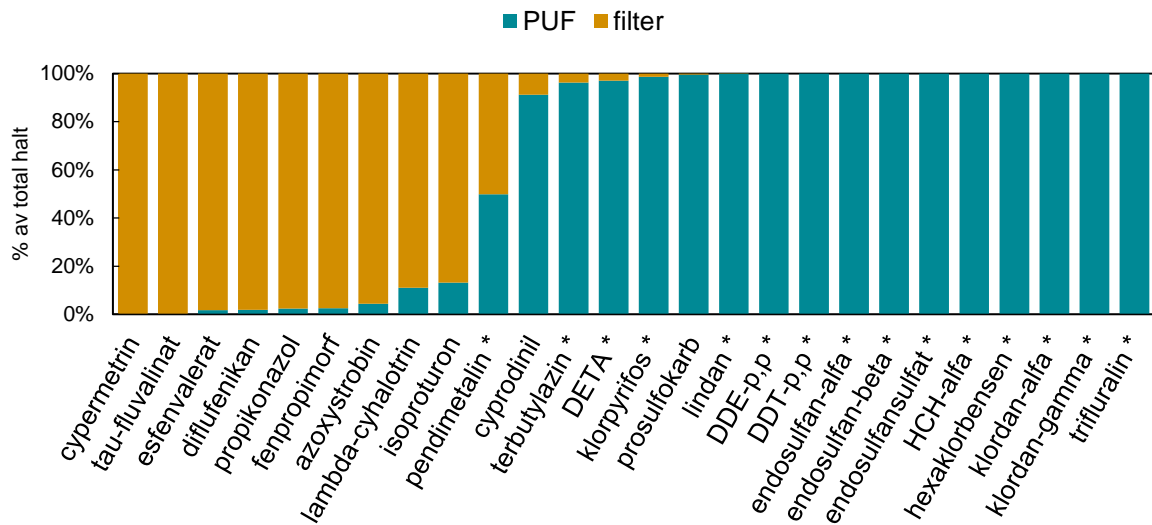
Figur 60 Genomsnittlig månadsdeposition (mg/ha, månad) av summa pesticider för maj, juni och oktober för Vavihill, Skåne, 2002-2015 och Aspvreten, Södermanland, 2009-2015.

Resultaten från luftprovtagningen (2009-2015) vid Vavihill visar att många av de pesticider som detekteras i depositionen även återfinns i luften (Figur 61). Totalt har mellan 15 och 37 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 ng/m³ luft i ett prov (fem dygn) hösten 2010. Fördelningen av vilka substanser och hur ofta de påträffas i luft respektive nederbörd är delvis beroende av hur de transporteras i atmosfären, men också av i vilka halter de förekommer. Varje luftprov representerar stora volymer luft (ca 3 500 m³ 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 i nederbördsproverna.



Figur 61 Fyndfrekvens (andel prov med fynd) för de vanligaste förekommande pesticiderna i luft från Vavilhill 2009-2015. Staplar med svart ram anger de substanser, inklusive nedbrytningsprodukter till vissa av dessa, som inte varit tillåtna att användas inom jordbruket i Sverige under större delen av tidsperioden.

Inom ett specialprojekt har analyser genomförts även av det glasfiberfilter som sitter monterat framför PUF-adsorbenten i samma kassett. Projektet syftade till att studera om det finns bekämpningsmedel som transporteras i luften bundna till partiklar och som därmed fångas upp av filtret innan de når adsorbenten. Resultaten visar att filtret fångar upp en större andel av de substanser som idag är tillåtna för användning, både inom Sverige och EU, än vad som påträffas i PUF-adsorbenten, se Figur 62. Sammantaget visade specialprojektet att det framöver vore angeläget att inkludera analyser även av filtermaterialet inom den löpande luftövervakningen.



Figur 62 Fördelning av påträffade substanser mellan filter och adsorbent (PUF) för de vanligast förekommande pesticiderna i luft inom ett specialprojekt 2010-2012 och 2014-2015. Substanser och dess nedbrytningsprodukter markerade * var inte tillåtna för användning inom jordbruket i Sverige under större delen av provtagningsperioden. Störst antal substanser påträffas i adsorbenten, varav de flesta är förbjudna. De nio pesticider som enbart eller i stor utsträckning påträffas som partikelbundna i filtret är sådana som har varit godkända för användning under provtagningsperioden (isoproturon dock ej godkänd under 2015).

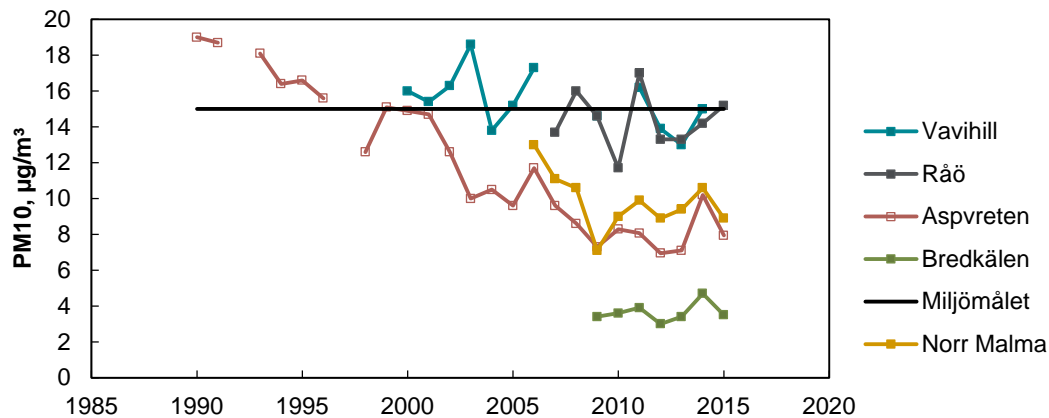
3.4 Partiklar

3.4.1 PM₁₀ och PM_{2.5}

I Figur 63 och Figur 64 redovisas årsmedelvärdena av PM₁₀ och PM_{2.5} i bakgrundsluft vid ett antal bakgrundsstationer. Vid Aspvreten och Vavihill har mätningar av PM₁₀ och PM_{2.5} gjorts sedan 1990 resp. 2000. PM_{2.5}-mätningarna vid Aspvreten startade 1998. Mätningarna vid Råö och Bredkålen startades 2007 resp. 2009. Mätdata från Stockholms stads mätstation Norr Malma i närheten av Norrtälje med mätstart 2006 redovisas också här.

Koncentrationen av PM₁₀ är idag i stort sett lika hög som miljö kvalitetsmålet för årsmedelvärdet på Vavihill och Råö, d.v.s. runt 15 µg/m³. På stationerna längre öster- och norrut - Aspvreten, Norr Malma och Bredkålen - är koncentrationerna lägre. Vid Aspvreten (Södermanland) och Norr Malma (Uppland) är halten 8 - 10 µg/m³; 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.

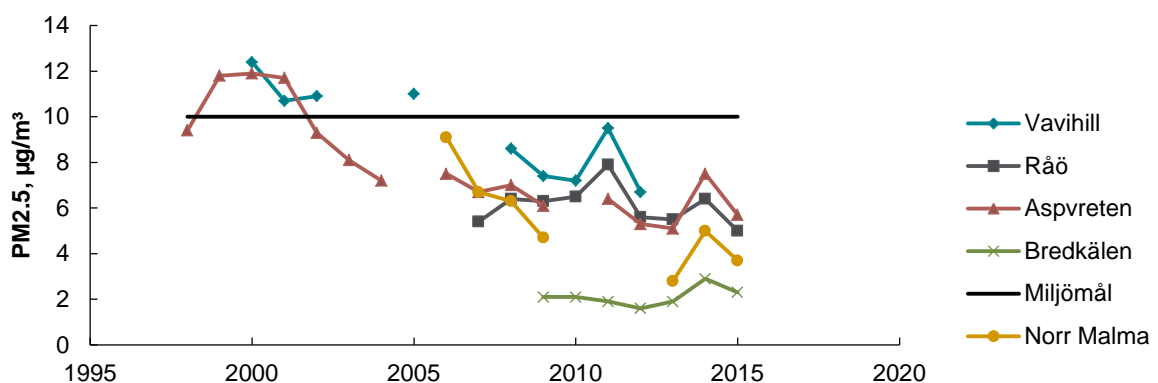
Vid Aspvreten har årsmedelvärdet av PM₁₀ sjunkit från nästan 20 µg/m³ i början av 1990-talet till under 10 i dag. Den största minskningen skedde under 1990-talet. Det finns ingen tydlig trend vid Vavihill sedan år 2000. Mätningarna vid Råö och Bredkålen har pågått under så kort tid så att det är svårt att uttala sig om någon trend.



Figur 63 Årsmedelvärden av PM₁₀ (µg/m³) vid svenska bakgrundsstationer 1990 – 2015.

Miljökvalitetsmålet för årsmedelvärdet av PM_{2.5} klaras idag vid alla svenska bakgrundsstationer. Vid Vavihill är årsmedelvärdet 7 - 9 µg/m³ idag, se Figur 64. Observera att Vavihill-data fattas för 2014 och 2015. Vid Råö och Aspvreten är halten något lägre, 6 - 7 µg/m³. I Norr Malma är halten runt 4 - 5 och i Bredkålen i Jämtland betydligt lägre, 2 - 3 µg/m³.

Trenden för PM_{2.5} vid Aspvreten sedan 1998, se Figur 64, överensstämmer väl med den för PM₁₀ på samma station. Årsmedelvärdet har sjunkit från 11 - 12 µg/m³ 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, d.v.s. ingen trend syns efter år 2005.

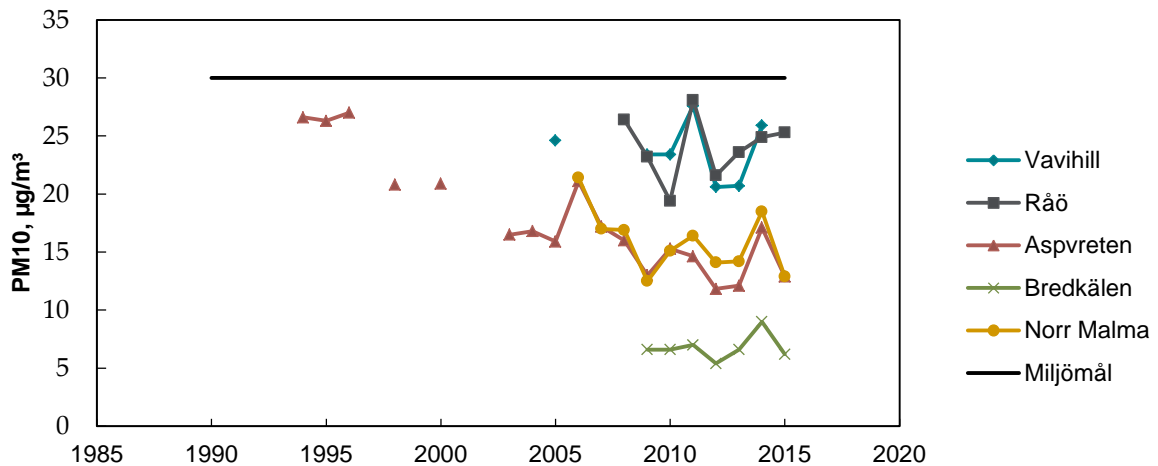


Figur 64 Årsmedelvärden av PM_{2.5} (µg/m³) vid svenska bakgrundsstationer 1998 – 2015.

För både PM₁₀ och PM_{2.5} finns förutom miljökvalitetsmålet för årsmedelvärde även ett för dygnsmedelvärden. För PM₁₀ får dygnsmedelvärdet överskrida 30 µg/m³ högst 36 gånger per

år, vilket motsvarar 90-percentilen. För $PM_{2.5}$ är miljö kvalitetsmålet att dygnsmedelvärdet får överskrida $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ högst 3 gånger under ett år. Detta motsvarar 99-percentilen.

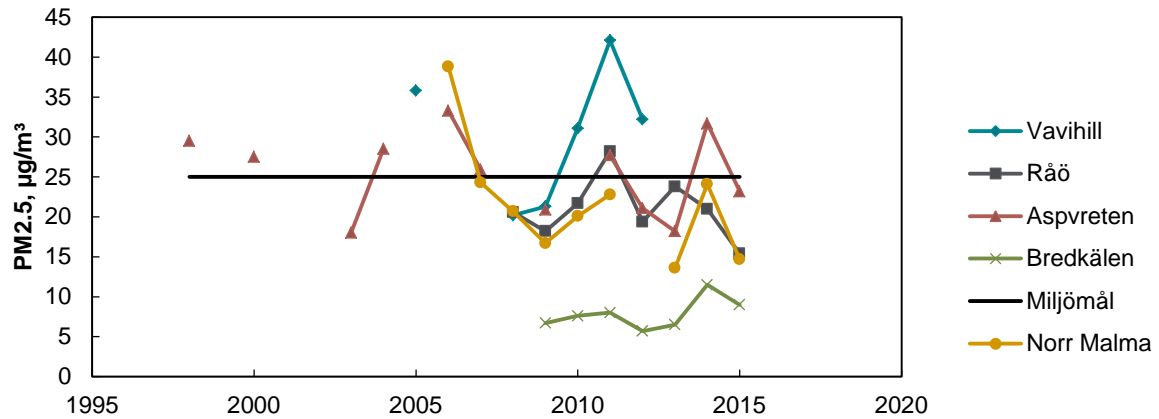
Miljö kvalitetsmålet för PM_{10} -dygnsvärden uppfylls på alla stationer, se Figur 65. Vid Vavihill och Råö är 90-percentilen runt $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och vid stationerna i övriga delar av landet betydligt lägre. Vid Aspvreten kan man också se att 90-percentilen sjunkit från strax över 25 till runt $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sedan början av 1990-talet. Sen början av 2000-talet finns det ingen tydlig trend vid någon station.



Figur 65 90-percentil av dygnsmedelvärden av PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid svenska bakgrundsstationer 1990 - 2015.

Miljö kvalitetsmålet för dygnsvärdena av $PM_{2.5}$ uppfylls däremot inte alla år, se Figur 66. Det är bara vid Bredkålen i Jämtland som målet säkert nås varje år. Miljö kvalitetsmålet formuleras, högst tre dygn per år över $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, gör också målet väldigt känsligt för vädrets variationer mellan åren. Det räcker med ett par tillfällen under året med transport av förorenad luft från kontinenten för att målet ska överskridas i södra Sverige. Antalet sådana tillfällen kan variera betydligt mellan åren beroende på meteorologin.

Under 2014 observerades relativt höga koncentrationer av både PM₁₀ och PM_{2.5}. Detta gäller på nästan alla stationer.



Figur 66 99-percentil av dygnsmedelvärden av PM_{2.5} (µg/m³) på svenska bakgrundsstationer 1998 – 2015.

3.4.2 Partikelbundna organiska ämnen och sot

3.4.2.1 Partikelbundna organiska ämnen

Mätningarna av partikelbundna organiska ämnen 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.

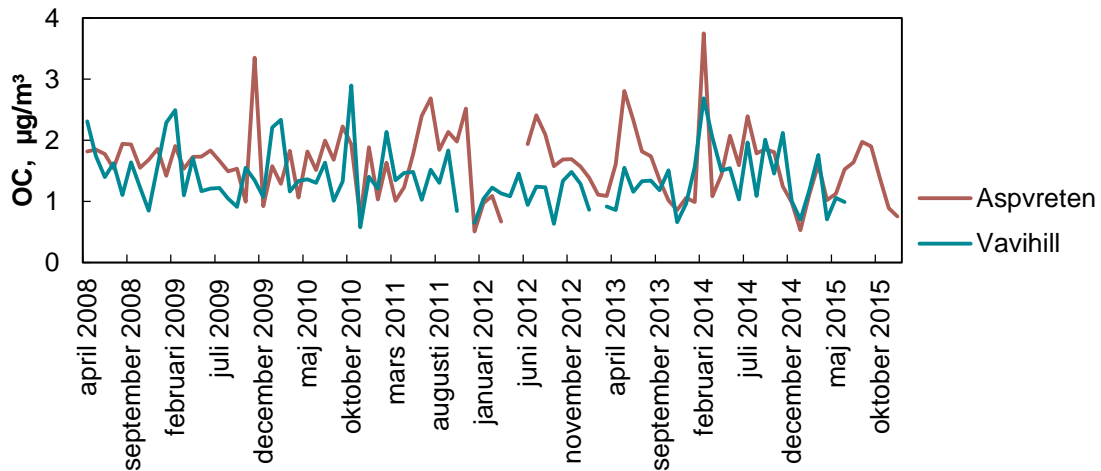
Under perioden april 2008 – december 2015 varierade månadsmedelvärdena av partikelbundet organiskt kol, OC, i allmänhet mellan 0,5 och 3,5 µg/m³, se Figur 67. För hela perioden var medelvärdet på Aspvreten 1,6 och på Vavihill 1,3 µg/m³. Under perioden har halterna varit i stort sett oförändrade.

Under episoder kan halten vara betydligt högre. Vid Aspvreten var det högsta uppmätta dygnsmedelvärdet 12,3 µg/m³. Halterna kan variera kraftigt, det lägsta uppmätta dygnsmedelvärdet vid Aspvreten var 0,2 µg/m³; 60 gånger lägre än det högsta.

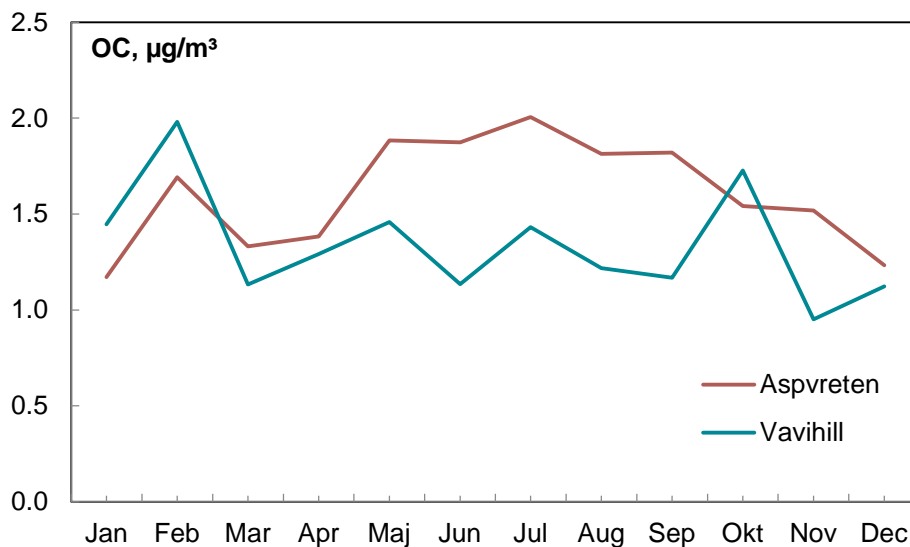
Vid Aspvreten är koncentrationen av OC något högre under sommaren, se Figur 68. Detta kan bero på utsläpp från växtligheten. På Vavihill syns inte samma variation.

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 – 2015 var mellan 2 och 3 µg/m³.

Organiska ämnen, OM, finns mestadels bundet till de små partiklarna, dvs. PM_{2.5}. Vid Aspvreten och Vavihill var årsmedelvärdet av PM_{2.5} mellan 6 och 9 µg/m³ under 2008 -2015. Det innebär att OM utgör mellan 20 – 50 % av PM_{2.5} vid dessa stationer.



Figur 67 Partikelbundet organiskt kol, OC (µg/m³), vid Vavihill och Aspvreten. Månadsmedelvärden april 2008 - december 2015.



Figur 68 Partikelbundet organiskt kol, OC (µg/m³), vid Vavihill och Aspvreten. Årsvariation, månadsmedelvärden.

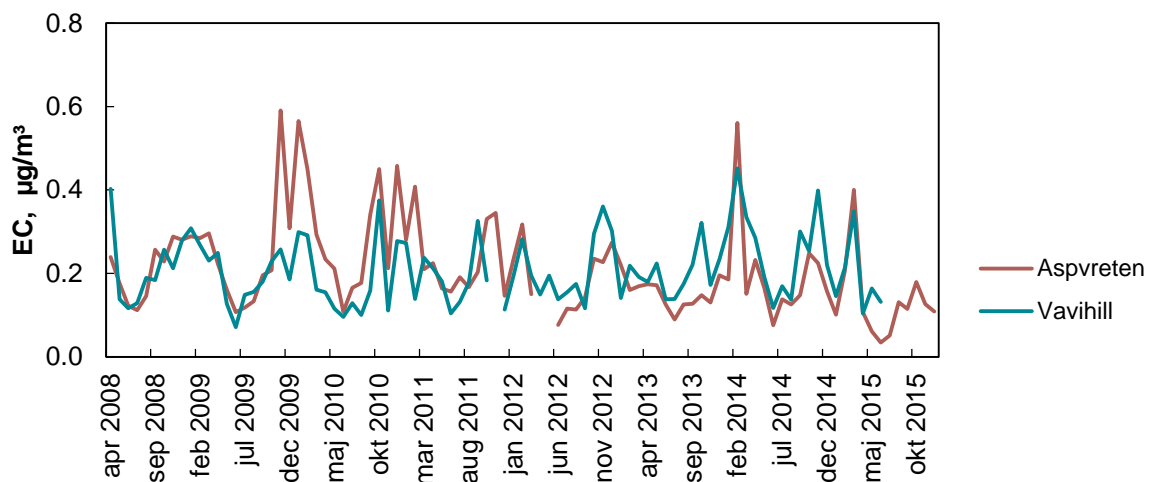
3.4.2.2 Sot

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. ljusreflektion) 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 och 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 PM₁₀-fraktionen som mäts.

Månadsmedelvärdena av partikelbundet elementärt kol (EC) vid Vavihill och Aspvreten under perioden 2008 t.o.m. 2015 visas i Figur 69. 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 0,22 och 0,21 µg/m³ på Aspvreten respektive Vavihill.

