

Nationell Miljöövervakning - Luft

Data t.o.m. 2011

Karin Sjöberg, Gunilla Pihl Karlsson, Annika Svensson, Ingvar Wängberg, Eva Brorström-Lundén, Katarina Hansson, Annika Potter, Erika Rehngren, Ann Sjöblom
IVL Svenska Miljöinstitutet

Hans Areskoug, ITM

Jenny Kreuger, SLU

Helena Södergren, Camilla Andersson, Sofi Holmin Fridell, Stefan Andersson, SMHI

B 2109
Juni 2013

Rapporten godkänd:
2013-06-17



John Munthe
Forskningschef

Organisation IVL Svenska Miljöinstitutet AB	Rapportsammanfattning
Adress Box 21060 100 31 Stockholm	Projekttitel Nationell Miljöövervakning - Luft Data t.o.m. 2011
Telefonnr 08-598 563 00	Anslagsgivare för projektet Naturvårdsverket
Rapportförfattare Karin Sjöberg, Gunilla Pihl Karlsson, Annika Svensson, Ingvar Wängberg, Eva Brorström-Lundén, Katarina Hansson, Annika Potter, Erika Rehgren, Ann Sjöblom, IVL Svenska Miljöinstitutet Hans Areskoug, ITM Jenny Kreuger, SLU Helena Södergren, Camilla Andersson, Sofi Holmin Fridell, Stefan Andersson, SMHI	
Rapporttitel och undertitel Nationell Miljöövervakning - Luft Data t.o.m. 2011	
Sammanfattning <p>På uppdrag av Naturvårdsverket, Enheten för luft och klimat, bedrivs mätningar av luftens och nederbördens sammansättning, främst i bakgrundsmiljö, inom olika mätprogram. IVL Svenska Miljöinstitutet har ansvar för genomförandet av merparten av verksamheten inom luftområdet. Därtill ombesörjer både Institutionen för Tillämpad Miljöteknik (ITM) vid Stockholms universitet och Institutionen för Mark och Miljö vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) delar av övervakningen. SMHI genomför, med hjälp av beräkningsmodeller, en geografisk kartläggning av halter i luft och deposition av försurande och övergödande ämnen på nationell nivå.</p> <p>De samlade resultaten från mätningar till och med 2011 och beräkningar till och med 2010 redovisas i denna rapport. Det har generellt sett skett en avsevärd förbättring avseende såväl halter i luft som deposition i bakgrundsmiljö för flertalet av de luftföroreningskomponenter som övervakas inom den nationella miljöövervakningen sedan mätningarna startade för mellan 10 och 30 år sedan. Utvecklingen har dock varierat i något olika utsträckning beroende på komponent och lokalisering i landet. Föroreningsbelastningen är oftast lägre ju längre norrut man kommer.</p> <p>För de flesta de 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 ozon som för bensen (i urban bakgrund) finns risk för haltnivåer som överstiger miljömålets preciseringar.</p>	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren	
Bibliografiska uppgifter IVL Rapport B 2109	
Rapporten beställs via Hemsida: www.ivl.se, e-post: publicationservice@ivl.se, fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm	