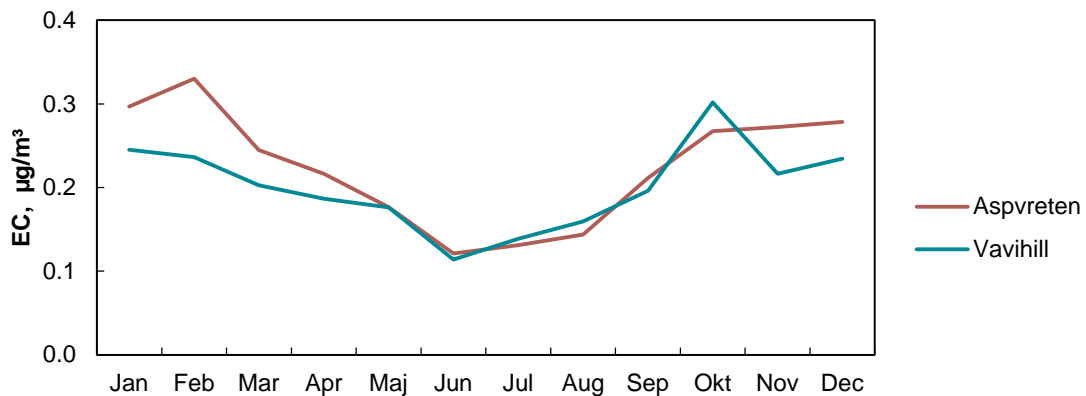


Figur 69 Partikelbundet elementärt kol, EC (µg/m³), vid Vavihill och Aspvreten. Månadsmedelvärden april 2008 - december 2015.

Vid Aspvreten, där mätningar gjorts var tredje dag, var det högsta dygnsmedelvärdet 1,7 µg/m³, det lägsta 0,02, d.v.s. cirka 80 gånger lägre.

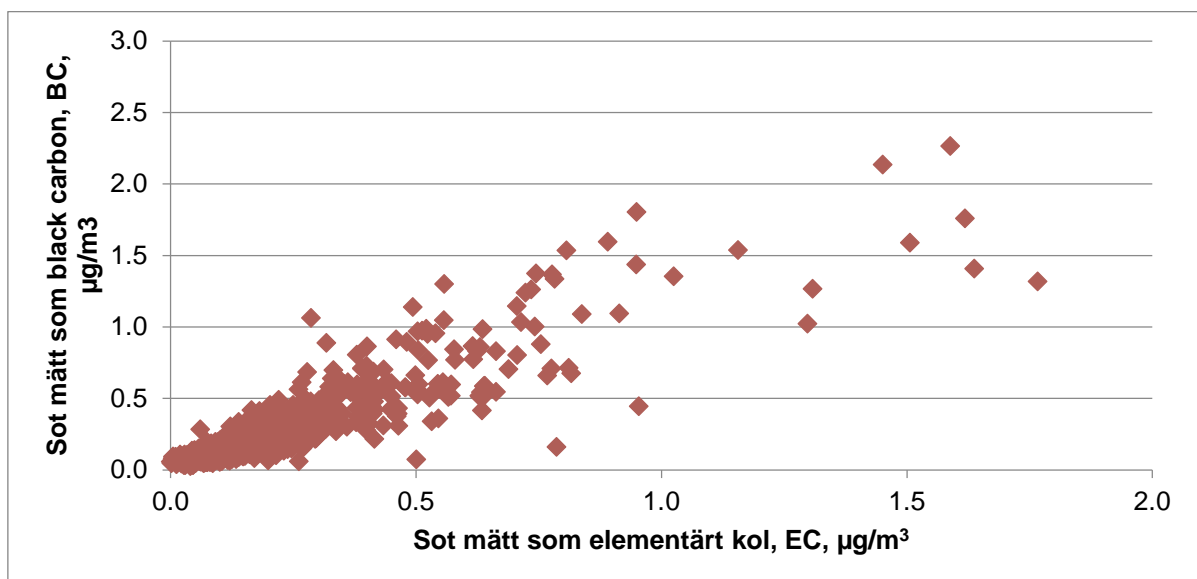
Koncentrationerna av elementärt partikelbundet kol är betydligt högre under vinterhalvåret än under sommaren, se Figur 70

Orsaken till de högre halterna under den kalla årstiden är att den främsta källan till sot är förbränningen av fossila bränslen, som t.ex. kol och olja, ökar i hela Europa under den kalla årstiden.



Figur 70 Partikelbundet elementärt kol, EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), vid Vavihill och Aspvreten. Årsvariation, månadsmedelvärden.

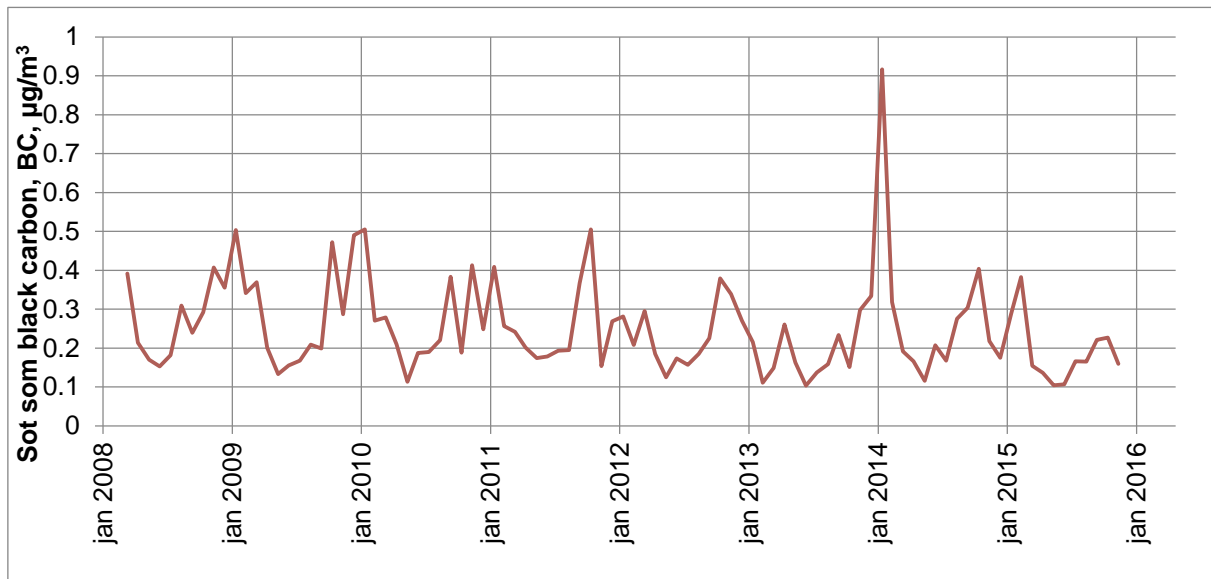
Vid Aspvreten och Vavihill bestäms också sot som 'black carbon' (BC). Vid Aspvreten visar mätningarna av EC och BC, dvs. två metoder med helt olika principer för att mäta innehållet av sot, god korrelation, se Figur 71



Figur 71 Sot mätt som BC plottat mot sot mätt som EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Dygnsdata från Aspvreten.

Mätningarna av BC vid Aspvreten och Vavihill startade under första halvåret 2008. I Figur 72 visas månadsmedelvärdena från Aspvreten sedan mätningarnas start. För Vavihill saknas en hel del data, varför data därifrån inte visas. På grund av den stora variationen mellan månaderna är det svårt att avgöra om det finns någon trend.

Under februari 2014 inträffade ett flertal episoder med höga värden, varför månadsmedelvärdet var betydligt högre än under alla andra månader under perioden 2008 t.o.m. 2015.

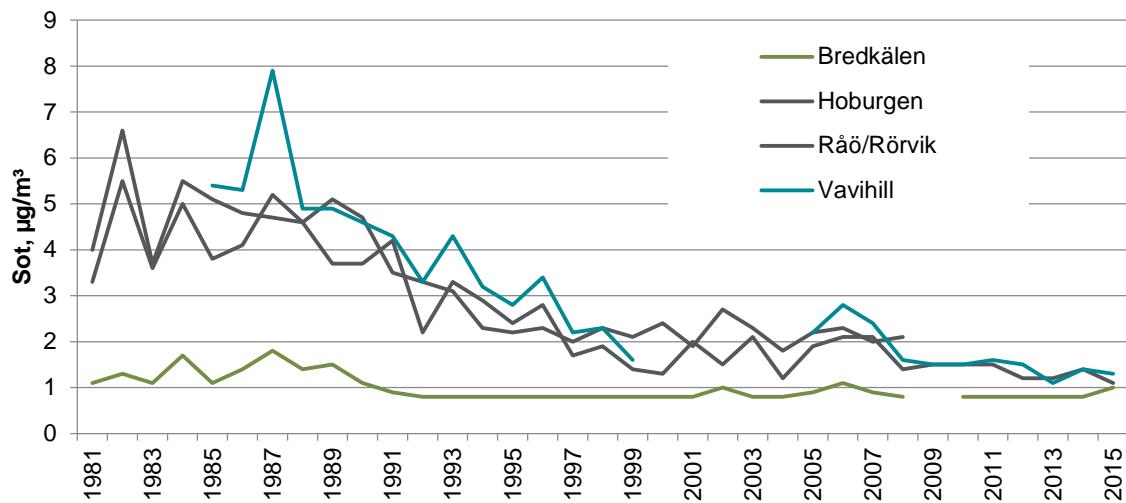


Figur 72 Månadsmedelvärden av BC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid Aspvreten 2008 – 2015.

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 2015 var t.ex. halterna under detektionsgränsen för metoden under runt 350 av årets dagar vid den nordligaste belägna stationen Bredkälén, och vid Vavihill i Skåne var halterna, där halterna är högst, över detektionsgränsen under bara 1/6 av årets dagar.

Årsmedelvärdena har sjunkit kraftigt sedan början av 1980-talet, se Figur 73. Halten sot som BS har vid de sydliga stationerna Vavihill, Rörvik/Råö och Hoburgen minskat från 4 – 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ under 1980-talet till under 1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 Bredkälén 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.



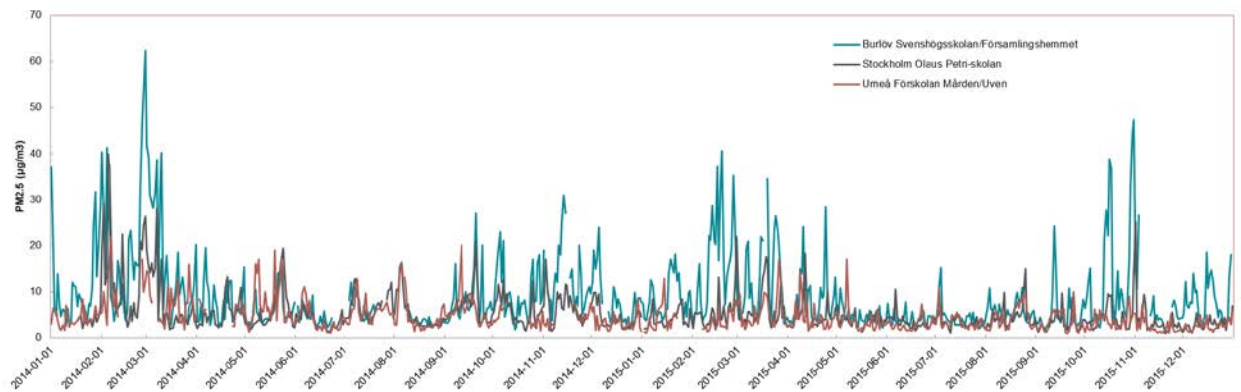
Figur 73 Årsmedelvärden av sot uppmätt som 'black smoke' ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), vid svenska bakgrundsstationer 1981 – 2015.

3.4.3 $\text{PM}_{2.5}$ tätort

I Luftkvalitetsförordningen (SFS 2010:477) anges, i syfte att skydda människors hälsa, ett exponeringsminskningsmål för $\text{PM}_{2.5}$. Måttet på befolkningens genomsnittliga exponering baseras på det sammanlagda medelvärdet för koncentrationen av $\text{PM}_{2.5}$ i urban bakgrundsluft i tre tätorter i landet; Burlöv (strax utanför Malmö), Umeå och Stockholm. Indikatorn beräknas som ett glidande tre-årsmedelvärde för koncentrationen av $\text{PM}_{2.5}$ i samtliga dessa 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 $6,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Under 2014 flyttades två av mätstationerna, i Burlöv (140709) respektive Umeå (141219), på grund av att de byggnader där instrumenten var placerade skulle rivras. I båda fallen ligger den nya lokaliseringen i närheten av den tidigare mätplatsen och bedöms vara jämförbar beträffande föroreningsbelastning.

I Figur 74 redovisas dygnsmedelhalter för respektive mätstation under 2014 och 2015. Under 2014 var det vissa problem med instrumentet vid mätstationen i Umeå, vilket medförde ett databortfall på drygt 15 %. Kravet på datatillgänglighet för jämförelser med MKN är 90 %. Halten av $\text{PM}_{2.5}$ är generellt lägst under sommarhalvåret. Vintertid är haltnivån, framför allt i södra Sverige, betydligt högre. Liksom i den regionala bakgrundsluften avtar den genomsnittliga partikelbelastningen i urban bakgrund norrut i landet. Miljömålet (högst 3 dygn $> 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) överskreds 2014 i både Burlöv (24 dygn) och Stockholm (5 dygn) samt 2015 i Burlöv (15 dygn). I Umeå noterades inga dygnsmedelvärden över $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ under dessa två år.

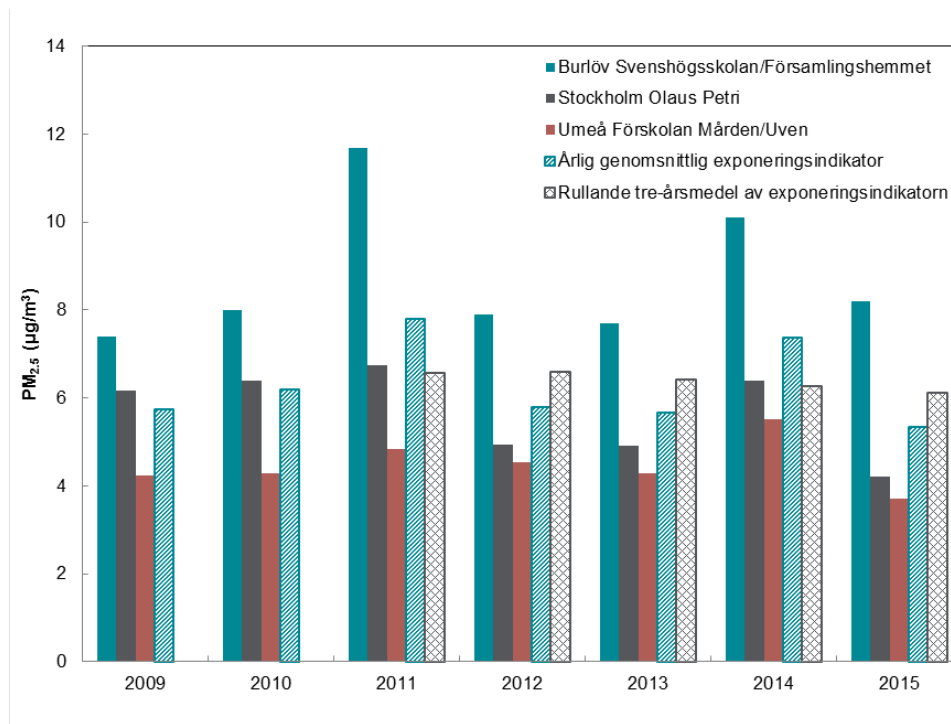


Figur 74 Dygnsmedelhalter av PM_{2.5} (µg/m³) under 2014 och 2015.

I Figur 75 redovisas årsmedelhalter av PM_{2.5} under 2009-2015. 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_{2.5}-data från andra mätningar i urban bakgrundsluft i dessa städer.

Av figuren framgår att årsmedelhalten under 2014 var förhöjd jämfört med de två föregående åren vid samtliga mätstationer. Däremot noterades under 2015 den lägsta PM_{2.5}-nivån hittills i både Stockholm och Umeå. Även i Burlöv var årsmedelbelastningen betydligt lägre 2015 än året innan. Det går dock inte att utläsa någon trend i resultaten.

Resultatet av indikatorberäkningen ger (som rullande tre-årsmedelvärde) en genomsnittlig exponering för åren 2013-2015 på 6,1 µg/m³, ett något lägre värde än de tidigare perioderna som går att beräkna (från 2011-2013 och framåt). Denna indikatorhalt innebär att man i Sverige redan uppnått det krav som ställs för en acceptabel exponeringsnivå (<8,5 µg/m³) med avseende på PM_{2.5} år 2020, förutsatt att nivån inte ökar.

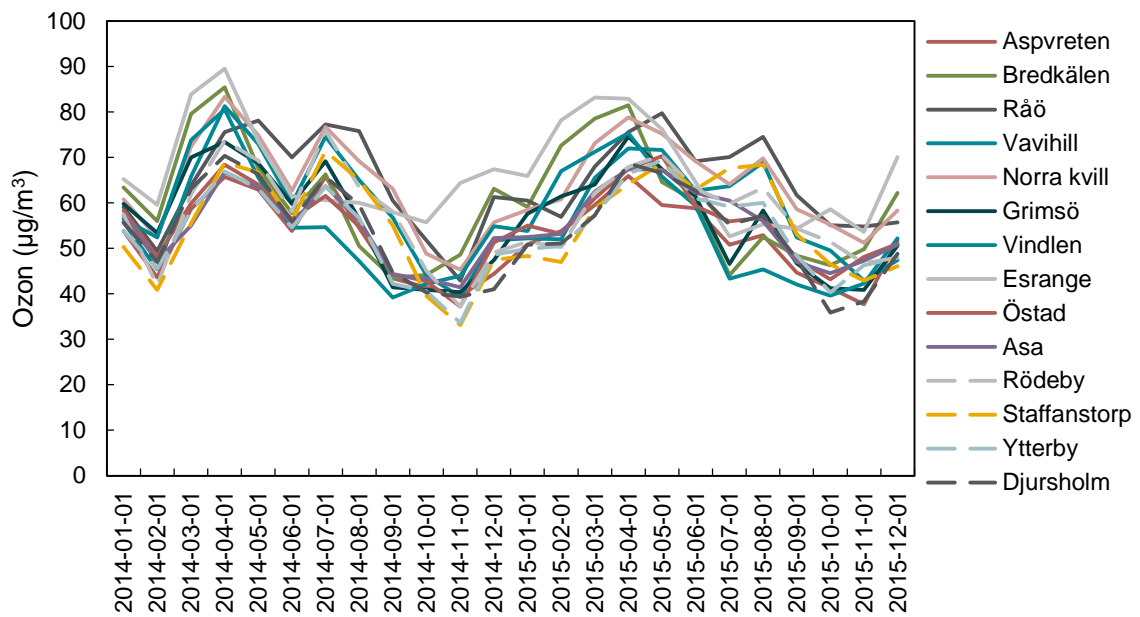


Figur 75 Årsmedelhalter av PM_{2.5} (µg/m³) i urban bakgrundsluft under 2009 – 2015 samt årligt genomsnitt och rullande tre-årsmedelvärde av exponeringsindikatorn. Observera att viss komplettering gjorts av mätdata för Stockholm (2009, 2013) respektive Umeå (2009).

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 (Staffanstorps, Rödeby, Ytterby och Djursholm). Månadsmedelvärden under 2014 och 2015 för de fjorton platser där marknära ozon mäts på timbasis redovisas i Figur 76. Generellt observeras de högsta medelhalterna under våren (mars-maj), och något tidigare i norra Sverige än i de södra delarna av landet.

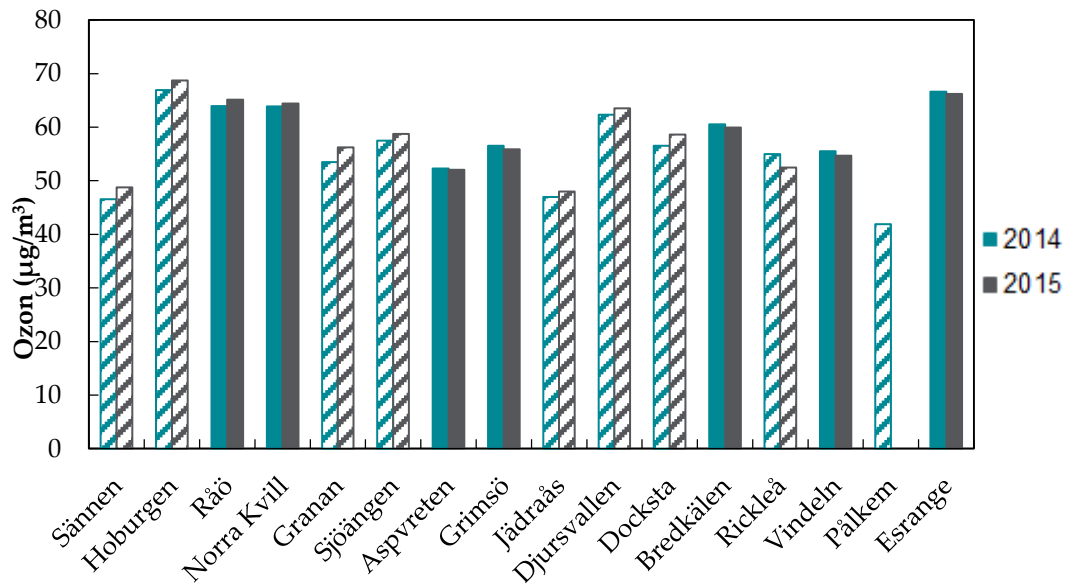
Den högsta månadsmedelhalt mellan 2014-2015 uppmättes i Esrange i april 2014, då månadsmedelhalten var 90 µg/m³. Vid övriga stationer låg halterna med avseende på månadsmedelvärde under 90 µg/m³. Miljökvalitetsmålet för timmedelvärdet, 80 µg/m³, överskreds kraftigt vid samtliga mätstationer. Uppmätta halter i förorterna visade generellt på något lägre nivåer än i den regionala bakgrunden i södra Sverige. Informationsnivån (180 µg/m³ som enskilt timmedelvärde) överskreds inte någon gång under 2014 och 2015. Det högsta timmedelvärdet uppmättes 2014 i Vavihill (176 µg/m³).



Figur 76 Månadsmedelhalter av ozon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), baserat på mätningar på timbasis, vid de svenska bakgrundsstationerna under 2014-2015. De heldragna linjerna avser mätningar i regional bakgrund och de streckade linjerna avser mätningar i förorter.

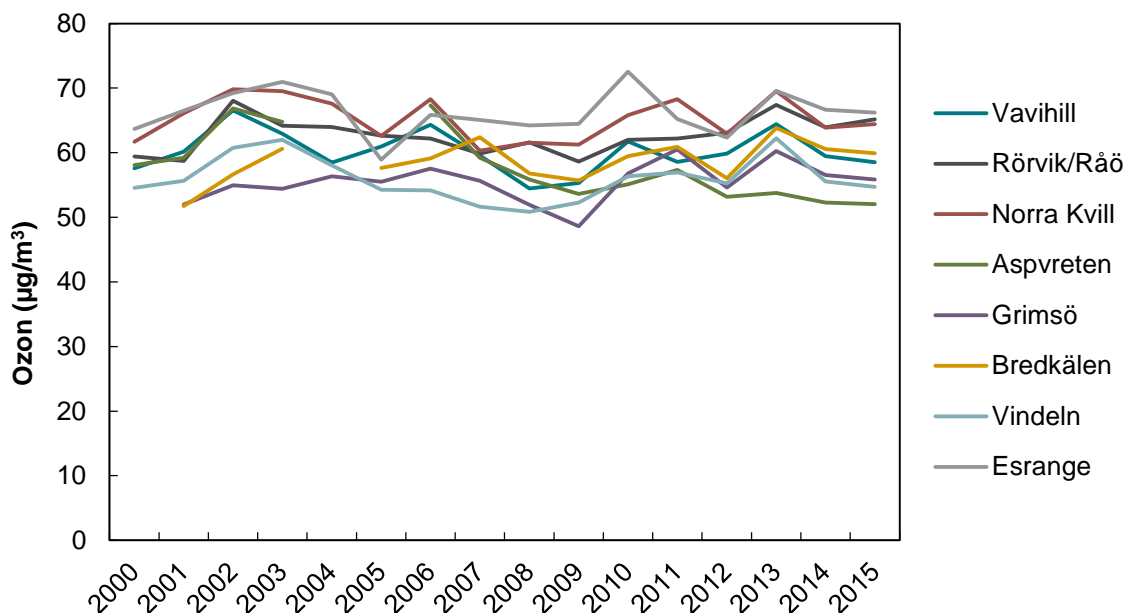
I Figur 77 visas belastningen av ozon i form av årsmedelhalter i bakgrundsluft under 2014 och 2015 vid samtliga 17 mätstationer som ingår i den nationella övervakningen och för vilka årsmedelvärden kan beräknas. Haltnivån varierade mellan $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Pålkem, 2014) och $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Hoburgen, 2015).

Skillnaden mellan årsmedelhalterna 2014 och 2015 var mycket liten. Till skillnad från många andra luftföroreningskomponenter finns det för årsmedelvärdet ingen tydlig geografisk haltgradient över landet.



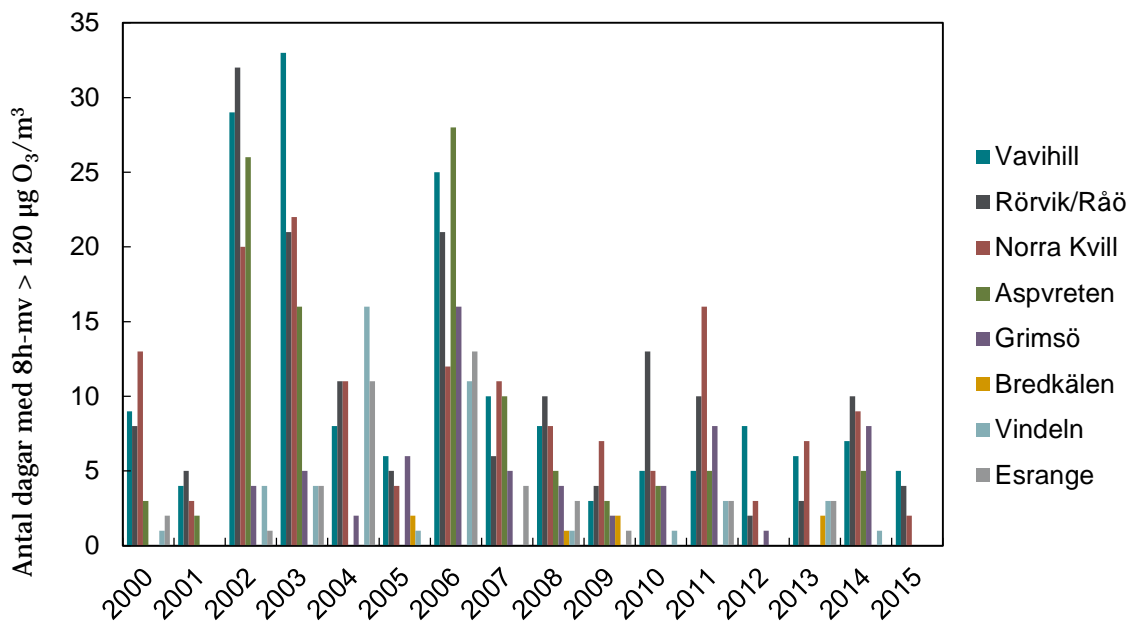
Figur 77 Årsmedelhalter av ozon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) i svensk bakgrundsluft under 2014-2015 från mätningar på både tim- och månadsbas. De blåa stolparna avser mätningar under 2014 och de gråa stolparna avser mätningar 2015. De streckade staplarna avser mätningar med diffusionsprovtagare.

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 78 redovisas utvecklingen avseende årsmedelhalten under perioden 2000-2015 vid de åtta EMEP-stationer för 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.



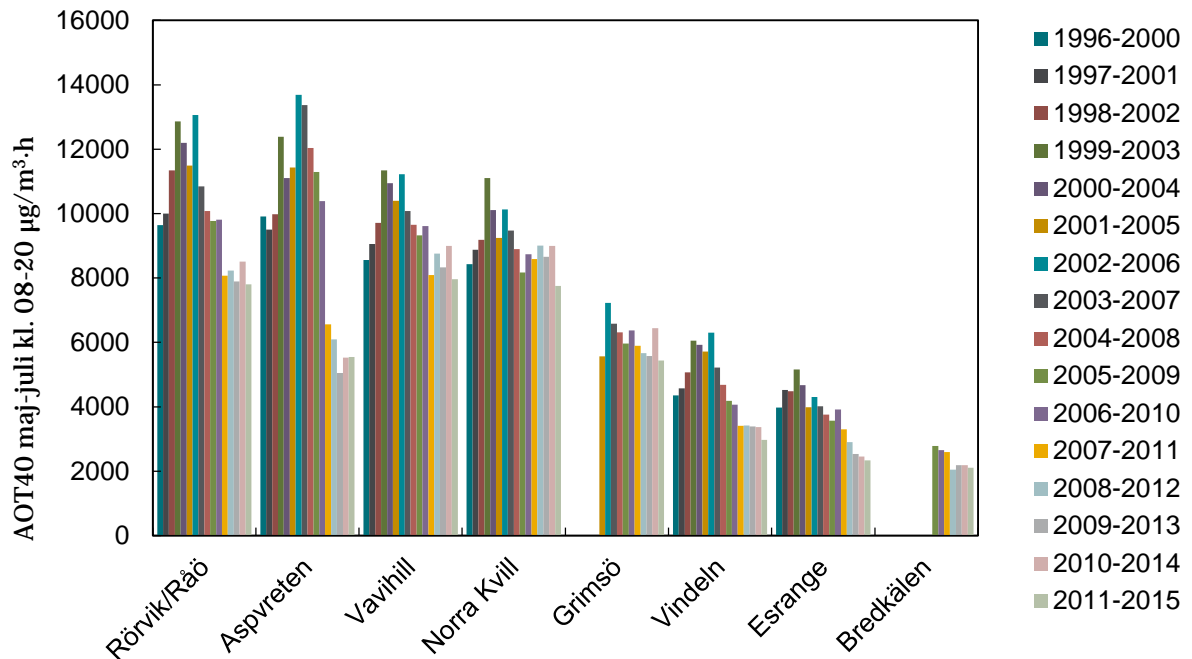
Figur 78 Årsmedelvärden av ozon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), baserat på mätningar på timbasis, i svensk bakgrundsluft mellan åren 2000 till 2015.

Antalet dygn då det glidande 8-timmarsmedelvärdet är högre än $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ varierar också, främst i förhållande till meteorologin, se Figur 79. 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 2014 i Råö (10 dygn) och under 2015 i Vavihill (5 dygn).



Figur 79 Antalet dygn med glidande 8-timmarsmedelvärden > $120 \mu\text{g}$ ozon/ m^3 mellan åren 2000 och 2015.

Samma mönster som för normen till skydd för människors hälsa, en högre ozonbelastning i södra Sverige, ses även för normen för växtlighet, AOT40, Figur 80. Den belastningsnivå ($18\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ som 5-årsmedelvärde) som skall eftersträvas från 2010 har aldrig överskridits. I södra Sverige låg nivån för perioden 2011-2015 som högst kring $8\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$, medan belastningen i norra och mellersta Sverige låg lägre än nivån för det värde ($6\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$) som gäller från 2020.

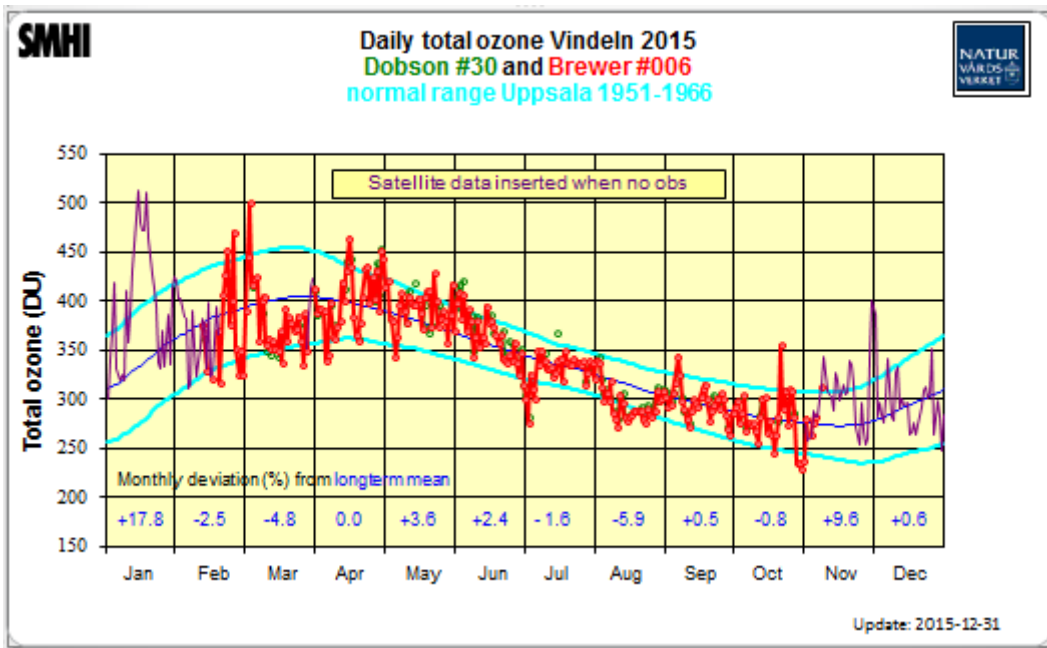


Figur 80 AOT40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$) för ozon mellan maj – juli, kl. 08-20, som rullande 5-årsmedelvärden mellan åren 2000 och 2015 (som slutår i medelvärdesberäkningen).

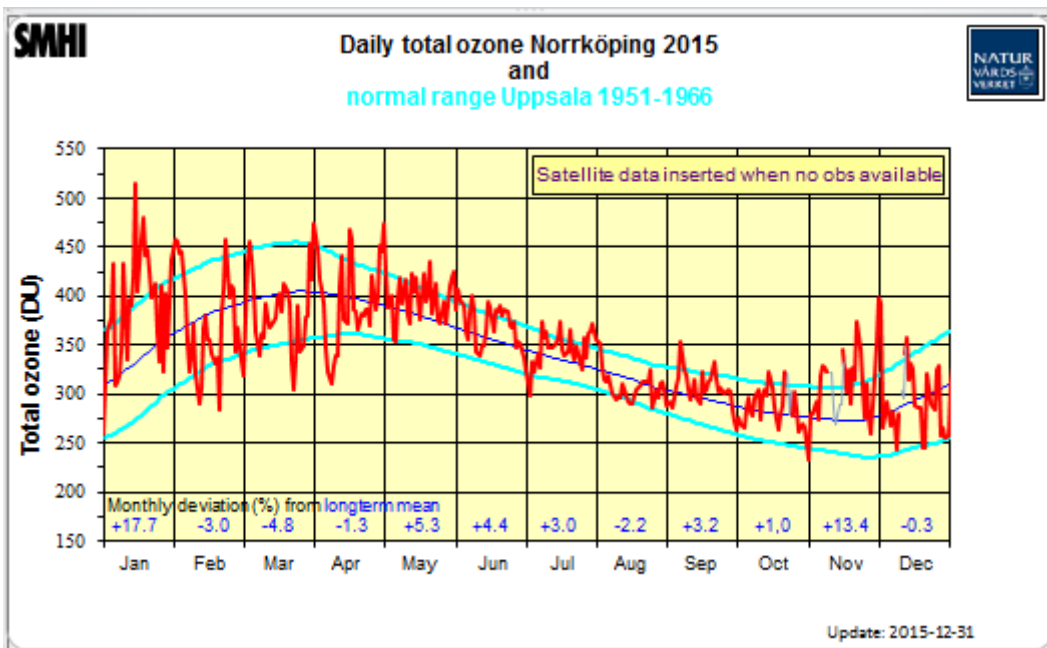
3.6 Stratosfäriskt ozon

Mätningarna för 2015 av totalozon i Vindelö och i Norrköping visas i följande figurer där de röda linjerna visar variationen dag för dag (motsvarande figurer för övriga år finns på www.smhi.se). I de fall det inte varit möjligt att mäta exempelvis under en del av vinterhalvåret i Vindelö finns satellitdata inlagt (violett linje).

För att få en uppfattning hur de dagliga värdena förhåller sig till den normala variationen finns tre mjuka kurvor som visar variationen av totalozonet som observerades i Uppsala åren 1951-1966; dels medelvärdet, dels plus respektive minus en standardavvikelse. För varje månad anges den procentuella avvikelsen från medelvärdet



Figur 81 Mängden totalozon (DU) i Vindeln 2015.

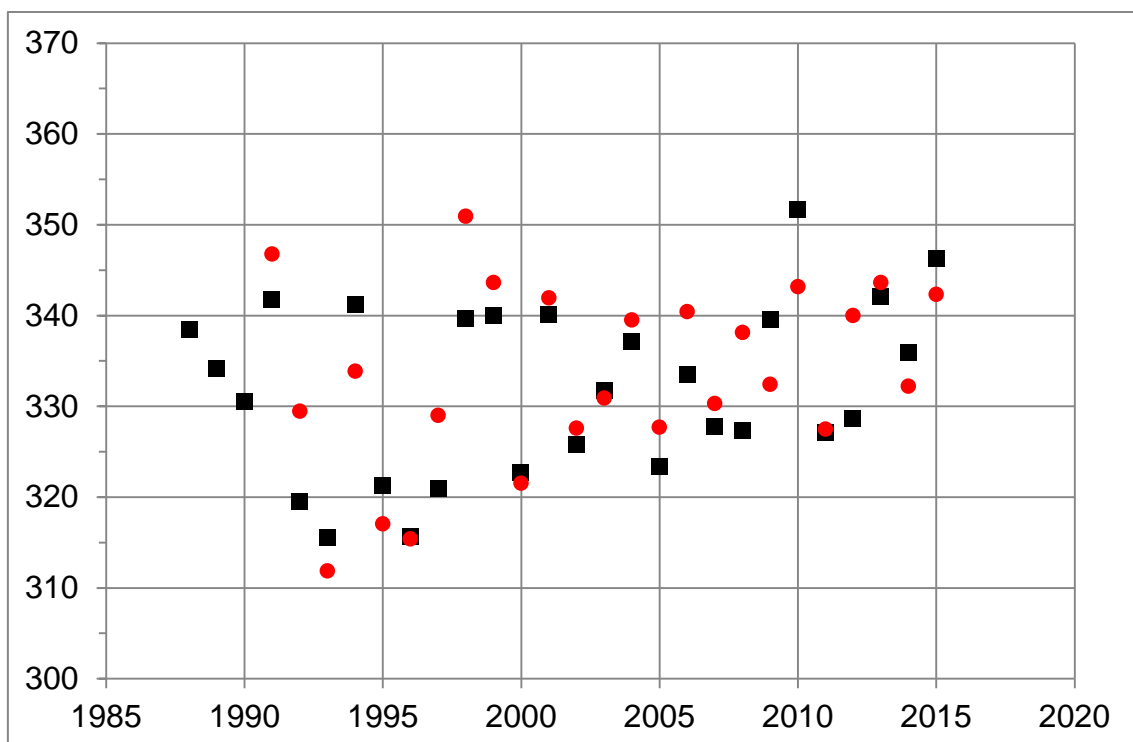


Figur 82 Mängden totalozon (DU) i Norrköping 2015.

Enheten för totalozon är DU (dobsonenheter). En dobsonenhet (1 DU) motsvarar det antal ozonmolekyler som behövs i ett luftskikt av enbart ozon som är 0,01 mm tjockt vid temperaturen 0°C och lufttrycket 1013,25 hPa. Ett vanligt värde på totalozonet är 300 DU. Detta motsvarar alltså ett gasskikt av enbart ozon som endast är 3 mm tjockt.

Motsvarande figurer (samt data) för alla år då mätningar av totalozon utförts i Vindeln och Norrköping finns på <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/ozon>

Hur utvecklingen av ozonskiktet har gått sedan mätningarna inleddes 1988 visas i Figur 83. En viss avsaknad av riktigt låga värden, i intervallet 310-325 DU, under senare år kan noteras. Några av de låga värdena som observerades 1992-1993 påverkades i denna riktning av det mycket kraftiga utbrottet av vulkanen Pinatubo. Om hänsyn tas till detta har värdena inte förändrats mycket under mätperioden. Den stora naturliga variationen, som till stor del beror på transport av ozon, döljer effektivt den återhämtning som bör ha skett sedan Montrealprotokollet börjat få genomslag, dvs. efter sekelskiftet.



Figur 83 Totalozon (DU) årsvärden för Norrköping 1988-2015 (svarta) och för mars-oktober för Vindeln 1991-2015 (röda). Under vinterhalvåret står solen oftast för lågt i Vindeln för att säkra mätningar av totalozonet kan utföras där.

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 2013 och 2014. I övrigt hänvisas till SMHIs hemsida (<http://www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi>), där resultat för åren 1998-2014 är tillgängliga. Då metodiken inte är konsistent över åren på grund av modellutveckling samt olika antal mätstationer så görs ingen trendanalys. Däremot görs med hjälp av kartorna en jämförelse över hela landet för åren 2013-2014. För marknära ozon jämförs resultat för 2013-2015 mot återanalyserad data för 1990-2013.

4.1.1 Modellerade halter i luft

4.1.1.1 Modellerade halter i luft av svavel och kväve

I Figur 84 och Figur 85 visas halter i luft av reducerat kväve (NH_x , dvs. summan av ammonium och ammoniak), i Figur 86 och Figur 87 för kvävedioxid (NO_2) och i Figur 88 och Figur 89 för svaveldioxid (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 vi i Figur 84 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 var något högre 2014 än 2013 i Götaland.

Genom att studera kartorna med Sveriges bidrag Figur 85 ser vi att det svenska bidraget har sjunkit något överlag från 2013 till 2014. Detta indikerar att det är långtransportbidraget som har ökat från 2013 till 2014. För reducerat kväve i luft varierar totalhalten för 2014 mellan som högst $1,19 \mu\text{g N/m}^3$ i söder och som lägst $0,04 \mu\text{g N/m}^3$ i nordligaste Sverige.

För halter av kvävedioxid i bakgrundsluft Figur 86 återfinns de högsta halterna i södra Sverige, Stockholmsregionen samt längs Norrlandskusten. Lägst är halterna i Norrlands inland. Totalhalterna 2013 och 2014 var ganska lika, med en viss ökning i Stockholmsområdet och en svag minskning i Halland 2014. I kartorna med Sverigebidrag i Figur 87 ser vi inga markanta skillnader mellan åren. Totalhalterna av oxiderat kväve varierar mellan $0,06$ och $2,31 \mu\text{g N/m}^3$ över Sverige år 2014.