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Mätningar.....	4
1.1.1	Försurande och övergödande ämnen.....	4
1.1.2	Organiska miljögifter och metaller.....	5
1.1.3	Partiklar.....	8
1.1.4	Marknära ozon.....	8
1.2	Geografisk kartläggning och scenarier framtagna med modellsystem.....	9
1.2.1	Årlig kartläggning med MATCH-Sverigesystemet.....	9
1.2.2	Fördjupad utvärdering – kartläggning av nutid och scenarier.....	10
2	Metoder och kvalitetssäkring.....	12
2.1	Mätningar.....	12
2.1.1	Mätmetoder.....	12
2.1.2	Kvalitetssäkringsrutiner.....	12
2.2	Modellberäkningar.....	13
2.2.1	Metodik.....	13
2.2.2	Kvalitetsgranskning av modeller och modellsystem.....	16
2.3	Datalagring.....	16
3	Mätresultat.....	17
3.1	Försurande och övergödande ämnen.....	17
3.1.1	Luft.....	17
3.1.2	Nederbörd och deposition.....	23
3.2	Metaller.....	27
3.2.1	Luft.....	27
3.2.2	<u>Nederbörd och deposition</u>	31
3.3	Organiska ämnen.....	33
3.3.1	Organiska miljögifter - Halter i luft.....	33
3.3.2	Organiska miljögifter - atmosfärisk deposition.....	43
3.3.3	Volatila organiska ämnen (VOC).....	52
3.3.4	PAH i tätortsluft.....	55
3.3.5	Växtskyddsmedel (pesticider) i luft och nederbörd.....	63
3.4	Partiklar.....	68
3.4.1	PM ₁₀ och PM _{2,5}	68
3.4.2	Partikelbundna organiska ämnen och sot.....	70
3.4.3	PM _{2,5} i tätort.....	76
3.5	Marknära ozon.....	78
4	Modellresultat.....	81
4.1	Årlig kartläggning med MATCH-Sverigesystemet.....	81
4.1.1	Halter i luft.....	81
4.1.2	Deposition till mark.....	86
4.2	Fördjupad utvärdering – kartläggning av nutid och scenarier.....	93
4.2.1	Halter och deposition av luftföroreningar – Förändring över Sverige från 2010 till 2020 i bidrag från Sverige, Europa och internationell Sjöfart.....	93
4.2.2	Luftkvaliteten i Sverige år 2020. Uppföljning av miljökvalitetsmålet Frisk luft för trafikmiljöer i svenska tätorter.....	94
4.2.3	Sjöfartens bidrag till luftföroreningshalter i Göteborg.....	96

5	Sammanfattande bedömning	98
6	Tack	102
7	Referenser	103

Bilageförteckning

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

Förkortningar

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

1 Inledning

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

Syftet med mätningarna är främst att:

- ge underlag till bedömningar om huruvida nationella och länsvisa miljömål samt miljö kvalitetsnormer för SO₂ och 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, nederbörds koncentrationer och deposition varierar både geografiskt och med tiden över landet;
- från dessa resultat i bakgrundsmiljö erhålla bedömningsunderlag vid studier av mer föroreningsbelastade miljöer, t.ex. vid bedömningar i miljökonsekvensbeskrivningar;
- ge underlag för validering av beräkningsmodeller och
- följa upp resultatet av vidtagna åtgärder.