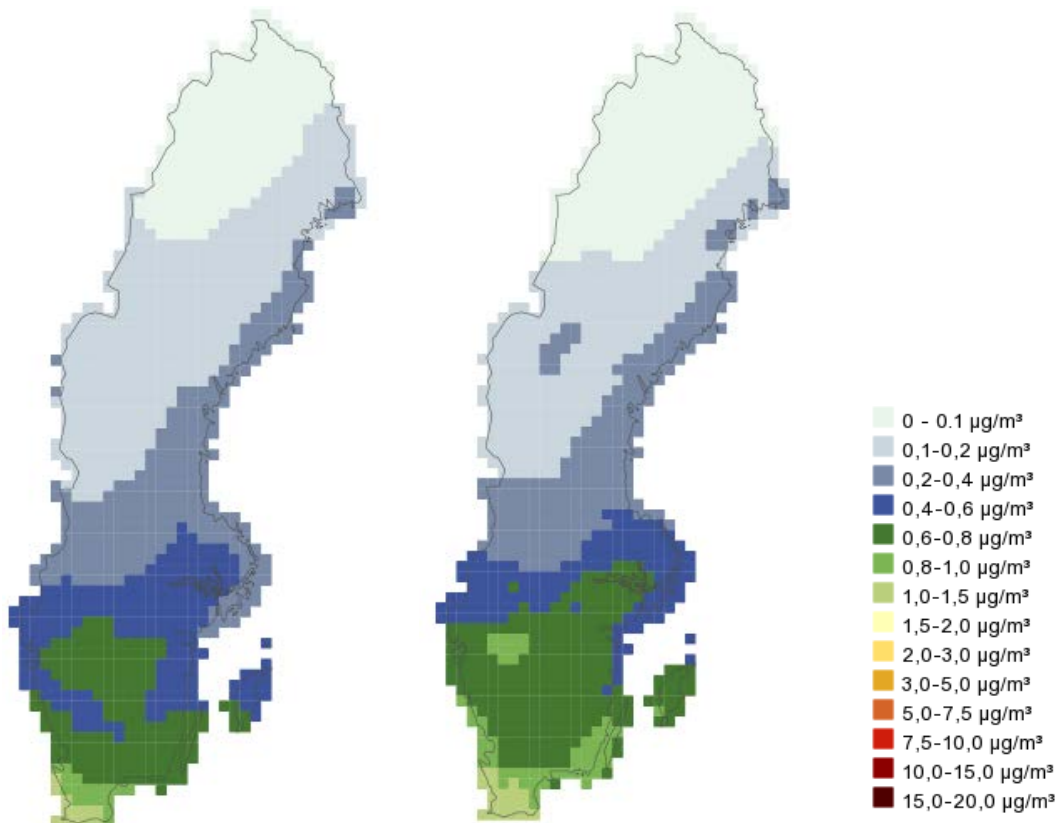
För halter av svaveldioxid så ses en ökning under 2014 jämfört med 2013. Totalkoncentrationen i luft år 2014 varierade mellan $0,03$ och $0,81 \mu\text{g S/m}^3$ över Sverige. Sverigebidraget (Figur 89) sjönk däremot, vilket indikerar en ökning av långtransportbidraget. Ett viktigt bidrag kom ifrån vulkanen Bardarbungas utbrott på Island. Under ett par veckor i september 2014 mättes mycket höga svavelhalter, t ex vid Breckälven (Persson och Thomas, 2016). De mätvärdena används i

den variationella analysen, och sticker ut väldigt tydligt även för årsmedlet i Figur 88. Då ingen ordentlig emissionsinventering för vulkanutbrottet hade hunnit förberedas då MATCH-modellen kördes för miljöövervakningen så är det endast mätvärdena som visar på vulkanens påverkan. I en specialstudie (Persson och Thomas, 2016) finns en detaljerad kartläggning av vulkanutbrottets påverkan på Sverige beräknad med MATCH-modellen.

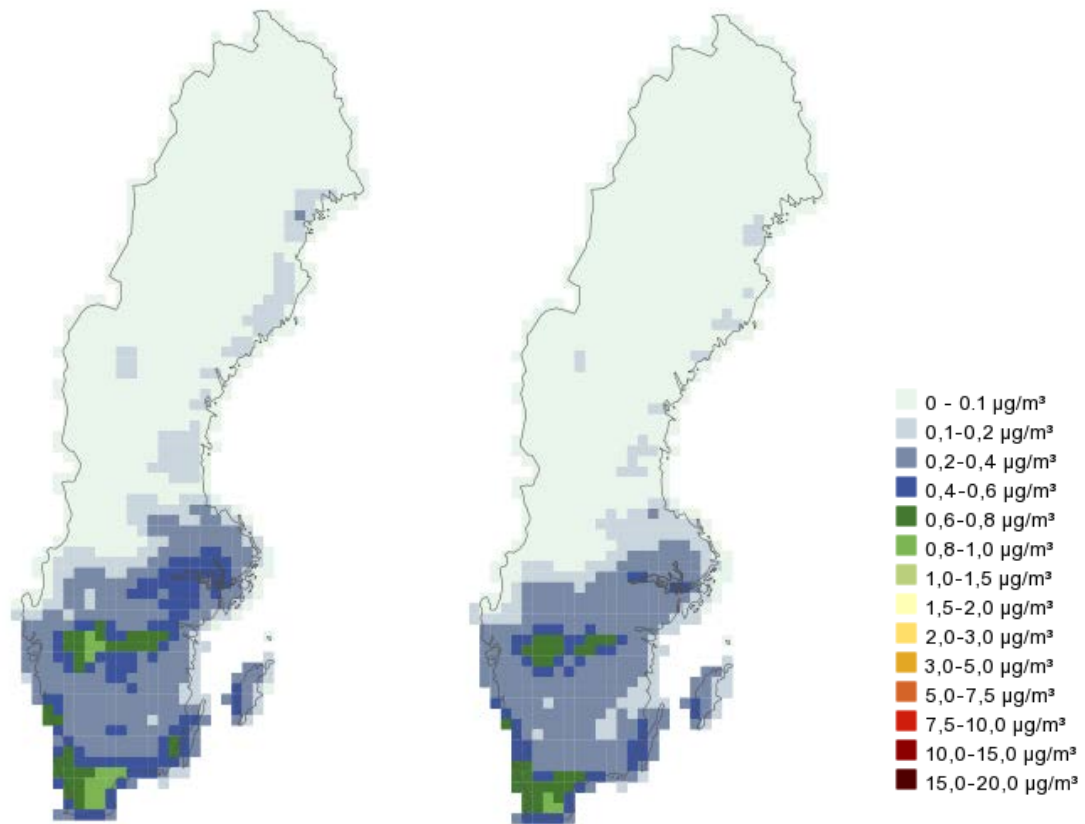
Skillnaderna mellan de två åren för oxiderat och reducerat kväve orsakades primärt av variationer i meteorologi, både direkt och via påverkan på mängden utsläpp. Mönster och mängd nederbörd, temperatur, vindmönster och vindstyrka varierar mellan åren och bidrar därmed till variation i lufthalter och 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. Sverigebidraget. Nederbördsmängden påverkar också lufthalten av svavel- och kvävehaltiga gaser och partiklar.

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.

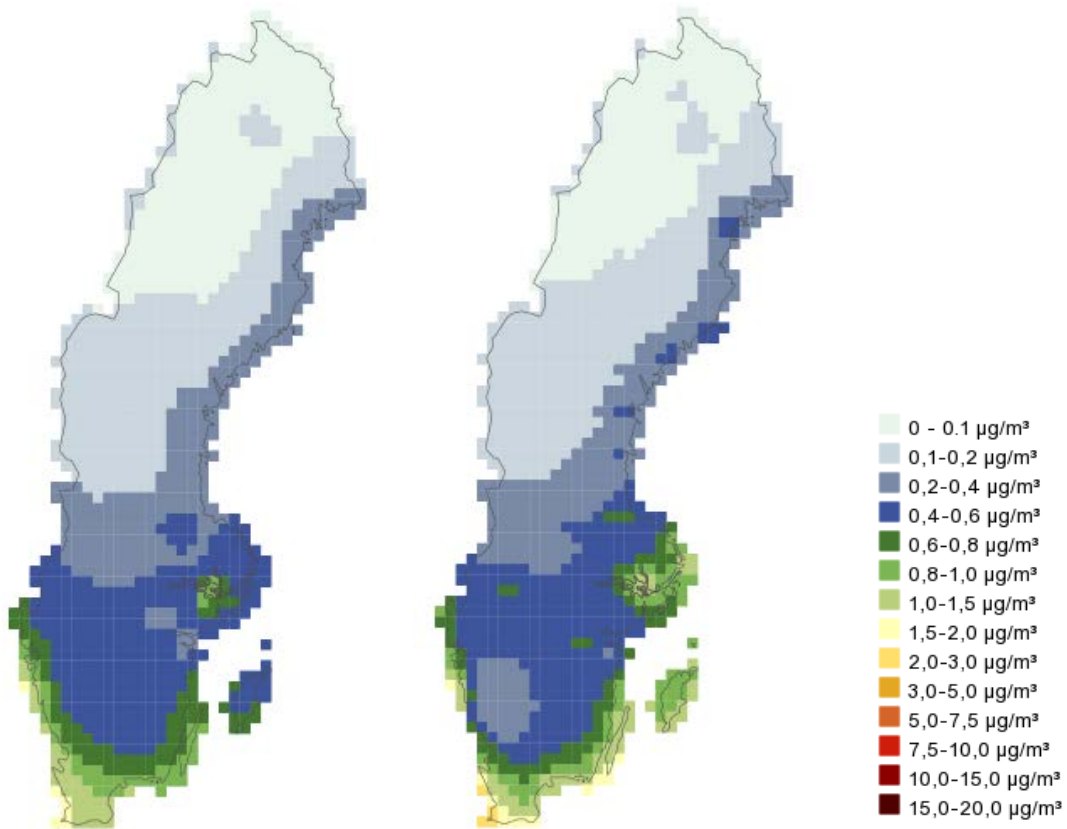
Under 2014 orsakade de svenska emissionerna i genomsnitt 27 % av totalhalten för SO₂. Motsvarande siffra för NO₂ och reducerat kväve var 48 % respektive 37 %.



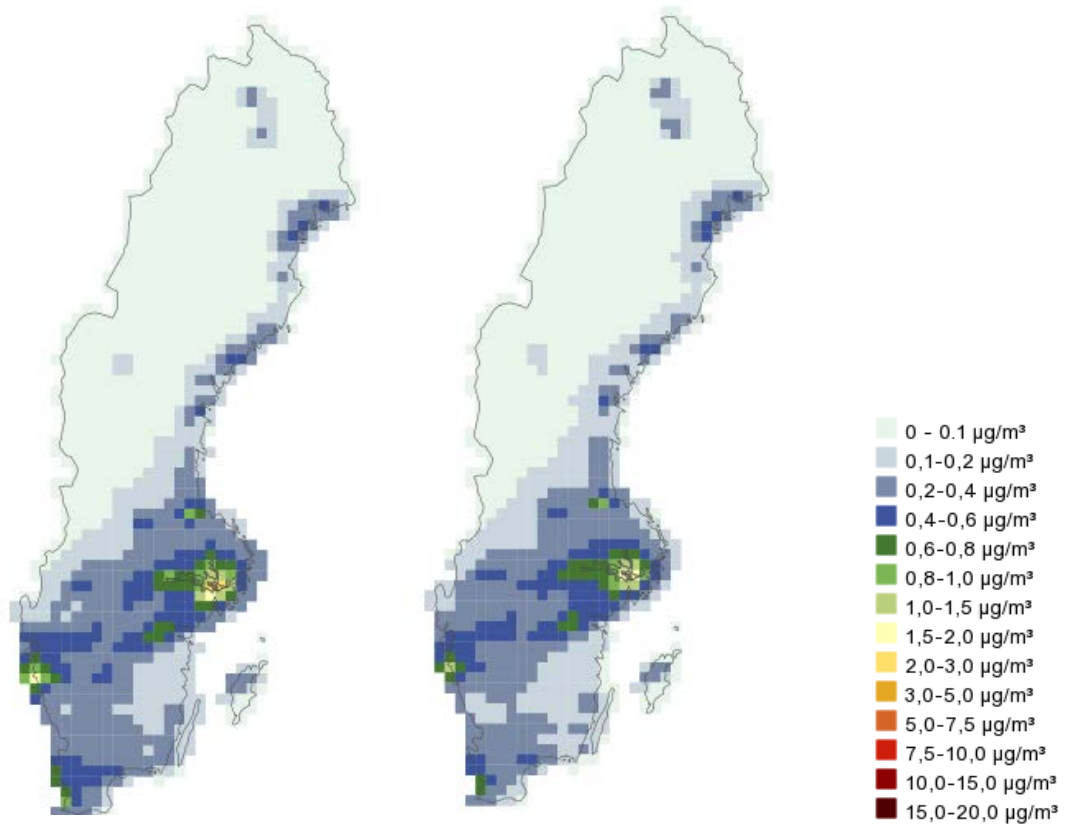
Figur 84 Totala halter av reducerat kväve (summan av ammonium och ammoniak) i luft år 2013 (v) och 2014 (h) (enhet µg N/m³).



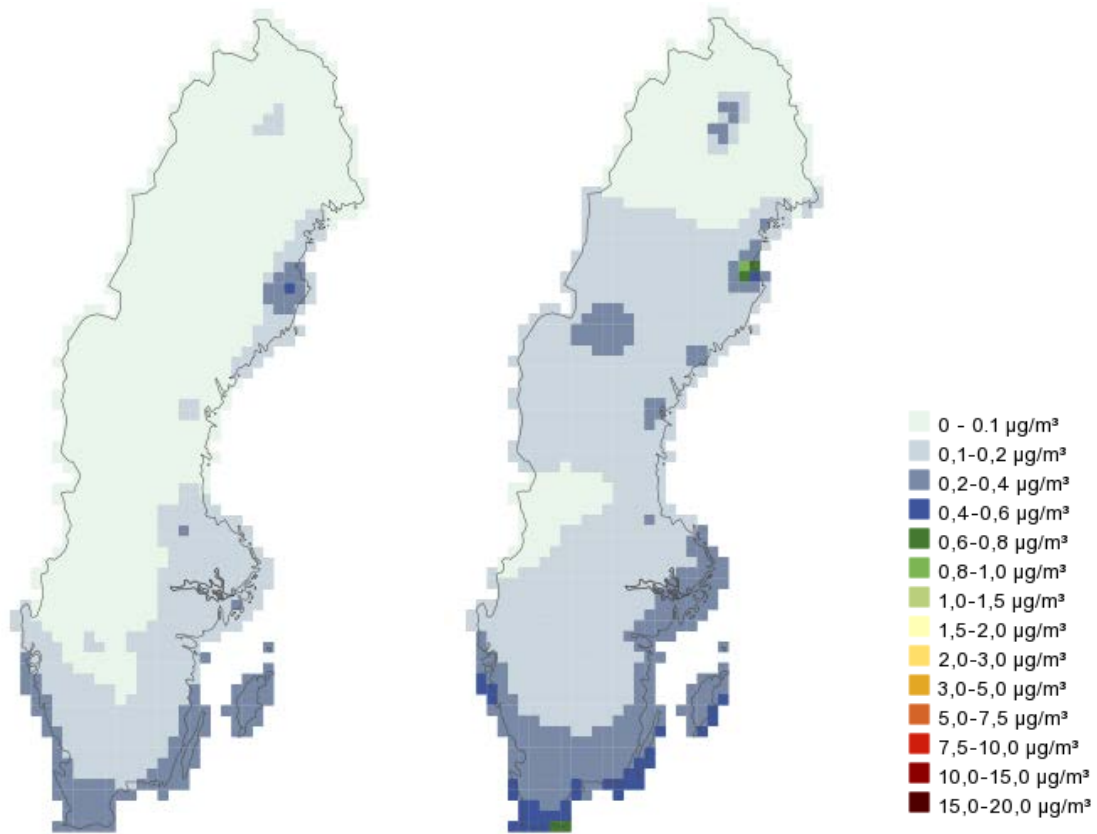
Figur 85 Svenskt bidrag till halter av reducerat kväve (summan av ammonium och ammoniak) i luft år 2013 (v) och 2014 (h) (enhet $\mu\text{g N}/\text{m}^3$).



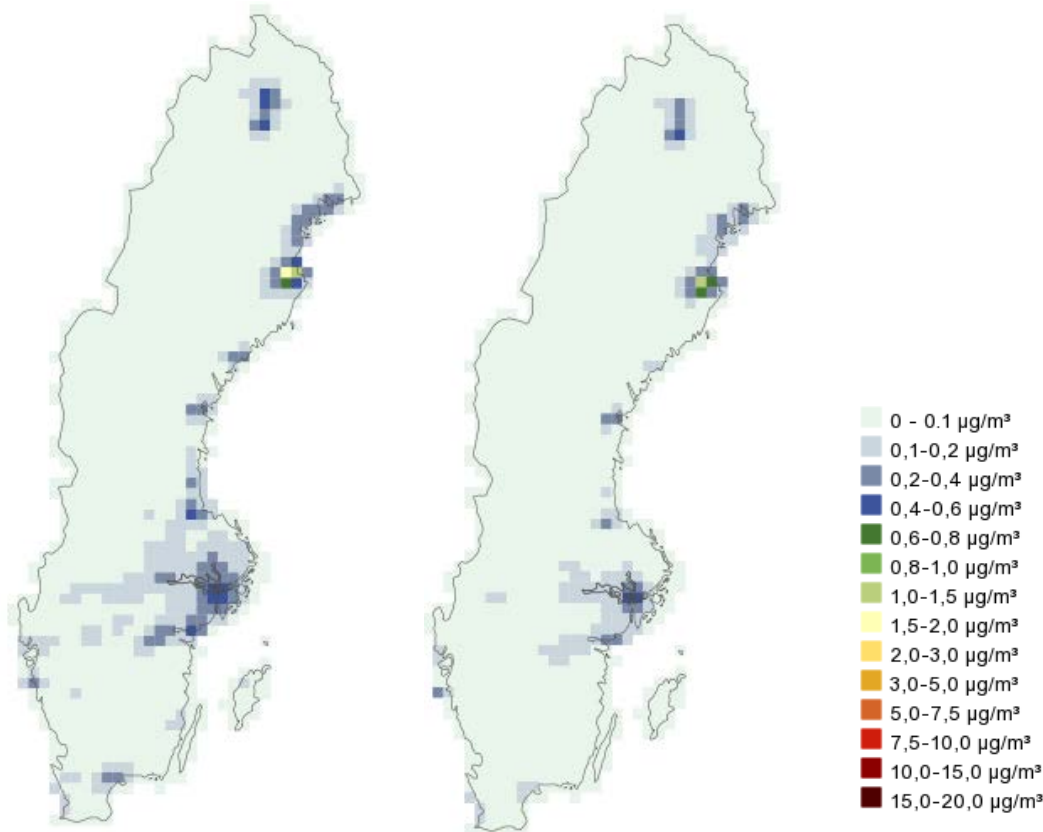
Figur 86 Totala halter av kvävedioxid i luft år 2013 (v) och 2014 (h) (enhet µg N/m³).



Figur 87 Svenskt bidrag till halter av kvävedioxid i luft år 2013 (v) och 2014 (h) (enhet µg N/m³).



Figur 88 Totala halter av svaveldioxid i luft år 2013 (v) och 2014 (h) (enhet µg S/m³).



Figur 89 Svenskt bidrag till halter av svaveldioxid i luft år 2013 (v) och 2014 (h) (enhet $\mu\text{g S/m}^3$).

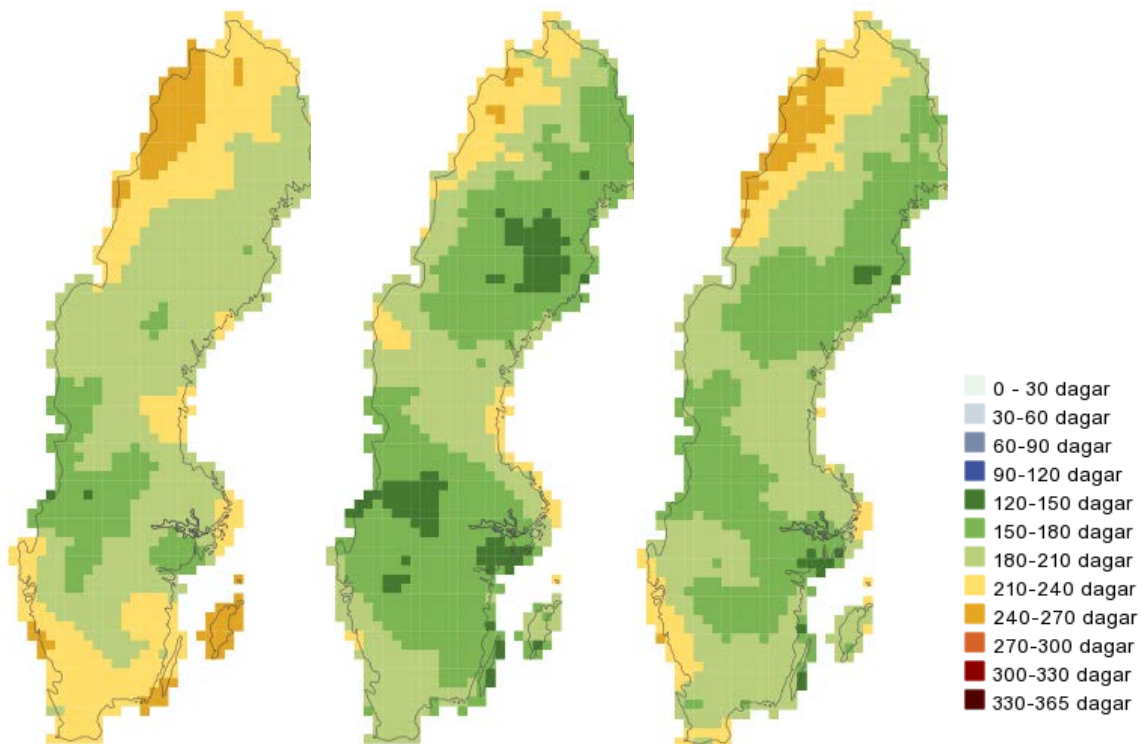
4.1.1.2 Modellerade halter av marknära ozon

I Figur 90 och Figur 91 nedan ser vi antal dagar då dygnets maximala flytande 8h-medelvärde av marknära ozon överskred 70 respektive 120 $\mu\text{g/m}^3$ under åren 2013-2015. Det var fler dygnsöverskridanden av 70 $\mu\text{g/m}^3$ år 2013 än 2014 och 2015 i princip i hela landet. Flest överskridanden inträffade i södra Sverige, på Öland och Gotland samt Norrlands inland. För 1990-2013 (Andersson et al, 2015) är antalet dygn med maximalt flytande 8-timmarsmedelvärde över 70 $\mu\text{g/m}^3$ i medel 160-190 över hela perioden i stora delar av landet, och något högre i fjällen och södra Götalands kusttrakter, medan norra Norrlands kusttrakter och delar av västliga Svealand är något lägre. Detta innebär att år 2013-2015 var högre än genomsnittet under den långa perioden. Jämfört med maximum över hela perioden var 2013 i närheten av, men något lägre än, det maximala året för överskridande av 70 $\mu\text{g/m}^3$. Detta stämmer överens med att trenden i dessa låga värden var ökande i princip i hela landet över perioden 1990-2013.

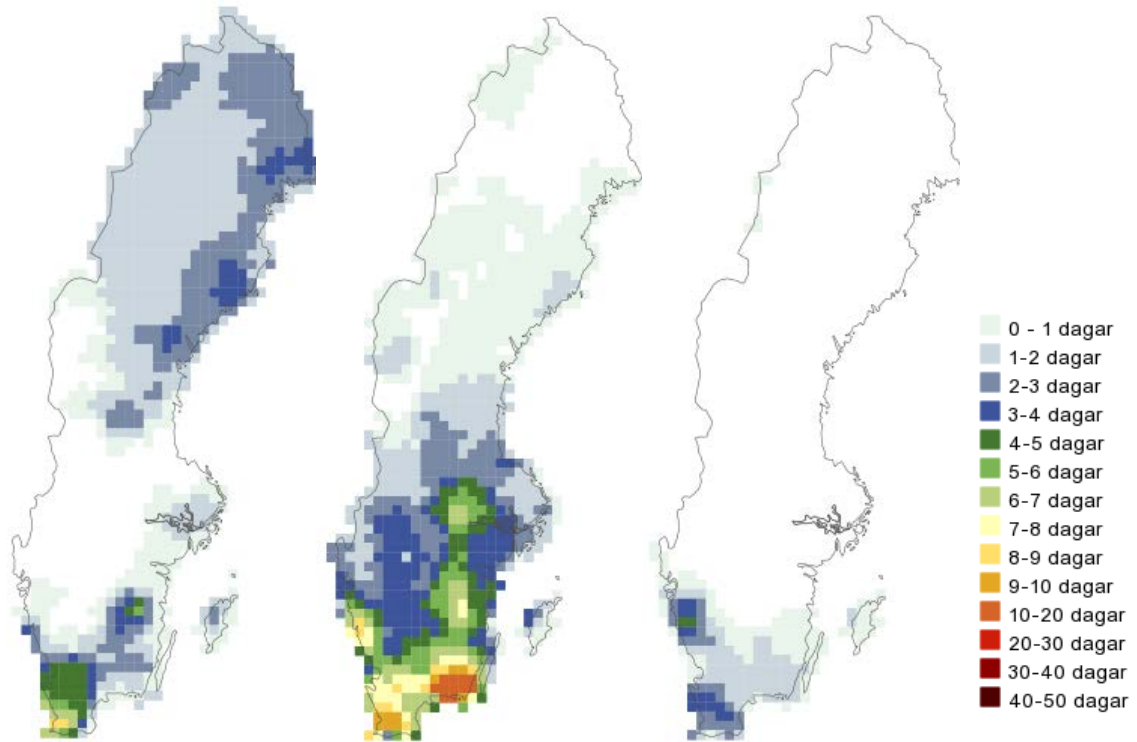
När det gäller överskridanden av 120 $\mu\text{g/m}^3$ så skedde dessa främst i södra Sverige, och under 2013 också längs Norrlandskusten. Flest antal överskridanden skedde i Blekinge år 2014, med cirka 13 dygn över 120 $\mu\text{g/m}^3$. För 2015 skedde de flesta överskridandena i Skåne och kring Göteborg, med som mest cirka 4 dagars överskridande. För detta överskridandeantal var medel över hela perioden 1990-2013 (Andersson et al 2015) lågt i norr (upp till 2 dygn) och högre i söder (ca 4-15 dygn), medan maximalt antal dygn i norr över perioden översteg 10 dygn i vissa områden och i söder låg mellan 10 och 36 dygn. Detta innebär att 2013 var ett normalt lågt år för de högsta halterna medan 2014 var ett år med fler höga halter än normalt, men ingalunda ett extremt år i hela perioden förutom i Blekinge. Trenden är minskande i söder för

överskridande av $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Att 2014 var högre än 2013 och 2015 är en effekt av meteorologisk variabilitet.

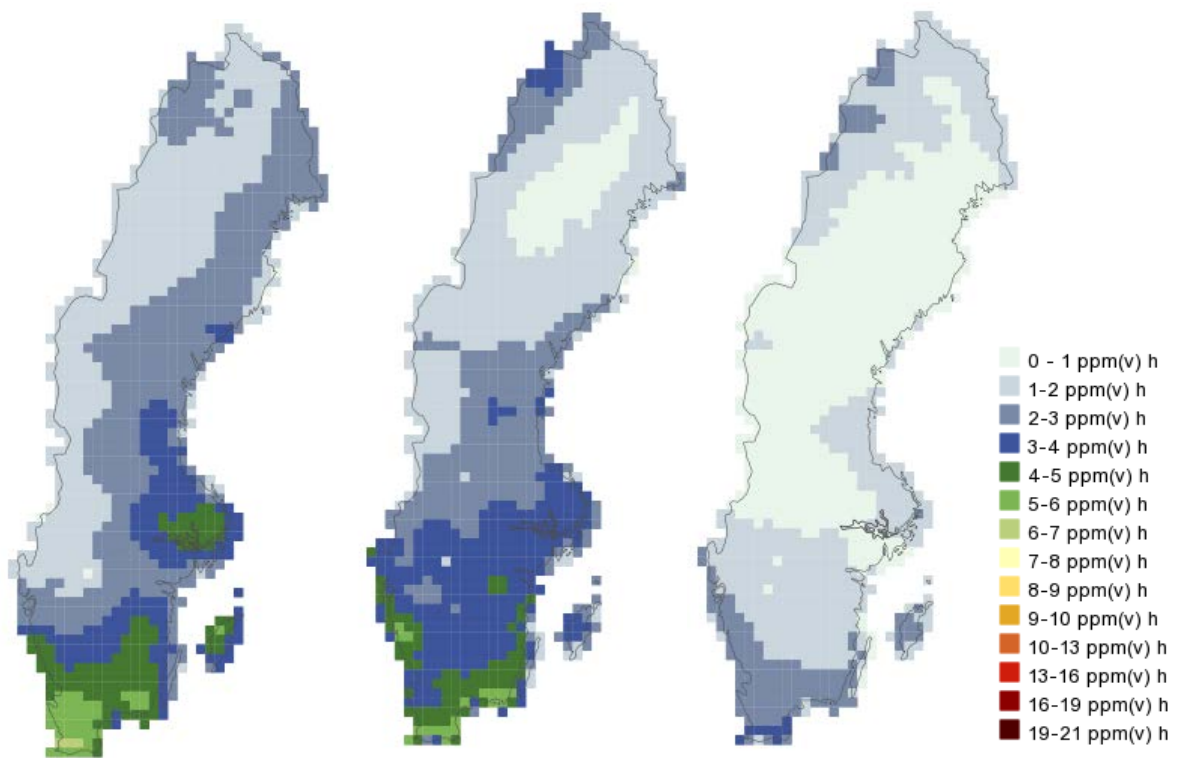
I Figur 92 och Figur 93 visas AOT40, som indikerar vegetationspåverkan på grödor respektive skog. AOT40 anges här i enheten ppm(v) h (parts per million volume hours), d.v.s. summan av halter som överstiger 40 ppb(v) under en del av året, givet som volymsblandningsförhållande. Vegetationspåverkan var högre under 2013 än 2014 och 2015, och störst påverkan var det i södra Sverige, Stockholmsregionen och området kring Gävleborgs län. AOT40 för grödor hade år 2013 ett värde som är ungefär som medel över perioden 1990-2013, medan 2014 och definitivt 2015 var lägre än medelåret. AOT40 för skog var högre i norr och lägre än/liknande i söder under 2013 jämfört med medlet över perioden. Trenden över 1990-2013 (Andersson et al, 2015) är minskande överallt utom i norra Norrland för både grödor och skogseffekter. Skillnaderna mellan åren 2013-2015 orsakades av meteorologisk variabilitet.



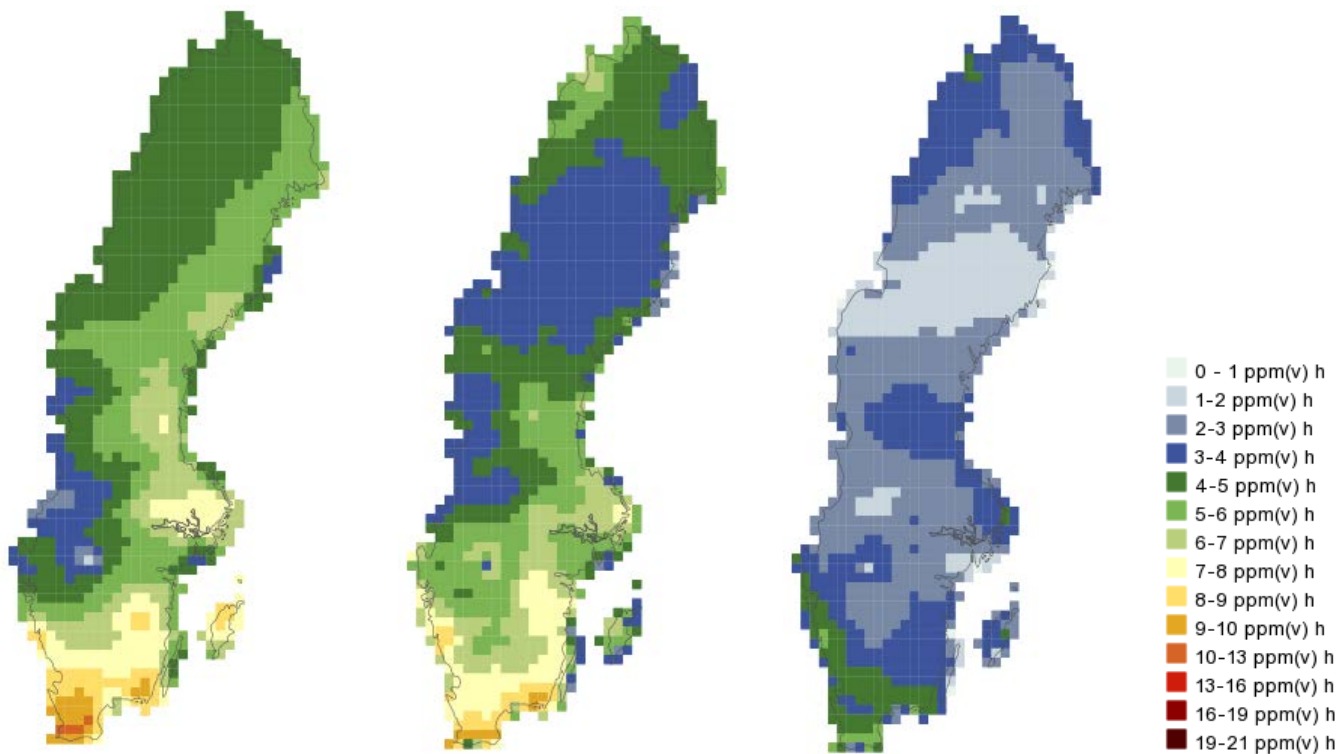
Figur 90 Antal dagar över $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ av marknära ozon år 2013 (v), 2014 (m) och 2015 (h).



Figur 91 Antal dagar över 120 µg/m³ av marknära ozon år 2013 (v), 2014 (m) och 2015 (h).



Figur 92 AOT40 för grödor i ppm(v) h för marknära ozon år 2013 (v), 2014 (m) och 2015 (h).



Figur 93 AOT40 för skog i ppm(v) h för marknära ozon år 2013 (v), 2014 (m) och 2015 (h).

4.1.2 Modellerad deposition

4.1.2.1 Modellerad deposition av svavel och kväve

Figur 95 till Figur 100 visar deposition (våt- och torrdeposition) av reducerat kväve (NH_x , dvs. summan av ammonium och ammoniak), oxiderat kväve (NO_y , dvs. summan av bland annat NO , NO_2 , HNO_3 , PAN, N_2O_5 , NO_3 -salter och organiskt NO_3) och oxiderat svavel exklusive havssalt (XSO_x , dvs. summan av svaveldioxid och sulfat utan havssaltbidrag) för år 2013-2014. För varje förorening visas figurer för den totala depositionen, d.v.s. summan av Sverigebidrag och långdistanstransportbidrag (bidrag från resten av Europa), samt Sveriges bidrag. På SMHI:s hemsida presenteras depositionen uppdelad på våt- och torrdeposition, samt torrdepositionsflöde till olika marktyper.

Den största depositionen av reducerat kväve (Figur 95) sker i södra Sverige och minst deponeras i norra Norrlands inland. En markant ökning av totaldepositionen ses för 2014 jämfört med 2013, främst i Skåne och Blekinge, men även hela vägen upp ovanför Stockholmsområdet. Det svenska bidraget, i Figur 96, var marginellt högre i södra Sverige under 2014 än 2013, medan det var något lägre utmed Norrlandskusten. Detta indikerar att den ökade totaldepositionen till stor del beror på långtransportbidrag. Till exempel varierar totaldepositionen över Sverige mellan 35 och 820 mg N/m² under 2014.

Störst totaldeposition av oxiderat kväve sker i södra Sverige och minst sker i Norrlands inland. Figur 97 visar tydligt hur totaldepositionen av oxiderat kväve ökade för 2014 jämfört med 2013,

främst i sydvästra Sverige och i Stockholmsregionen. Sveriges bidrag (Figur 98) var däremot i princip oförändrat mellan åren. För 2014 varierade totaldepositionen mellan 40 och 690 mg N/m².

Totaldepositionen av XSO_x i Figur 99 var högre i hela landet 2014 jämfört med 2013, främst i södra och mellersta Sverige. Det svenska bidraget (Figur 100) var ungefär detsamma för de två åren, vilket indikerar att långdistanstransporten står bakom ökningen av totaldeposition. För XSO_x var vulkanutbrottet en bidragande orsak, framförallt i mellan-Sverige. Totaldepositionen av svavel utan havssalt varierade mellan 100 och 600 mg S/m² år 2014.

Svaveldepositionsbidraget från vulkanutbrottet under det halvår vulkanen var aktiv uppskattas till mellan 20 och 70 % över Sverige (Persson och Thomas, 2016).

Under 2014 orsakade de svenska emissionerna i genomsnitt 5 % av totaldepositionen för svavel (exklusive havssalt) över svenska landområden. Motsvarande siffra för oxiderat kväve och reducerat kväve var 6 % respektive 15 %.

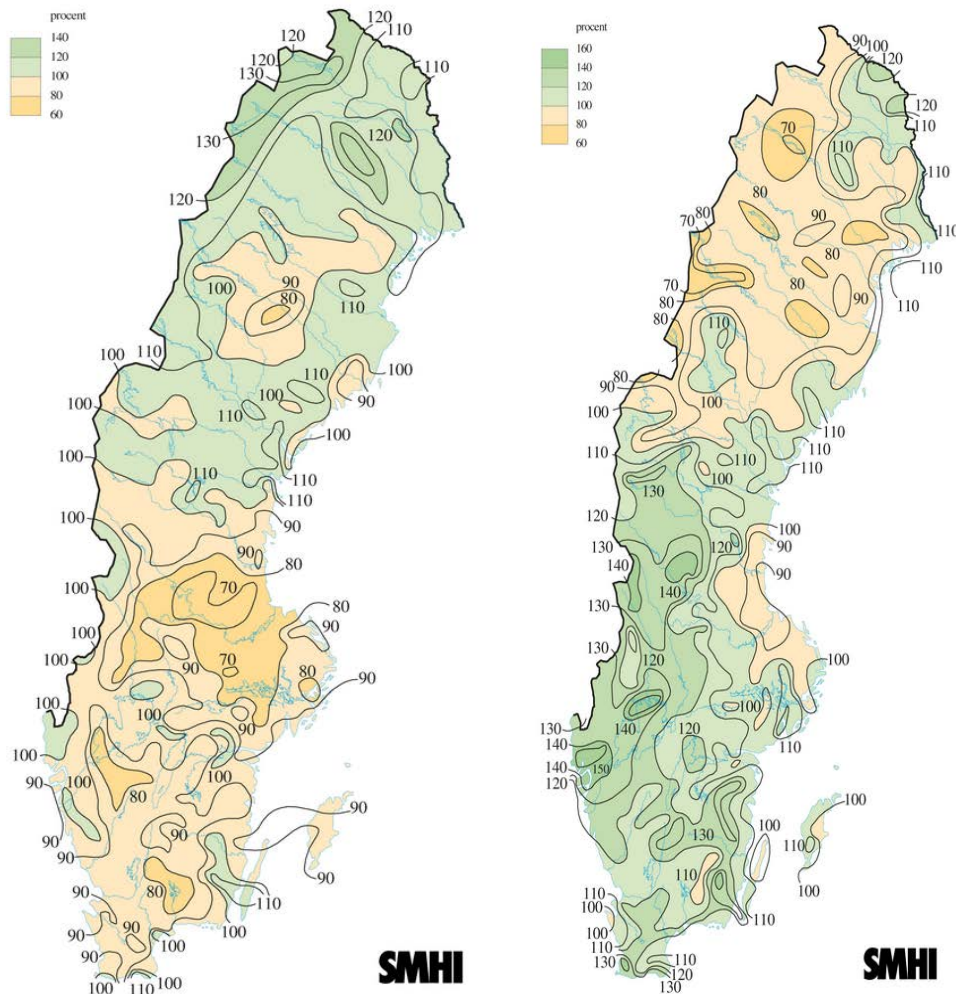
För både reducerat och oxiderat kväve samt oxiderat svavel exklusive havssalt ökade totaldepositionen för 2014, medan det svenska depositionsbidraget var relativt konstant över de två åren (något ökande för reducerat kväve i södra Sverige). Förutom vulkanutbrottet på Island så skiljer sig generellt inte emissionerna åt så mycket från ett år till ett annat, även om långtidstrenden är relevant.

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 (summan av 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 nederbördsmängd 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.

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.

Torrdepositionen är som sagt starkt kopplad till halt i luft, och vi såg ökade halter i luft av framförallt svaveldioxid 2014, men också av reducerat kväve. För oxiderat kväve var det främst en ökning i Stockholmsområdet. Dessa öknings av halt i luft leder till en ökad torrdeposition.

Våtdepositionen är kopplad till nederbörd, och tittar man på nederbördsmönstret för 2013 och 2014 i Figur 94, framkommer att 2014 var ett blötare år än normalt, främst i Götaland och Svealand, och torrare än normalt i Norrland. 2013 däremot visade motsatt mönster.



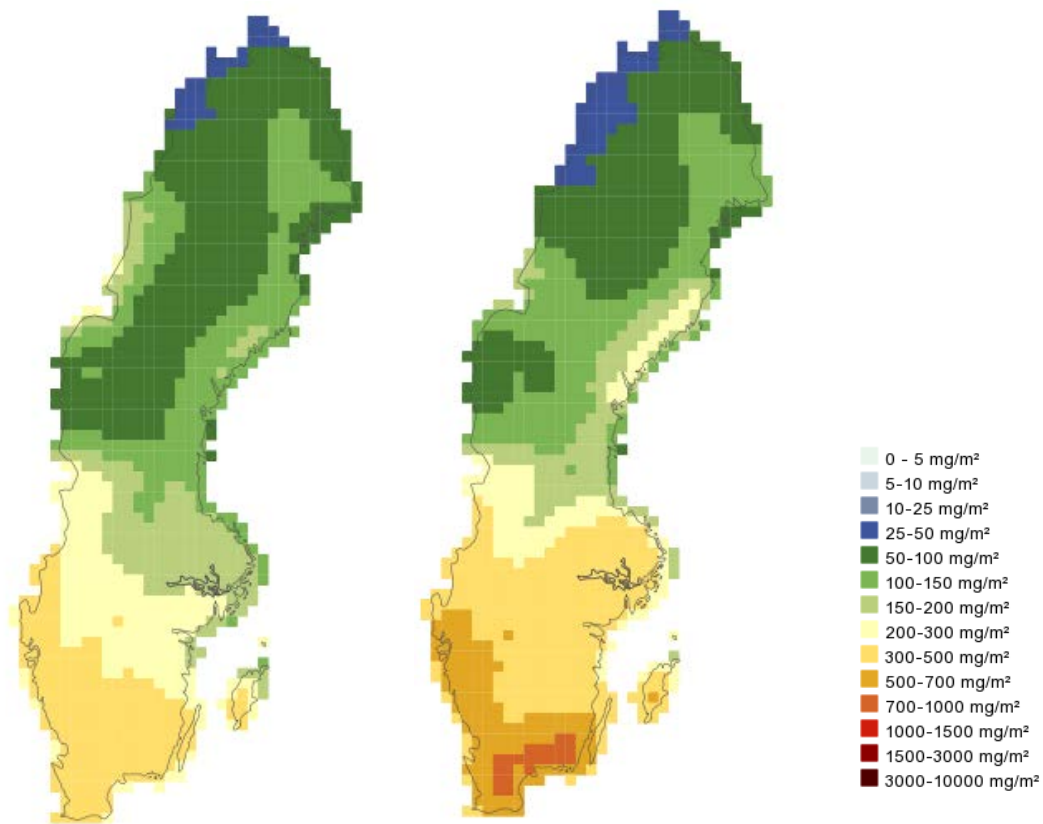
Figur 94 Nederbörd som procent av det normala för 2013 (v) och 2014 (h).

Ökningen i intransporterad lufthalt, kombinerat med mer nederbörd, orsakade mer våtdeposition av intransporterat reducerat kväve i södra Sverige 2014. Den större nederbörden orsakar även att mer lokalt utsläppt reducerat kväve deponeras nära utsläppskällorna, varför detta bidrag var större 2014 än 2013 också (vilket bidrar till den lägre lufthalten för lokalt reducerat kväve 2014).