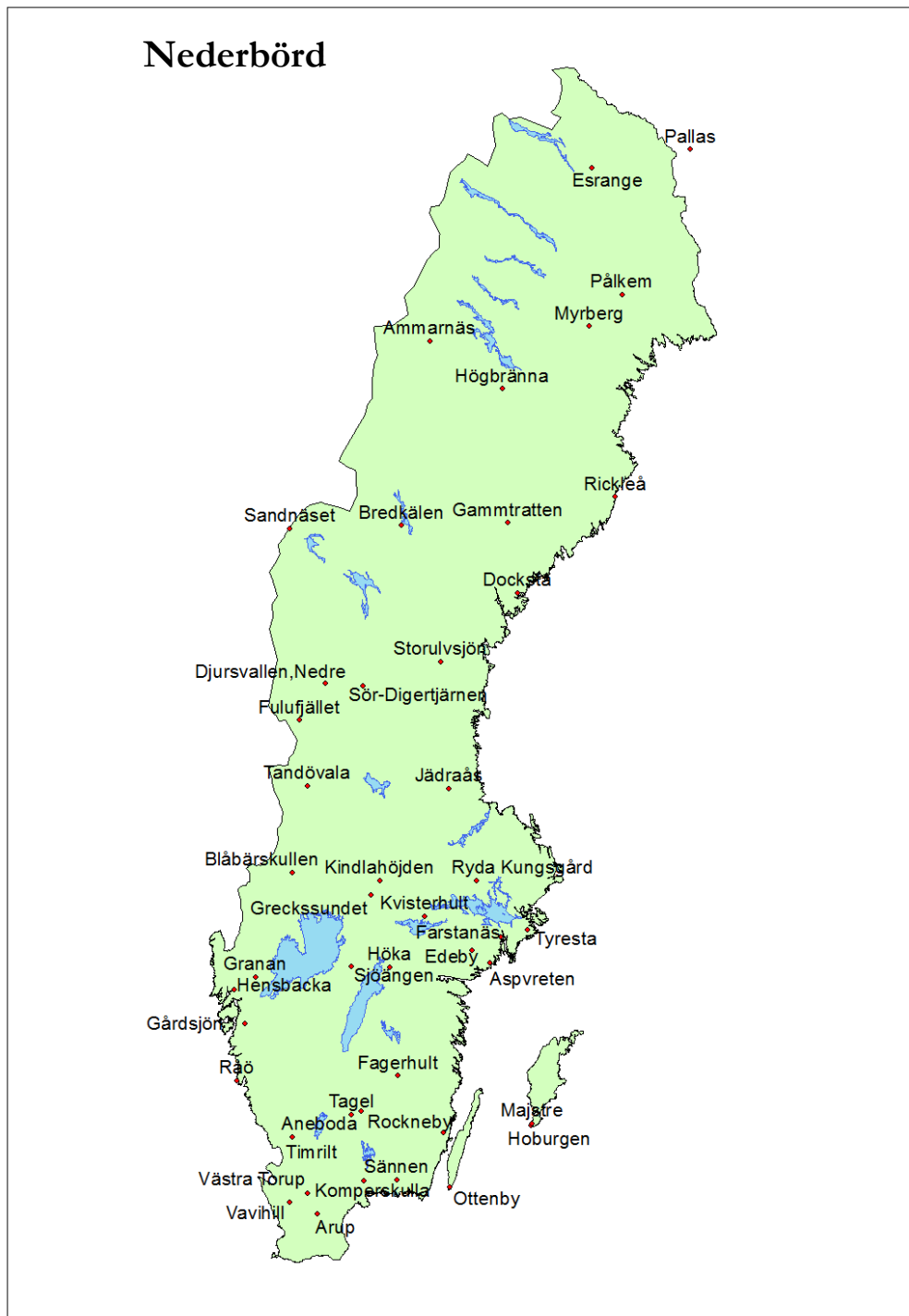
Under 2007-2008 genomfördes en översyn av den nationella övervakningen inom Programområde Luft, bland annat till följd av det nya direktivet om luftkvalitet och renare luft i Europa 2008/50/EG. Nuvarande mätprogram infördes den 1 januari 2009.

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

I föreliggande rapport redovisas de samlade resultaten från IVL:s, ITM:s, SLU:s och SMHI:s verksamhet inom Programområde Luft till och med 2011. Mätstationernas geografiska läge presenteras i Figur 1 och Figur 2. Modelleringen inbegriper hela Europa, men redovisningen av beräknade lufthalter och deposition visas över Sverige.



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



Figur 2 Mätstationerna för Nederbörd inom EMEP, Krondroppsnätet, LNKN och IM som ingår i den nationella miljöövervakningen (för mätstationernas programtillhörighet, se Bilaga 1).

1.1 Mätningar

1.1.1 Försurande och övergödande ämnen

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

1.1.1.1 Luft- och nederbördskemi inom EMEP

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

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

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

1.1.1.2 Luft- och nederbördskemiska nätet

Mätningar inom Luft- och nederbördskemiska nätet (LNKN) har bedrivits inom den nationella miljöövervakningens ram sedan 1983. Vid vissa stationer som ingår i nätet finns mätserier ännu längre tillbaka i tiden. Inom LNKN utförs mätningar av bland annat svavel- och kväveföreningar och baskatjoner i nederbörd samt svaveldioxid, kvävedioxid och marknära ozon i luft på månadsbasis. Mätningarna av halter i nederbörd har pågått sedan 1983 och av halter i luft sedan 1994 på stationer över hela landet. Under denna tid har vissa förändringar skett såväl vad gäller antal stationer som provtagnings- och analysmetoder. För närvarande (2011) mäts halter i nederbörd vid sexton stationer och halter i luft vid nio stationer, se Bilaga 1. Ytterligare cirka tjugo stationer har ingått i mätnätet, men dessa har avslutats.

1.1.1.3 Krondroppsnetet inkl. IM¹

Inom Krondroppsnetet mäts deposition (nedfall) av bland annat svavel och kväve. Utöver nedfallsmätningarna utförs även markvattenkemiska provtagningar och analyser av lufthalter på provytorna. De första mätningarna inom Krondroppsnetet startade i södra Sverige 1985. Den del av Krondroppsnetet som finansieras av Naturvårdsverket utgörs främst av mätningar i nederbörd över öppet fält vid 18 stationer (2011), se Bilaga 1. Mätningarna kompletteras med modellberäkningar för utvärdering även på regional nivå, framförallt med fokus på luftföroreningarnas påverkan. Syftet är att beskriva tillstånd, regionala skillnader, utveckling i tiden samt effekter av olika luftföroreningar främst med avseende på försurande och övergödande ämnen.

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 densamma som för mätningarna inom Krondroppsnetet.

1.1.2 Organiska miljögifter och metaller

1.1.2.1 Mätningar av metaller i luft och nederbörd inom EMEP

Mätningarna av tungmetaller inom den svenska miljöövervakningen syftar till att följa halter och deposition av tungmetaller i Sverige och norra Finland. Vidare syftar mätningarna till att ingå i internationella nätverk för att följa upp effekterna av ett internationellt avtal inom Luftkonventionen (CLRTAP) om minskade utsläpp av tungmetaller samt följa upp förändringar i tungmetalldepositionen 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 Luftkvalitetsdirektivet (2008/50/EG), se vidare Bilaga 1.

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

1.1.2.2 Organiska miljögifter i luft och nederbörd

Mätningar inom delprogrammet organiska miljögifter bedrivs vid fyra stationer Råö, Aspvreten, Pallas och Vavihill, se Figur 1 och Figur 2. Mätningarna inom ramen för den nationella miljöövervakningen på Råö och Aspvreten startades 1994. Mätningarna vid Pallas 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 nederbörd vid Aspvreten av ITM. IVL tog 2008 över ansvaret för provtagningen och analyserna vid Aspvreten.

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

Provtagningen genomförs fortfarande av ITM. Från januari 2009 har det nationella miljöövervakningsprogrammet utökats med nya ämnen och ämnesgrupper, t.ex. dioxiner och furaner, klorparaffiner, perflourinerade ämnen samt vissa pesticider. Mer information om ämnesgrupperna ges i Bilaga 1.

Syftet med delprogrammet är att följa upp nationella och regionala (länsvisa) miljömål, miljö kvalitetsnormer för luft samt EU-direktiv för luftkvalitet, protokoll inom CLRTAP, samt Stockholmskonventionen inom UNEP. Vidare är syftet också att ge underlag till Arktiska Rådet och havskonventionerna, OSPAR och HELCOM samt ge underlag till EU:s vattendirektiv (2000/60/EG), då atmosfärisk deposition är den huvudsakliga källan till förekomsten av ett antal av de ämnen som prioriterats inom detta direktiv.

Mätprogrammet representerar ämnen och ämnesgrupper med delvis olika ursprung. Dessa ämnen har olika flyktighet, vilket medför att de transporteras i gasfas och/eller bundna till partiklar, vilket resulterar i att de deponeras med olika processer.

1.1.2.3 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. Marknära ozon är av stor betydelse då ämnet i förhöjda halter kan orsaka allvarliga hälsoproblem och skador på grödor (Bylin et al. 1996, Heck et al. 1988, Karlsson et al. 2005 & Pleijel et al. 1997). EG:s luftkvalitetsdirektiv (2008/50/EG) kräver därför, 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, 1992).

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

1.1.2.4 PAH i tätort

”PAH i tätorter” är ett delprogram inom Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning för Luft som startade under 2004 och avslutades 2010. Månadsvisa mätningar av 12 polycykliska aromatiska kolväten (PAH) har utförts vid 10-14 stationer, huvudsakligen i urban bakgrund, under sex av årets månader förlagda under vinterhalvåret alternativt jämnt spridda över året, för mer information se Bilaga 1. Platserna samordnas med IVL:s Urbanmätnät (Persson, 2010) då man genom detta fått tillgång till PM₁₀-filter från de kommuner som ingår i projektet.

Flera av PAH-komponenterna är misstänkta eller bevisade cancerogener (Boström et al., 2002). De tyngre PAH-komponenterna, t.ex. benzo(a)pyren (B(a)P), vilken är cancerogen

och upptagen i EG-direktiv 2008/50/EG, förekommer nästan uteslutande bunden på partiklar ($<PM_{10}$).