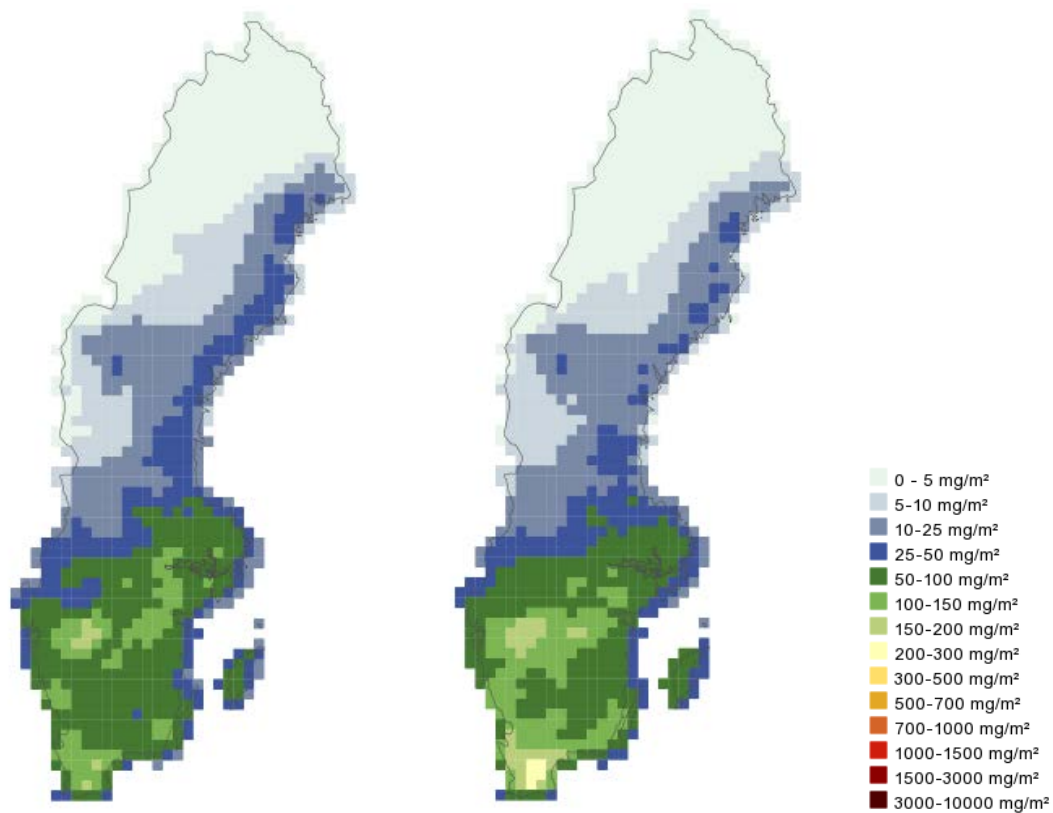
Totalt sett orsakade alltså mellanårsvariationerna i meteorologi att mer reducerat kväve transporterades in över Sverige och att mer reducerat kväve deponerades i Sverige 2014, jämfört med 2013. 2014 var däremot inte något extremt år, exempelvis 2012 hade lite större deposition än 2013.

Motsvarande förklaring gäller även till den ökade totaldepositionen av oxiderat kväve och svavel, med undantag för det svenska bidraget till totaldepositionen, där ingen markant trend syns.

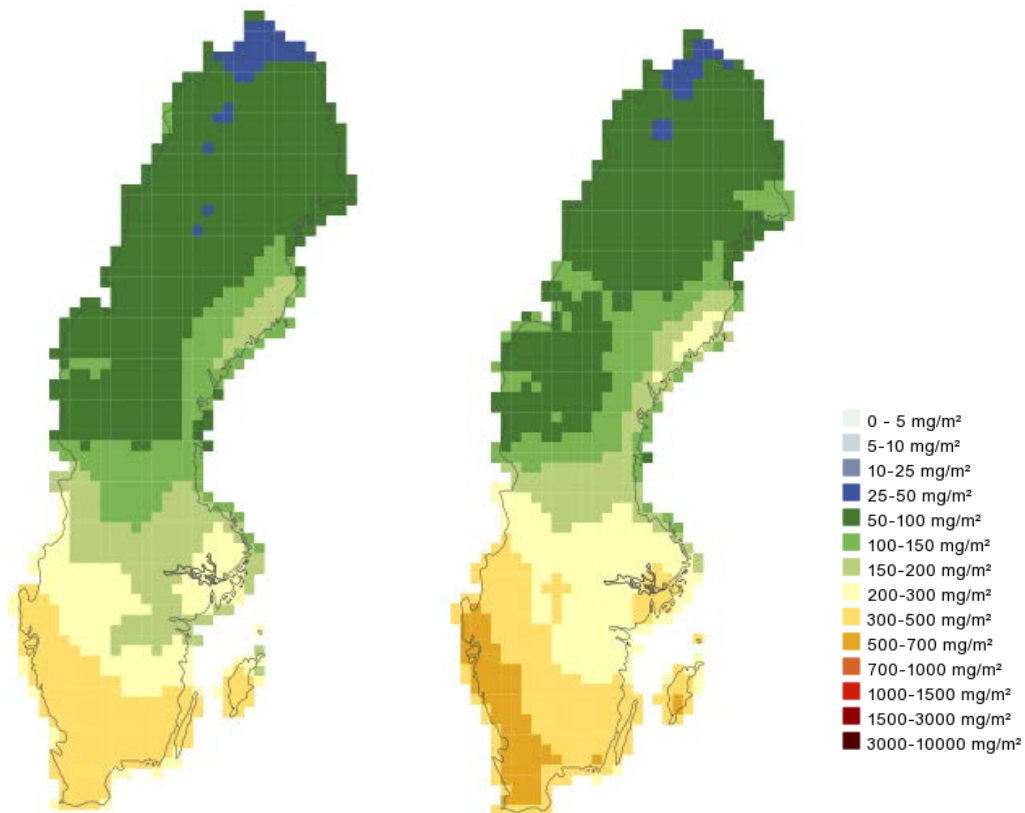
Andelen våtdeposition relativt totaldepositionen för 2014 över svenska landområden var i genomsnitt över Sverige 71 %, 79 % och 78 % för oxiderat svavel (havssalt ej inkluderat), reducerat respektive oxiderat kväve.



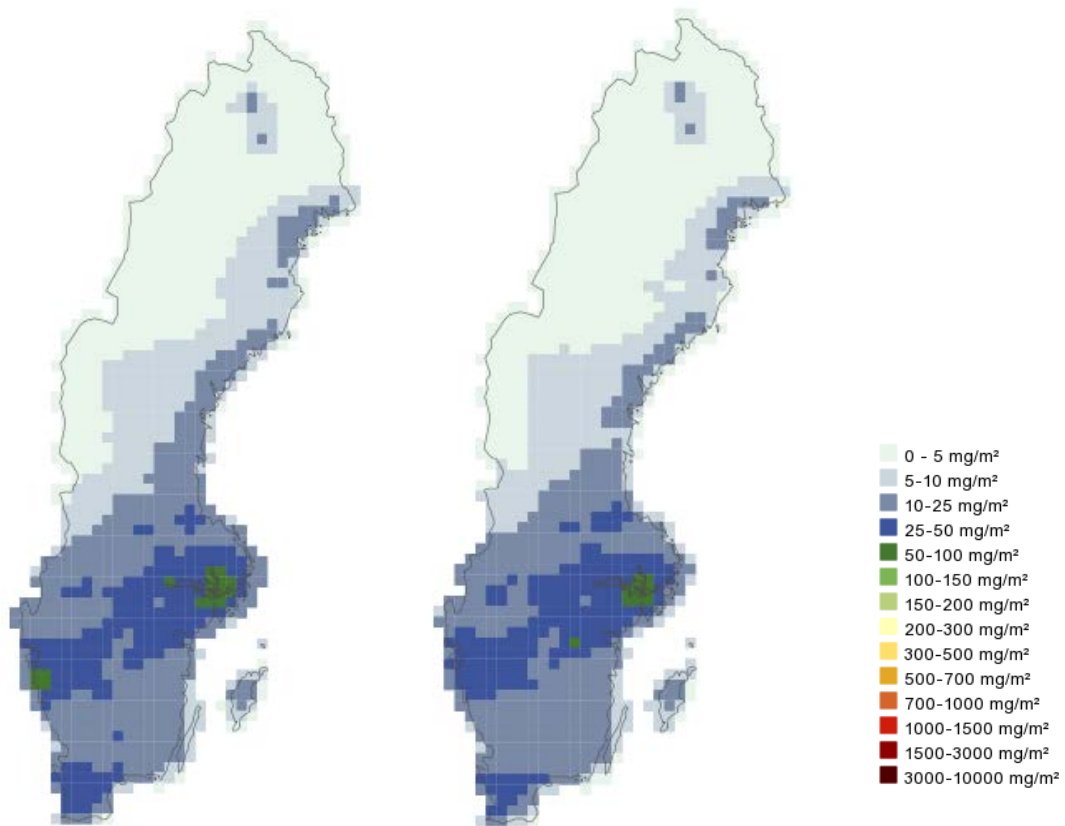
Figur 95 Totaldeposition av reducerat kväve (summan av ammonium och ammoniak) år 2013 (v) och 2014 (h).



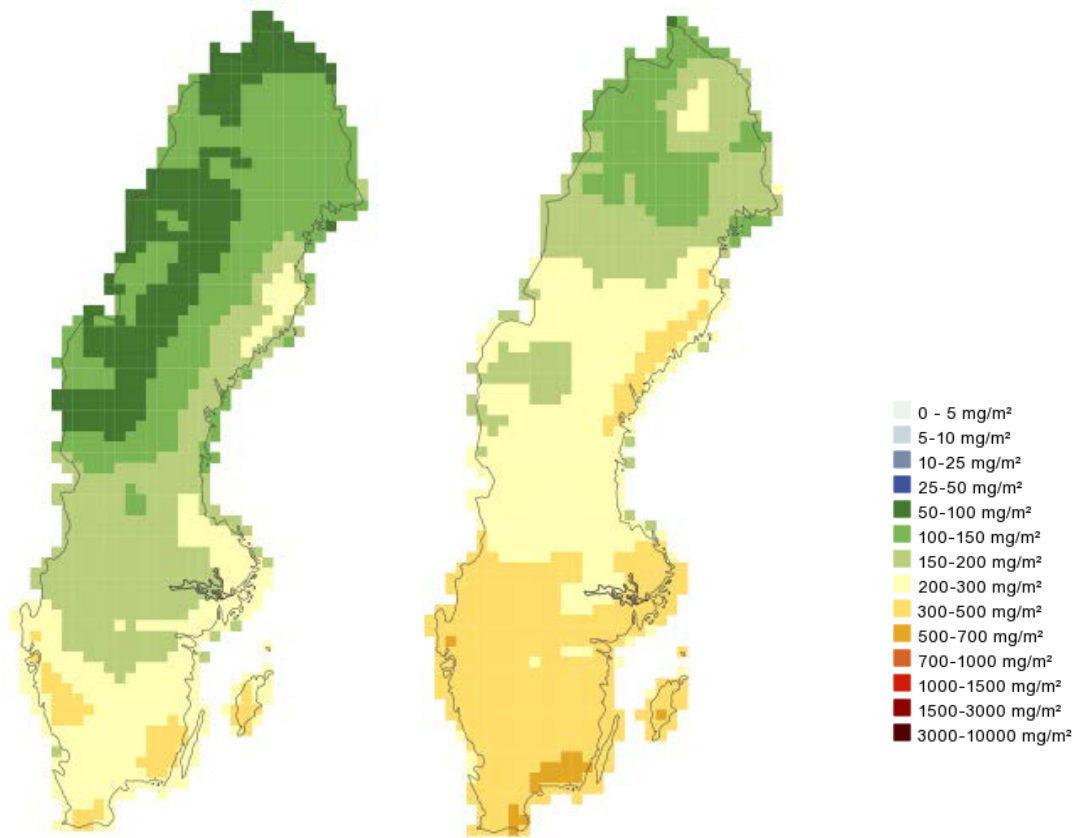
Figur 96 Svenskt bidrag till deposition av reducerat kväve (summan av ammonium och ammoniak) år 2013 (v) och 2014 (h).



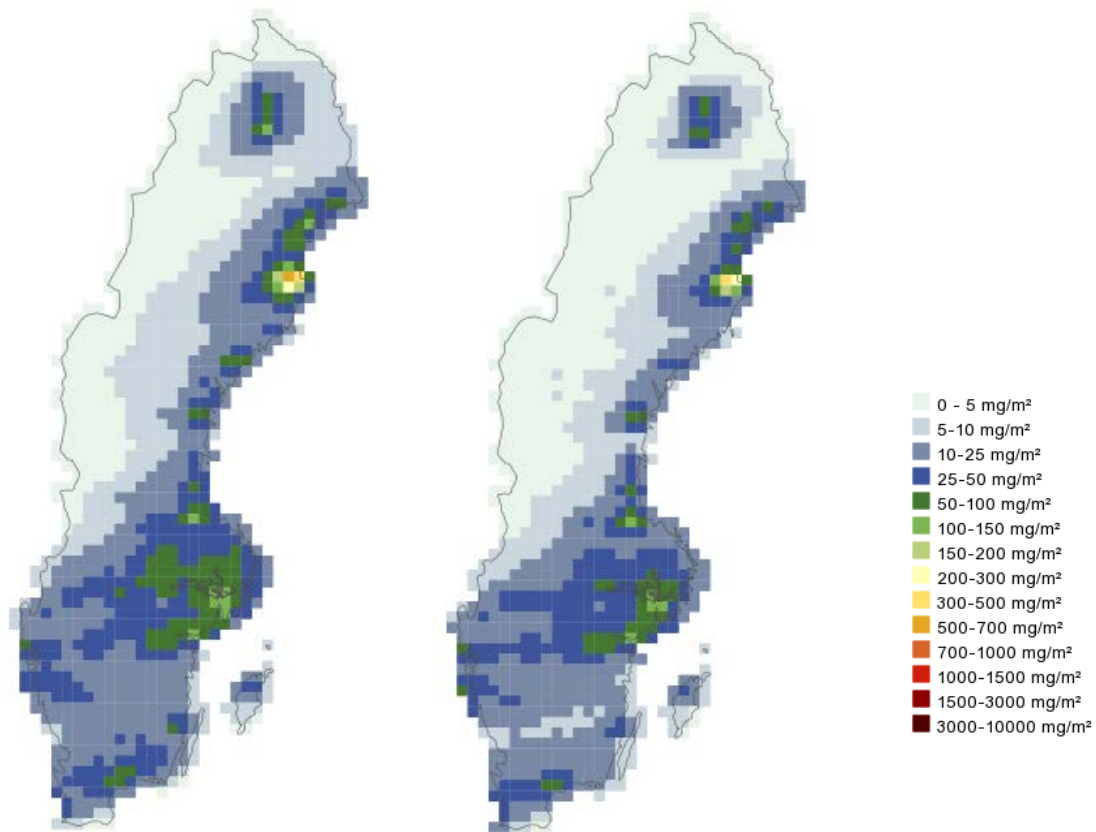
Figur 97 Totaldeposition av oxiderat kväve (summan av bland annat NO, NO₂, HNO₃, PAN, N₂O₅, NO₃-salter och organiskt NO₃) år 2013 (v) och 2014 (h).



Figur 98 Svenskt bidrag till deposition av oxiderat kväve (summan av bland annat NO, NO₂, HNO₃, PAN, N₂O₅, NO₃-salter och organiskt NO₃) år 2013 (v) och 2014 (h).



Figur 99 Totaldeposition av oxiderat svavel (summan av svaveldioxid och sulfat) exkl. havssalt år 2013 (v) och 2014 (h).

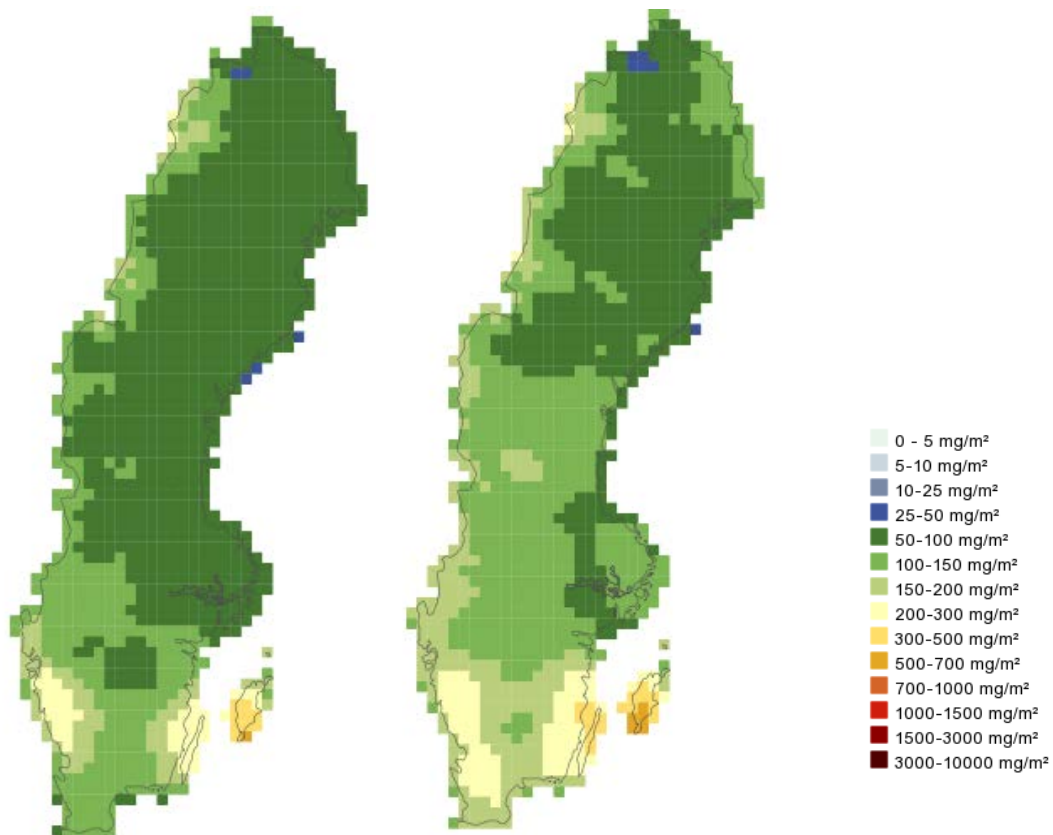


Figur 100 Svenskt bidrag till deposition av oxiderat svavel (summan av svaveldioxid och sulfat) exkl. havssalt år 2013 (v) och 2014 (h).

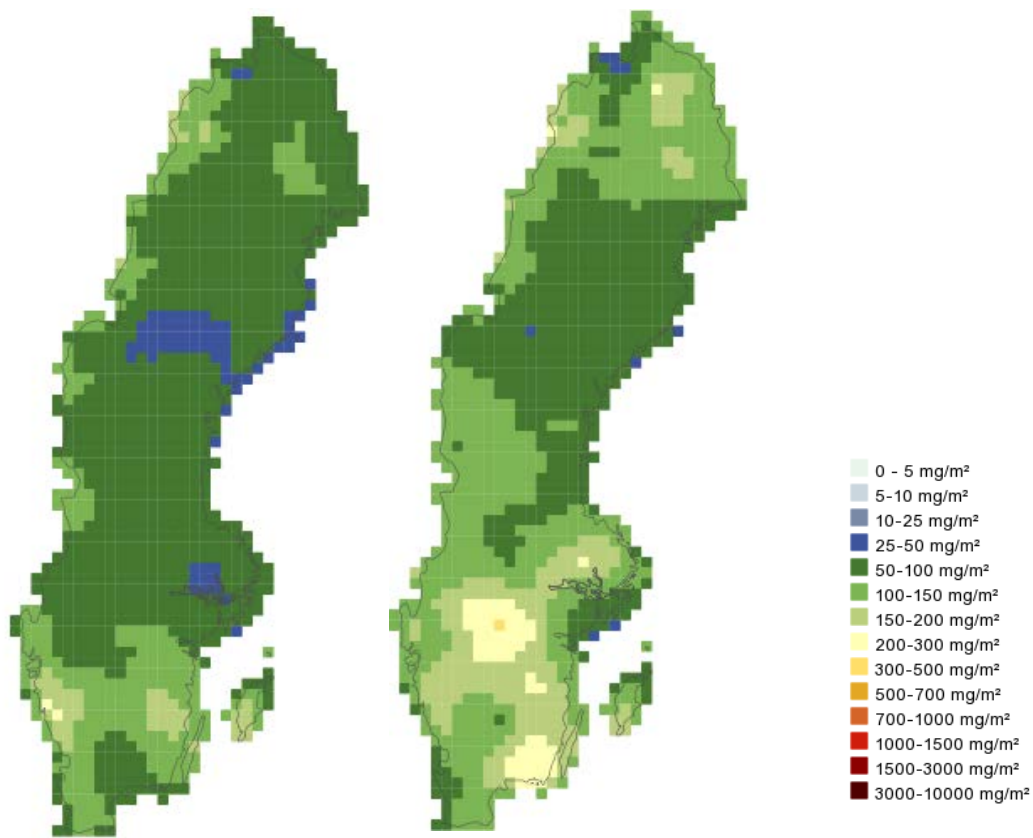
4.1.2.2 Modellerad deposition av baskatjoner

För baskatjoner ingår för tillfället endast beräkning av våtdeposition i MATCH Sverigesystemet. I Figur 101 till Figur 104 visas resultat för våtdepositionsberäkningar av baskatjoner för 2013-2014. Deposition av baskatjoner är av intresse eftersom det verkar neutraliserande. Vid försurningsmodellering är kunskap om detta nedfall användbart, då det kan balansera åtminstone delar av det försurande kväve- och svavelnedfallet som sker.

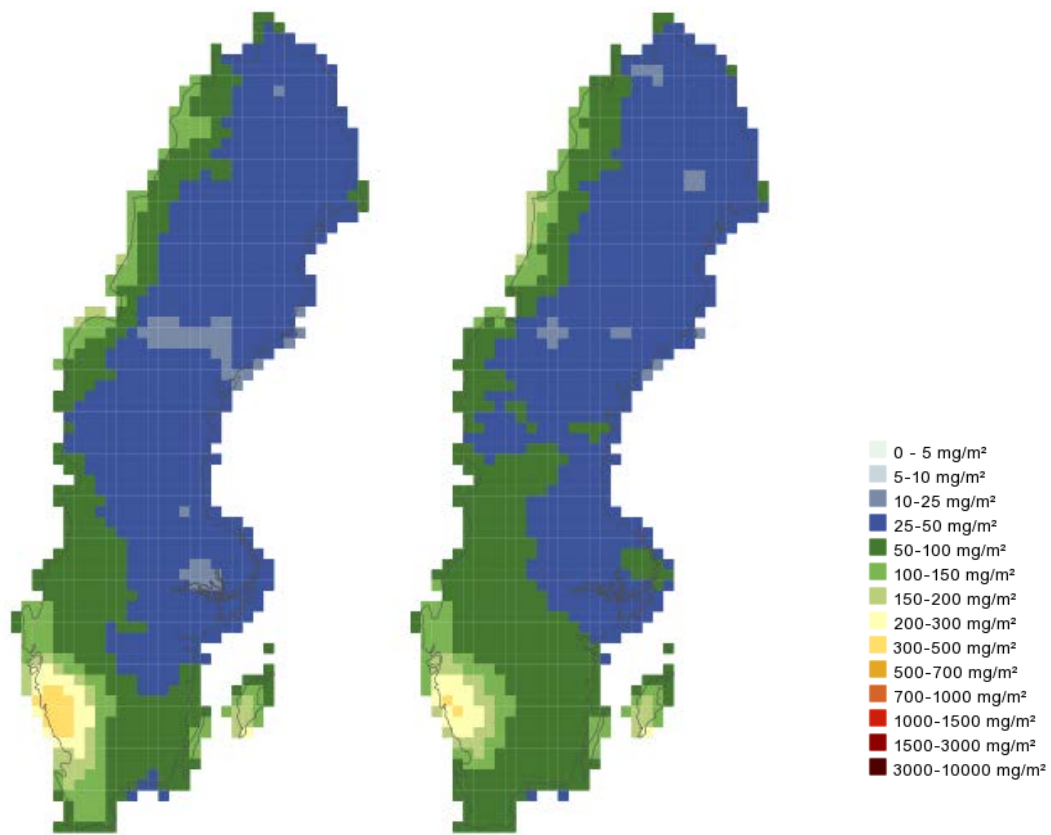
Den största våtdepositionen av kalcium (Ca) och kalium (K) återfinns främst över södra Sverige (Figur 101 respektive Figur 102). Våtdeposition av magnesium (Mg) är störst utmed västkusten, vilket inte är förvånande eftersom det absolut största bidraget kommer från havssalt (Figur 103). Det gör även, som väntat, natrium som återfinns i höga nivåer framför allt längs västkusten och delvis längs ostkusten (Figur 104). Våtdepositionen av natrium utmed gränsen mot Norge är en effekt av mycket höga natriumhalter i nederbörd utmed Norges kust. Natriumet kommer från havssalt.



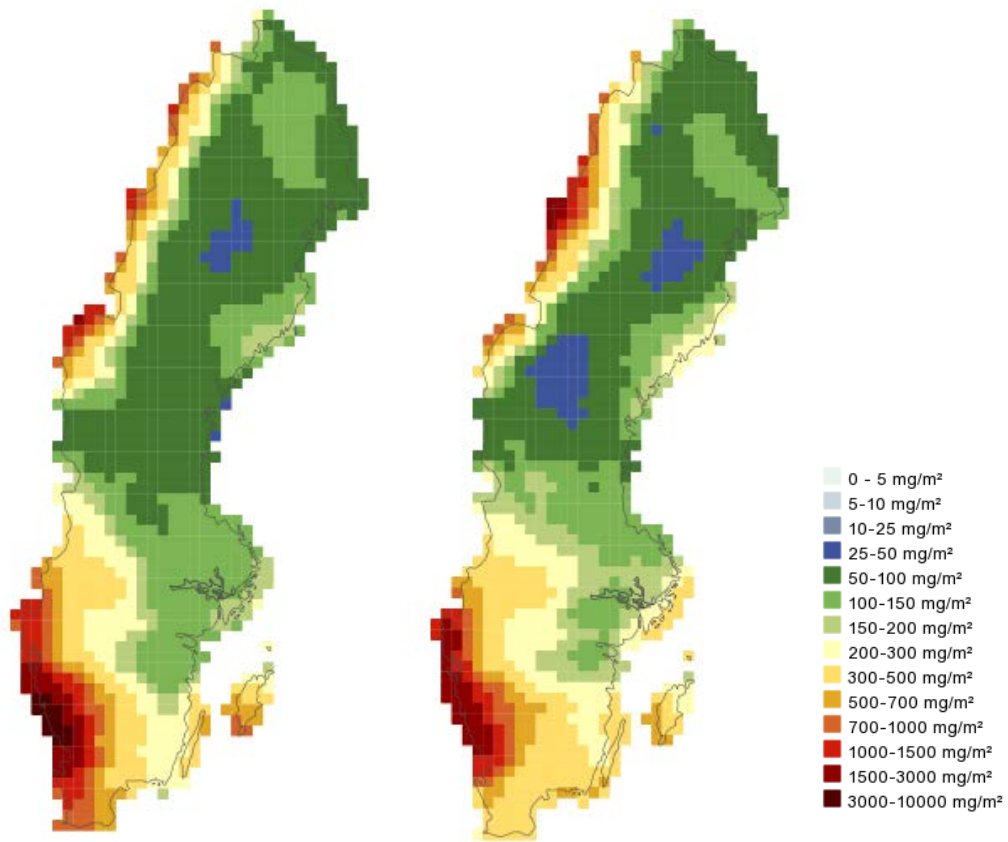
Figur 101 Våtdeposition av kalcium år 2013 (v) och 2014 (h).



Figur 102 Våtdeposition av kalium år 2013 (v) och 2014 (h).



Figur 103 Vätdeposition av magnesium år 2013 (v) och 2014 (h).



Figur 104 Vätdeposition av natrium år 2013 (v) och 2014 (h).

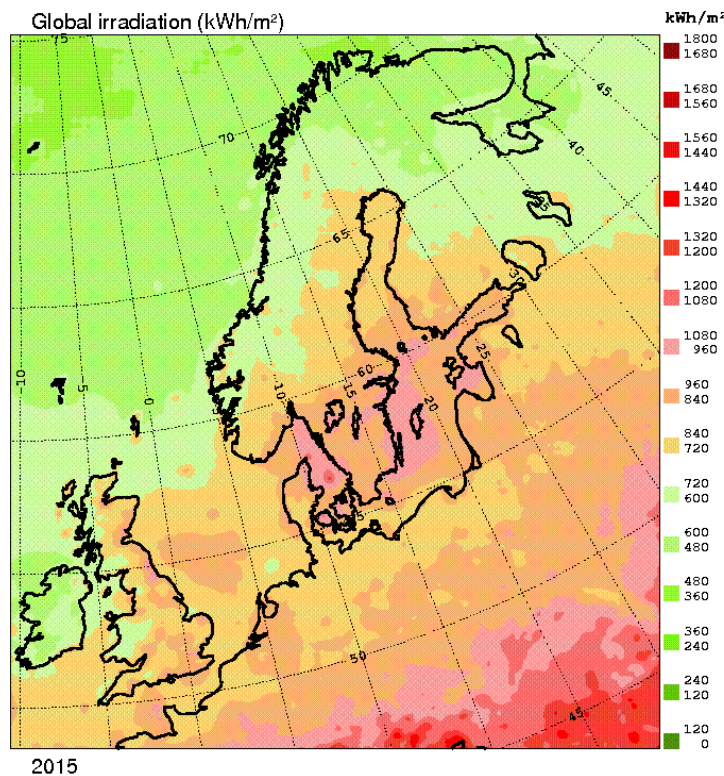
4.2 Kartläggning av solstrålning via STRÅNG

Modellberäkningarna med STRÅNG görs timme för timme i ett rutnät över norra Europa av ett antal strålningsvariabler. I de följande avsnitten visas exempel på hur dessa variabler varierar i rummet. Data och fler kartor kan laddas ner från <http://strang.smhi.se/> för åren sedan 1999 till och med igår.

4.2.1 Globalstrålning

Globalstrålning är den solenergi som infaller mot en horisontell yta. I den årskarta för 2015 som visas nedan visas den över året ackumulerade solenergin (kWh/m²). Notera att kartprojektionens aning är vriden. Det framgår tydligt att solstrålningen är högre i söder än i norr. Men en intressant och vanligen förekommande detalj är att solstrålningen kring Östersjön ofta är högre än platser på motsvarande breddgrader. Några sydsvenska orter har samma årliga globalstrålning som orter i södra Tyskland.

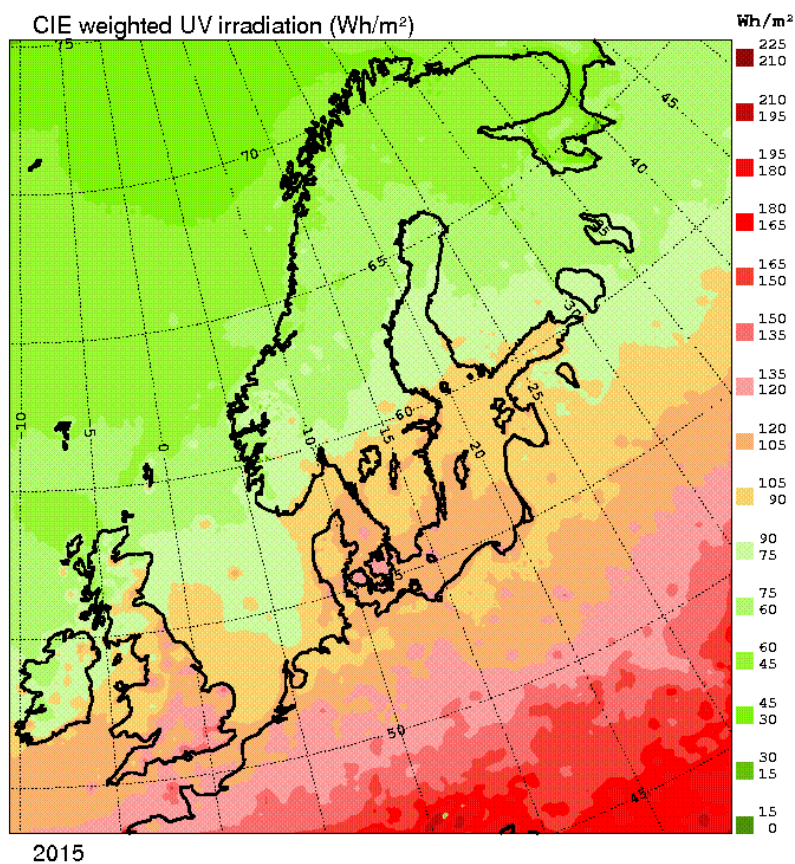
I Sverige syns det vanligen förekommande mönstret att globalstrålningen är högre i söder än i norr. I söder är globalstrålningen lägre över Sydsvenska höglandet än utmed kusterna och över de stora sjöarna. I norra Sverige avtar globalstrålningen från kusten uppemot fjällerna. Från 1960-talet och fram till slutet av 1980-talet minskade globalstrålningen i stora delar av Europa, så även i Sverige. Sedan dess har det skett en viss ökning (Wild, 2012).



Figur 105 Globalstrålning årssumma för 2015 (kWh/m²).

4.2.2 UV-strålning

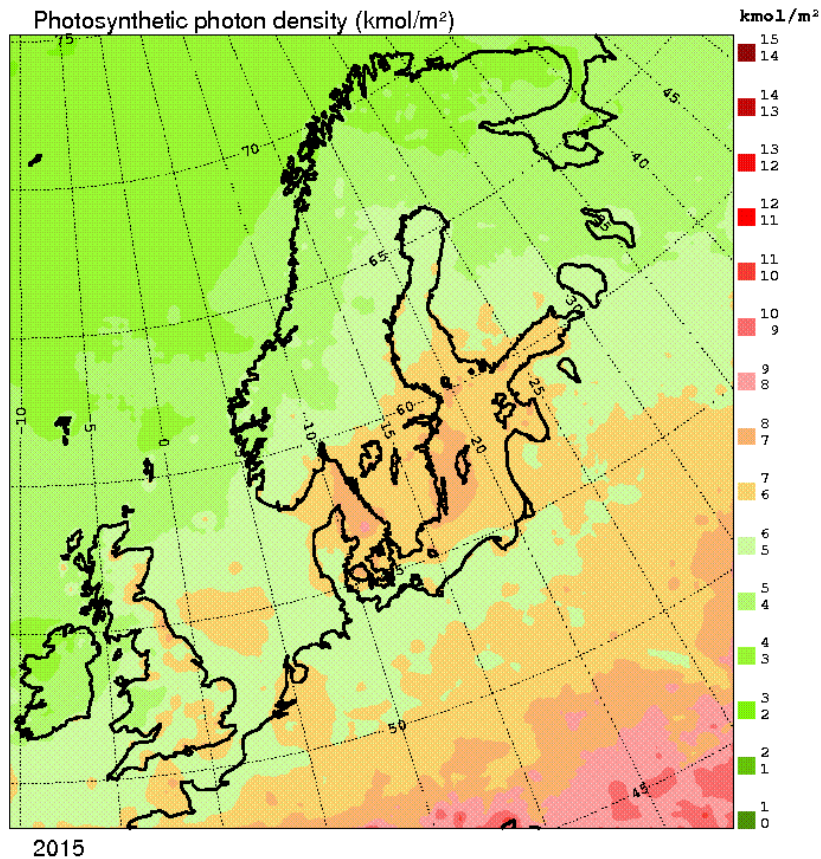
I jämförelse med globalstrålningen är UV-strålningen än mer latitudberoende. Trots det ser en även här att Östersjöområdet får mer UV än motsvarande breddgrader i omgivningen. I Figur 106 visas den CIE-erytemviktade UV-strålningen, dvs. den delen av den ultravioletta solstrålningen som orsakar solbränna (ICNIRP, 1995). Variationer i årsvärden av UV kan vara stora, främst beroende av varierande molnighet under sommarhalvåret. Sedan 1999 verkar UV-strålningen över Sverige ligga på ungefär samma nivå. De små trender som finns för perioden är inte signifikanta med hänsyn taget till de osäkerheter och den naturliga variation som föreligger.



Figur 106 Den CIE-erytemviktade UV-strålningen för 2015 (Wh/m²).

4.2.3 Fotosyntetiskt aktiv strålning

Den fotosyntetiskt aktiva solstrålningens (ofta kallad PAR) geografiska fördelning påminner starkt om den som gäller globalstrålningen. Detta är inte underligt eftersom PARs spektrala tyngdpunkt ligger nära globalstrålningens tyngdpunkt, det vill säga i det synliga området. De båda strålningsstorheterna påverkas därför i likande grad av olika strålningsprocesser i atmosfären; t.ex. spridning och absorption.



Figur 107 Den fotosyntetiskt aktiva strålningen för 2015 (kmol/m²).

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.
- Andersson, C., Södergren H. och Torstensson M. (2014). Metodförändring och utvärdering av MATCH-Sverigesystemet. SMHI rapport nr 2014-16.
- Andersson, C., Engardt, M., Alpfjord, H. (2015). Återanalys av marknära ozon i Sverige för perioden 1990-2013. SMHI rapport nr 2015-80.
- Anttila, P., Brorström-Lundén., Hansson, K., Hakola H. and Vestenius, M. (2016). Assessment of the spatial and temporal distribution of persistent organic pollutants (POPs) in the Nordic atmosphere, *Atmospheric Environment* 140 (2016) 22e33.
- 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.
- 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/>
- Gueymard, C. A., 1995: Simple Model of the Atmospheric Radiative Transfer of Sunshine, version 2 (SMARTS2): Algorithms description and performance assessment, Report FSEC-PF-270-95, Florida Solar Energy Center.
- Hansen, K., Pihl Karlsson, G., Ferm, M., Karlsson, P.E., Bennet, C., Granat, L., Kronnäs, V., von Brömssen, C., Engardt, M., Akselsson, C., Simpson, D., Hellsten, S. & Svensson, A. (2013). Trender i kvävenedfall över Sverige 1955-2011. IVL Report B2119.
- Hung, H., Katsoyiannis A., Eva Brorström-Lundén, E., Olafsdottir, K., Aas, W., t Breivik, K., Bohlin-Nizzetto, P., Sigurdsson, E., Hakola H., Bossi R., Skov H., Sverko, E., Barresi, E., Fellin P. and Wilson, S. (2016) Temporal trends of Persistent Organic Pollutants (POPs) in arctic air: 20 years of monitoring under the Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). Environmental Pollution
- Hellsten, S., Westling, O. (2006). Försurande och övergödande nedfall i skog – Delprogram Kronddropp inom programområde Luft, Sakrapport 2006 06 01, För Naturvårdsverket, Avtal 211 0411.
- ICNIRP (1995), Global Solar UV Index, A joint recommendation of WHO, WMO, UNEP and ICNIRP, ICNIRP-1/95, ISBN 3-9804789-0-4.
- IMM-rapport (1992 a): Hälsorelaterad miljöövervakning - ett programförslag, rapport nr 7/92.
- IMM-rapport (1992 b): Victorin, K. (1992b). Uppdaterad hälsoriskbedömning av etenoxid, eten och propen. Institutet för miljömedicin, rapport nr 8/92.
- 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.
- Landelius T., Josefsson W. and Persson T, 2001, A system for modelling solar radiation parameters with mesoscale spatial resolution, SMHI Reports Meteorology and Climatology, RMK No.96, May 2001, ISSN 0347-2116.
- Langner, J., Engardt, M., and Andersson, C.: European summer surface ozone 1990–2100, Atmos. Chem. Phys., 12, 10097-10105, doi:10.5194/acp-12-10097-2012, 2012.
- 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).

Markakis, K., Valari, M., Engardt, M., Lacressonniere, G., Vautard, R. and Andersson, C. (2016). Mid-21st century air quality at the urban scale under the influence of changed climate and emissions. Case studies for Paris and Stockholm. *Atmospheric Chemistry and Physics* 18, 1877-1894. doi:10.5194/acp-16-1877-2016.

Miljödepartementet (2012). Svenska miljömål – preciseringar av miljökvalitetsmålen och en första uppsättning etappmål. Ds 2012:23.

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.

Persson C. och Thomas M. (2016). Vulkanutbrottet Bardarbunga/Holuhraun 2014-2015 - Påverkan på luftmiljön i Sverige. SMHI Uppdragsrapport 2016/1.

Robertson, L., Langner, J. and Engardt, M. (1999). An Eulerian limited-area atmospheric transport model. *J. Appl. Meteor.* 38, 190-210.

Simpson, D., Andersson, C., Christensen, J.H., Engardt, M., Geels, C., Nyiri, A., Posch, M., Soares, J., Sofiev, M., Wind, P. and Langner, J. (2014). Impacts of climate and emission changes on nitrogen deposition in Europe: a multi-model study. *Atmos. Chem. Phys.* 14, 6995-7017. doi:10.5194/acp-14-6995-2014.

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, N0. 10, 1561.

SMHI, 2014: (<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/sveriges-klimat-har-blivit-varmare-och-blotare-1.21614>).

Wild, M. (2012), Enlightening Global Dimming and Brightening, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 93, pp. 27–37.

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 2014-2015 avseende EMEP (exkl. tungmetaller).

Delprogram	Parameter	Frekvens	Stationer
Frisk Luft			
Luft	Oorganiska komponenter: SO ₂ , SO ₄ , NO ₃ +HNO ₃ , NH ₄ +NH ₃ , Cl, Na, K, Ca, Mg, NO ₂	Dygn	Vavihill; Aspvreten; Råö; Bredkålen
Gas/partikel fördelning	NH ₃ , NH ₄ , HCl, HNO ₃ , NO ₃	Månad	Vavihill
Nederbörd	Oorganiska komponenter SO ₄ , NO ₃ , NH ₄ , pH, Na, K, Ca, Mg, Cl, konduktivitet, nederbörsmängd	Dygn	Råö; Bredkålen
		Månad	Vavihill; Aspvreten
Marknära ozon			
Luft	O ₃	Timme	Vavihill; Råö; Norra Kvill; Grimsö; Aspvreten ¹⁾ ; Bredkålen; Vindeln; Esrangle; Östad; Asa; Staffanstorp ²⁾ ; Rödeby ²⁾ ; Ytterby ²⁾ ; Djursholm ²⁾
	O ₃	Månad	Djursvallen, nedre; Docksta; Granan; Jädraås; Pålkem; Rickleå; Sjöängen; Sännen; Hoburgen
	NO ₂	Månad	Norra Kvill; Grimsö; Vindeln; Esrange; Östad; Asa; Staffanstorp ²⁾ ; Rödeby ²⁾ ; Ytterby ²⁾ ; Djursholm ²⁾
Partiklar och sot			
Luft	PM ₁₀	Timme	Vavihill ¹⁾ ; Aspvreten ¹⁾
		Dygn	Råö; Bredkålen
	PM _{2.5}	Timme	Vavihill ¹⁾ ; Aspvreten ¹⁾
		Dygn	Råö; Bredkålen
	OC/EC	Dygn	Aspvreten ¹⁾ (kampanjvis)
		Vecka	Vavihill ¹⁾
	Sot	Dygn	Vavihill; Råö; Bredkålen
PM _{2.5} i tätort	Dygn	Burlöv ³⁾ ; Stockholm ³⁾ ; Umeå ³⁾	

¹⁾ Drivs av ITM; ²⁾ Förortsmiljö; ³⁾ Urban bakgrund

Luft- och nederbördskemiska nätet (LNKN)

Inom LNKN utförs mätningar av bland annat svavel- och kväveföreningar och basketjoner i nederbörd samt svaveldioxid, kvävedioxid och marknära ozon i luft på månadsbasis. Mätprogrammet för 2015 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 2015. Samtliga parametrar mäts månadsvis.

Medium	Parameter	Enhet
Nederbörd	Nederbördsmängd	mm/månad
Nederbörd	pH	
Nederbörd	Halt av sulfat-svavel (SO ₄ -S)	mg/l
Nederbörd	Halt av nitrat-kväve (NO ₃ -N)	mg/l
Nederbörd	Halt av ammonium-kväve (NO ₄ -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 ₂)	µg/m ³
Luft	Halt av kvävedioxid (NO ₂)	µg/m ³
Luft	Halt av ozon (O ₃)	µg/m ³

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 – 201512
Djursvallen, nedre	199601 – 201512	198801 – 201512
Docksta	199601 – 201512	198301 – 201512
Esränge		199009 – 201512
Granan	199601 – 201512	198309 – 201512
Hoburgen	200901 - 201512	
Jädraås	199401 – 201512	199408 – 201512
Majstre		198709 – 201512
Norra Kvill		198301 – 201512
Pålkem	199601 – 201512	198301 – 201512
Rickleå	199408 - 201512	198301 – 201512
Ryda Kungsgård		199211 – 201512
Sandnäset		198301 – 201512
Sjöängen	199408 – 201512	199408 – 201512
Sännen	199601 – 201512	198301 – 201512
Tandövala		198801 – 201512
Tyresta		198801 – 201512

Krondroppsnätet

Krondroppsnätet är ett gemensamt delprogram "Nedfall av luftföroreningar och markvattenkvalitet i skog". Den del av Krondroppsnätet som finansieras av Naturvårdsverket utgörs främst av mätningar i nederbörden över öppet fält vid 18 stationer samt av torrdeposition vid 10 platser (2016). Nedan följer en beskrivning av hela Krondroppsnätet.

IVL Svenska Miljöinstitutet genomför sedan 1985 samordnade, länsbaserade undersökningar av lufthalter och nedfall av föroreningar till skogsmarken samt analyser av markvattenkemi inom Krondroppsnätet på uppdrag av bl.a. luftvårdsförbund, länsstyrelser, Naturvårdsverket och kommuner. 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 Krondroppsnätet även miljömålen: *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet* samt *Levande skogar*.

Resultaten redovisas årligen i rapporter samt på Krondroppsnätets webbplats, www.krondroppsnatet.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 Krondroppsnätet på månadsbasis, dels på öppet fält, dels i skogen under krontaket

(kronddropp) och dels med hjälp av strängprovtagare under tak. Mätningarna på **öppet fält**, speglar huvudsakligen våtdeposition, det vill säga föroreningarna som följer med nederbörden. **Kronddroppsmätningarna**, 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 svavel-dioxid, kvävedioxid, ammoniak och ozon sker med hjälp av diffusionsprovtagare som kvantitativt absorberar den gas som ska mätas. **Markvattenmätningar** 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.

Kronddroppsnätet bedrivs främst på uppdrag av Luftvårdsförbund, Länsstyrelser och Naturvårdsverket. Mer information om hela Kronddroppsnätet finns på www.kronddroppsnatet.ivl.se. De stationer som ingår i den nationella miljöövervakningen inom Kronddroppsnätet som finansieras av Naturvårdsverket redovisas i Tabell 1:4.

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

IVLnr	Namn	X koord	Y koord	Typ av mätning*
D 11	Edeby	6537280	1567660	ÖF + SP
F 23	Fagerhult	6376330	1472290	ÖF + SP
H 13	Rockneby	6303300	1531250	ÖF + SP
L 18	Hissmossa	6230430	1357680	ÖF + SP
N 13	Timrilt	6297600	1337250	ÖF + SP
O 35	Hensbacka	6486550	1262400	ÖF + SP
S 22	Blåbärskullen	6637080	1337460	ÖF + SP
Y 07	Storulvsjön	6907600	1527650	ÖF + SP
BD02	Myrberg	7337900	1718100	ÖF + SP
M 16	Stenshult	6159220	1359040	SP
AC04	Högbränna	7257830	1606750	ÖF
W 90	Fulufjäll	6832420	1346000	ÖF
A 35	Farstanäs	6554150	1604700	ÖF
E 22	Höka	6515900	1461800	ÖF
Z 04	Sör-Digertjärn	6877050	1427600	ÖF
K 11	Komperskulla	6241420	1428480	ÖF
U 04	Kvisterhult	6580700	1507500	ÖF
G 22	Tagel	6326950	1413300	ÖF
H 01	Ottenby	6233050	1538550	ÖF + LH+KD+MV

* ÖF=Öppet fält, SP=Strängprov, KD=Kronddropp, LH=Lufthalter, MV=Markvatten.

De parametrar som mäts över öppet fält inom Krondroppsnätet inom den nationella miljöövervakningen är: nederbördsmängd, pH, alkalinitet, SO₄-S, Cl, NO₃-N, NH₄-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 men ingår inte i Programområde Luft. 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 (PM₁₀) 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 Breddkälen 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 enkelprov med bulkprovtagare på 14-dagarsbasis. Nederbördsättningarna görs med samma frekvens vid alla stationer. Samtliga analyser av kvicksilver och övriga metaller genomförs av IVL.



Tabell 1:5 Aktuellt mätprogram avseende tungmetaller inom EMEP.

Delområde	Parameter	Frekvens	Stationer
Metaller			
Luft	As, Cd, Ni, Pb, Co, Cr, Cu, Zn, Mn, V	Månadsvis (på PM ₁₀ -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)	14-dagarsprov, enkelprov	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)perylene, 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),	Månad	2009	2009		



Grupp	Parameter	Frekvens	Stationer			
			Råö	Pallas	Aspvreten	Vavihill
	endosulfan-sulfat					
3d	Aldrin, heptaklor, atrazin, diuron, isoproturon	Månad	2009			
4	Bromerade flamskyddsmedel PBDE: (BDE 47, 99, 100)	Månad	2001	2003	2009	
4	BDE-85, 153, 154	Månad	2013	2013	2013	
4	BDE-209, HBCD	Månad	2009	2009		
5	PFAS: (PFOS, PFOA)	Månad	2009			
6**	VOC: Bensen, toluen, n-oktan, n-butylacetat, etylbensen, m-, p-, o-xylen, n-nonan	1 v/månad	2009			
	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,	4 månader/år	2009		2009	
	Kortkjedjiga klorparaffiner (SCCP)	4 månader/år	2009		2009	
	Mediumkjedjiga klorparaffiner (MCCP)	4 månader/år	2012		2012	

* 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 taknivån, 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)

Miljöövervakning av pesticider i luft och nederbörd genomförs av SLU på uppdrag av Naturvårdsverket vid två stationer, vid Vavihill i Skåne sedan 2002 och vid Aspvreten i Södermanland sedan 2009 (endast nederbörd). 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. Luftprover samlas in med hjälp av en luftpump som pumpar luften genom en kassett med ett glasfiberfilter och en adsorbent bestående av polyuretanskum (PUF), samt en mätare som kontinuerligt mäter luftflödet under drift. PUF-adsorbenten har analyserats under hela perioden 2009-2015. Inom ett specialprojekt har även glasfiberfiltret analyserats (2010-2015, ej 2013) för att även undersöka partikelbunden transport av pesticider.

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 med fungicider och insekticider). Variabler som analyserats är aktiva substanser av bekämpningsmedel (växtskyddsmedel) som främst används inom jordbruket och trädgårdsnäringen. De utvalda substanserna framgår av Tabell 1:8 och inkluderar tre grupper av pesticider: A) pesticider som är förbjudna inom EU; B) pesticider som är förbjudna i Sverige men används inom andra EU-länder; C) pesticider som är tillåtna i Sverige. Listan inkluderar samtliga prioriterade pesticider inom EU: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 Växtskyddmedel som analyseras i luft och nederbörd, samt information om eventuell status inom EU:s ramdirektiv för vatten.

Substans ^A	Typ [#]	Grupp [*]	Luft	Regn	Substans ^A	Typ	Grupp	Luft	Regn
acetamiprid ^b	I	C		2010-2015	isoproturon ^{p,s}	H	B	2009-2015	2002-2015
aklonifen ^{p,s}	H	C	2009-2015	2002-2015	jodsulfuronmetyl-Na	H	C		2010-2015
alaklor ^p	H	A	2009-2015	2002-2015	karbendazim ^s	F	B		2011-2015
aldrin	I	A	2009-2015	2002-2015	karbofuran	I	A	2009-2015	2002-2014
alfacypermetrin	I	C	2009-2015	2002-2015	karbosulfan	I	A		2002-2004
amidosulfuron	H	C		2010-2015	karfentrazonetyl	H	C		2010-2015
amisulbrom	F	C		2015-2015	karfentrazonsyra	N			2004-2015
atrazin ^p	H	A	2009-2015	2002-2015	klomazon	H	C		2010-2015
DEA	N		2009-2015	2002-2015	klopyralid	H	C		2002-2015
DIPA	N			2002-2015	klordan-alfa	I	A	2009-2015	2010-2015
azoxystrobin	F	C	2009-2015	2002-2015	klordan-gamma	I	A	2009-2015	2002-2015
benazolin	H	A		2003-2014	klorfenvinfos ^p	I	A	2009-2015	2002-2015
bentazon	H	C		2002-2015	kloridazon	H	B		2002-2015
betacyflutrin	I	C	2009-2015	2005-2015	klorpyrifos	I	B	2009-2015	2002-2015
bifenox ^p	H	C	2013-2015	2011-2015	klotianidin ^b	I	B		2012-2015
bifenox-syra	N			2011-2015	kvinmerak	H	B		2002-2015
bitertanol	F	A	2009-2015	2002-2015	lambda-cyhalotrin ^s	I	C	2009-2015	2002-2015
boskalid	F	C		2013-2015	lindan ^p	I	A	2009-2015	2002-2015
cinidonetyl	H	B		2004-2004	HCH-alfa ^p	N		2009-2015	2002-2015
cyanazin	H	A	2009-2015	2002-2015	HCH-beta ^p	N		2009-2015	2002-2015
cyazofamid	F	C		2010-2015	HCH-delta ^p	N		2009-2015	2002-2015
cybutryn ^p	B	A		2012-2015	linuron ^s	H	B	2009-2010	2008-2015
cyflufenamid	F	C		2011-2015	mandipropamid	F	C		2011-2015
cyflutrin	I	C	2009-2015	2002-2015	MCPA	H	C		2002-2015
cykloxidim	H	C		2010-2015	mekoprop ^s	H	C		2002-2015
cypermetrin ^p	I	C	2009-2015	2002-2015	mesosulfuronmetyl	H	C		2010-2015
cyprodinil ^s	F	C	2009-2015	2005-2015	metabenstiazuron	H	A		2002-2015
2,4-D	H	C		2002-2015	metalaxyl ^s	F	C	2009-2015	2002-2015
DDT-p,p ^p	I	A	2009-2015	2002-2005	metamitron	H	C	2009-2015	2002-2015
DDD-p,p ^p	N		2011-2015	2002-2005	metazaklor	H	B	2009-2015	2002-2015
DDE-p,p ^p	N		2009-2015	2002-2005	metiokarb ^b	I	B		2012-2015
DDT-o,p ^p	N		2010-2015	2002-2005	metolaklor	H	B		2010-2015
deltametrin	I	C	2009-2015	2002-2015	metrafenon	F	C		2011-2015
difenokonazol ^s	F	C		2011-2015	metribuzin ^s	H	C	2009-2015	2002-2015
diflufenikan ^s	H	C	2009-2015	2002-2015	metsulfuronmetyl ^s	H	C		2010-2015
dikamba	H	B		2002-2010	oxadiazon ^{b,s}	H	B		2015-2015
diklobenil	H	A	2009-2015	2002-2015	pendimetalin ^s	H	B	2009-2015	2002-2015
BAM	N			2002-2015	penkonazol	F	C	2009-2015	2005-2015



Substans ^A	Typ [#]	Grupp [*]	Luft	Regn	Substans ^A	Typ	Grupp	Luft	Regn
diklorprop	H	A		2002-2015	permetrin	I	C	2009-2015	2002-2015
diklorvos ^P	I	A		2012-2015	pikloram	H	C		2012-2015
dikofol ^P	I	A		2003-2005	pikoxystrobin	F	C	2009-2009	2008-2015
dimetoat ^S	I	B	2009-2015	2002-2015	pirimikarb ^S	I	C	2009-2015	2002-2015
diuron ^P	H	B	2009-2015	2002-2015	procymidon	F	A	2009-2009	2008-2010
endosulfan-alfa ^P	I	A	2009-2015	2002-2015	prokloraz ^S	F	B	2009-2015	2002-2015
endosulfan-beta ^P	I	A	2009-2015	2002-2015	propamokarb	F	C		2010-2015
endosulfansulfat	N		2009-2015	2002-2015	propikonazol ^S	F	C	2009-2015	2002-2015
epoxikonazol ^S	F	B	2009-2009	2008-2015	propoxikarbazon-Na ^S	H	C		2010-2015
esfenvalerat ^S	I	C	2009-2015	2002-2015	propyzamid	H	C	2009-2015	2002-2015
etofumesat	H	C	2009-2015	2002-2015	prosulfokarb	H	C	2009-2015	2002-2015
fenarimol	F	A	2009-2009	2008-2012	protiokonazol-destio	F	C		2010-2015
fenitrotion	I	A	2009-2015	2005-2015	pymetrozin	I	C		2014-2015
fenmedifam	H	C	2012-2012	2002-2015	pyraklostrobin	F	C		2004-2015
fenoxaprop-P	H	C		2002-2011	pyroxsulam	H	C		2011-2015
fenpropidin	F	C		2011-2015	quinoxifen ^{P,S}	F	B	2009-2015	2003-2015
fenpropimorf	F	C	2009-2015	2002-2015	rimsulfuron	H	C		2010-2015
flamprop	H	A		2002-2010	siltiofam	F	C		2010-2015
florasulam	H	C		2010-2015	simazin ^P	H	A	2009-2015	2002-2015
fluazinam	F	C		2010-2015	spiroxamin	F	B		2010-2015
fludioxonil ^S	F	C	2009-2010	2008-2015	sulfosulfuron	H	C		2010-2015
flufenacet ^S	H	B		2015-2015	tau-fluvalinat	I	C	2009-2015	2008-2015
fluopikolid ^S	F	C		2015-2015	terbutryn ^P	H	A	2009-2015	2002-2015
flupyrsulfuronmetyl-Na	H	C		2010-2015	terbutylazin	H	B	2009-2015	2002-2015
fluroxipyr	H	C		2002-2015	terbutylazin-desetyl (DETA)	N		2009-2015	2002-2015
flurprimidol	TV	A		2010-2014	tiakloprid ^{b,S}	I	C		2010-2015
flurtamon	H	B	2009-2015	2004-2015	tiametoxam ^b	I	C		2010-2015
flusilazol	F	A	2009-2010	2008-2015	tifensulfuronmetyl	H	C		2010-2015
flutriafol	F	B	2009-2010	2008-2015	tiofanatmetyl	F	C		2011-2015
foramsulfuron	H	C		2011-2015	tolklofosmetyl	F	C	2009-2015	2002-2015
fuberidazol	F	B	2009-2014	2005-2015	tolyfluanid	F	A		2002-2014
heptaklor	I	A	2009-2015	2002-2015	triallat ^{b,S}	H	B		2015-2015
heptaklorepoxid	N		2012-2015	2002-2015	tribenuronmetyl	H	C		2010-2015
hexaklorbensen	F	A	2009-2015	2002-2015	trifloxystrobin	F	B		2010-2015
hexazinon	H	A		2002-2015	trifluralin ^P	H	A	2009-2015	2002-2015
hexytiazox	I	C		2010-2015	triflursulfuronmetyl	H	C		2010-2015
imazalil	F	C		2002-2015	trinexapak-etyl	TV	C		2011-2015
imidakloprid ^b	I	C		2005-2015	trinexapak-syra	N			2011-2015
indoxakarb	I	C		2015-2015	tritikonazol	F	B		2010-2015
iprodion	F	B	2009-2014	2002-2014	vinklozolin	F	A	2009-2015	2002-2015



[^] = p – prioämne inom ramdirektivet för vatten (2013/39/EU); b – upptagen på bevakningslistan inom ramdirektivet för vatten (2015/495); s – kandidat för substitution inom EU:s godkännandeprocess för växtskyddsmedel (EC/2009/117, draft list January 2015).

[#] = 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 2015

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 (SO₂), kvävedioxid (NO₂), ammoniak (NH₃) och marknära ozon (O₃) samt våt- och torrdeposition av oxiderat och reducerat kväve (NO_x och NH_x) samt oxiderat svavel (SO_x) med och utan havssaltsbidrag. För dessa ämnen beräknas förutom torrdepositionens geografiska variation även torrdeposition till olika marktyper. 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 _x	Reducerat kväve NH _x	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		
MATCH-Sverige Halter i luft	SO₂	NO₂	NH_x			

Sveriges bidrag	X	X	X			
Långtransport- bidrag	X	X	X			
Totalt	X	X	X			

För marknära ozon presenteras kartläggningar för de tio olika statistiska mått som listas nedan.

- Årsmedelvärde
- Somarmedelvärde (juni till augusti)
- Årsmaximum av dygnets maximala flytande 8h-medelhalt, samt antal dygn med överskridande av 70 mg/m³ för utvärdering av miljömålet frisk lufts mål och antal dygn med överskridande av 120 mg/m³ för utvärdering av direktivets mål.
- Årets maximala 1h-medelhalt samt antalet timmar under året med överskridande av halten 80 mg/m³.
- För utvärdering av påverkan på grödor och skog beräknas AOT40 under maj-juli respektive april-september. AOT40 är den ackumulerade ozonhalten överskridande 40 ppbv (80 mg/m³) under denna period, enbart under timmarna 8-20 varje dygn.

SOMO35 är en indikator för ozons hälsopåverkan som rekommenderas av WHO. I denna indikator summeras halter hos dygnets maximala flytande 8h-medelvärde som överskrider 35ppbv (70 mg/m³) under hela året.

Bilaga 3 Mätstationsindelning för utvärdering av lufthalter

Indelning av mätstationer i tre regioner för redovisning av halter i luft av SO₂ och NO₂ 2005-2015.

Region	Mätstation	Mät nät	
Norra Sverige	Bredkälven	EMEP	
	Djursvallen	LNKN	
	Docksta	LNKN	
	Gammtratten	IM	
	Högbränna	Krondropps nätet-NV	
	Jädraås	LNKN	
	Myrberg	Krondropps nätet-NV	
	Rickleå	LNKN	
	Storulvsjön	Krondropps nätet-NV	
	Nikkaluokta	Krondropps nätet	
	Palovaara	Krondropps nätet	
	Sydvästra Sverige	Aneboda	IM
		Blåbärskullen	Krondropps nätet-NV
Fagerhult		Krondropps nätet-NV	
Granan		LNKN	
Gårdsjön		IM	
Hensbacka		Krondropps nätet-NV	
Råö		EMEP	
Pjungserud		LNKN	
Sännen		LNKN	
Timrilt		Krondropps nätet-NV	
Vavihill		EMEP	
Hissmossa		Krondropps nätet-NV	
Sydöstra Sverige		Farstanäs	Krondropps nätet-NV
	Hyttskogen*	Krondropps nätet	
	Grimsö*	EMEP	
	Hoburgen	LNKN	
	Höka	Krondropps nätet-NV	
	Kindla	IM	
	Risebo	Krondropps nätet	
	Rockneby	Krondropps nätet-NV	

*) Mätdata finns endast för NO₂

Bilaga 4 Statistisk analys för nedfallsmätningar

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	**	-51
Sydvästra Sverige	H+_kgha	***	-77
Sydöstra Sverige	H+_kgha	**	-53
Norra Sverige	SO4-Sex_kgha	**	-51
Sydvästra Sverige	SO4-Sex_kgha	***	-65
Sydöstra Sverige	SO4-Sex_kgha	***	-58
Norra Sverige	Cl_kgha		
Sydvästra Sverige	Cl_kgha		
Sydöstra Sverige	Cl_kgha		
Norra Sverige	NO3-N+NH4-N_kgha	*	-29
Sydvästra Sverige	NO3-N+NH4-N_kgha	*	-24
Sydöstra Sverige	NO3-N+NH4-N_kgha		
Norra Sverige	NO3-N_kgha	*	-34
Sydvästra Sverige	NO3-N_kgha	***	-41
Sydöstra Sverige	NO3-N_kgha	**	-35
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 parantes av totalt antal lokaler som ingår i analysen)	Antal lokaler med statistisk signifikant ökning (inom parantes av totalt antal lokaler som ingår i analysen)
Norra Sverige	Nederbörds mängd_mm		
Sydvästra Sverige	Nederbörds mängd_mm	2 (5)	
Sydöstra Sverige	Nederbörds mängd_mm		
Norra Sverige	H+_kgha	5 (8)	
Sydvästra Sverige	H+_kgha	5 (5)	
Sydöstra Sverige	H+_kgha	7 (8)	
Norra Sverige	SO4-Sex_kgha	6 (8)	
Sydvästra Sverige	SO4-Sex_kgha	5 (5)	
Sydöstra Sverige	SO4-Sex_kgha	8 (8)	
Norra Sverige	Cl_kgha	3 (8)	
Sydvästra Sverige	Cl_kgha	1 (5)	
Sydöstra Sverige	Cl_kgha	2 (8)	
Norra Sverige	NO3-N+NH4-N_kgha	5 (8)	1 (8)
Sydvästra Sverige	NO3-N+NH4-N_kgha	1 (5)	
Sydöstra Sverige	NO3-N+NH4-N_kgha	2 (8)	
Norra Sverige	NO3-N_kgha	4 (8)	
Sydvästra Sverige	NO3-N_kgha	4 (5)	
Sydöstra Sverige	NO3-N_kgha	4 (8)	
Norra Sverige	NH4-N_kgha	3 (8)	1 (8)
Sydvästra Sverige	NH4-N_kgha		
Sydöstra Sverige	NH4-N_kgha		

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



Stockholms
universitet



IVL Svenska Miljöinstitutet AB // Box 210 60 // 100 31 Stockholm
Tel 010-788 65 00 // Fax 010-788 65 90 // www.ivl.se