Benso(a)pyren omfattas av ett direktiv för luftkvalitet (2004/107/EG), det s.k. fjärde dotterdirektivet, som anger ett målvärde på 1.0 ng/m^3 som ett årsmedelvärde som inte bör överskridas efter 31 december 2012. Benso(a)pyren omfattas också av ett nationellt miljömål under miljö kvalitetsmålet "Frisk luft", i vilket en halt på 0.1 ng/m^3 som årsmedelvärde i huvudsak ska underskridas (www.miljomal.nu).

1.1.2.5 Växtskyddsmedel (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 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 Förordning (EG) nr 1107/2009. Godkännandeprocessen innebär en riskbedömning av substanserna, vilken bland annat inkluderar en bedömning av hur långlivad substansen är i atmosfären och därmed vilken risken är 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 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 nederbördens innehåll av bekämpningsmedel 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 vatten för att studera varifrån belastningen härrör som underlag för myndigheternas arbete med påverkansanalys.

Mätprogrammet redovisas i Bilaga 1.

1.1.3 Partiklar

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

Mätning av partiklar i form av 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:s 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.

1.1.4 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 8 stationer, varav IVL driver sju och ITM en 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 $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 (NO_2) mäts på månadsbasis vid de fyra ozonstationer där dygnsprovtagning av NO_2 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.

1.2 Geografisk kartläggning och scenarier framtagna med modellsystem

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

Med hjälp av fysikaliska modeller kan man särskilja bidrag till lufthalter och deposition från olika källregioner och sektorer, t.ex. Sveriges bidrag och långdistansbidrag. Vidare behövs modeller för att kunna beskriva förändringar framåt i tiden genom olika utsläppsscenarier.

I denna rapport presenteras försurande och övergödande nedfall för 2009 och 2010 framtaget med MATCH-Sverigesystemet. Förutom detta presenteras referat baserade på projekt där modellerna MATCH, SIMAIR och ShipAir använts för miljömålsuppföljning. Dessa projekt innehåller kartläggning och scenarier för nutid och 2020, en fördjupad utvärdering av luftkvaliteten i Sverige 2020, samt en studie av sjöfartens påverkan på halterna av luftföroreningar i Göteborg.

1.2.1 Årlig kartläggning med MATCH-Sverigesystemet

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

Tillgänglig data är sammanställd i Bilaga 2. I rapporteringen ingår lufthalter av svaveldioxid (SO₂), kvävedioxid (NO₂) och ammoniak (NH₃) samt våt- och torrdeposition av oxiderat och reducerat kväve (NO_x och NH_x) och 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. Dessutom redovisas för torrdepositionen bidraget av Sveriges utsläpp. Till lufthalter redovisas Sveriges bidrag, långdistansbidraget samt de totala halterna.

Resultaten finns tillgängliga i form av kartor och för nedladdning via SMHIs karttjänst (se www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi).

1.2.2 Förddjupad utvärdering – kartläggning av nutid och scenarier

Ett antal projekt utfördes på SMHI inför uppdatering av miljö kvalitetsmålen 2012. Gemensamt för projekten är användandet av modellverktyg för att kartlägga nutiden och studera olika framtida scenarier. Då projekten var inriktade på att undersöka bidrag från olika källor och exponeringsskalor används flera olika modellverktyg i studierna.

Två projekt uppskattade förändringen till 2020. Det första av dem fokuserade på Sveriges bakgrundsluft och deposition av försurande och övergödande ämnen samt förändring i långdistansbidrag och bidraget från internationell sjöfart. Det andra projektet fokuserade på luftkvalitet i svenska tätorter. Ytterligare ett projekt beskrivs i denna rapport vilket är en studie av sjöfartens bidrag till luftkvaliteten i Göteborg, där det nya verktyget Shipair använts. I denna rapport inkluderas kortfattade referat från dessa projekt.

1.2.2.1 Halter och deposition av luftföroreningar – Förändring över Sverige från 2010 till 2020 i bidrag från Sverige, Europa och internationell sjöfart.

Under denna rubrik i rapporten presenteras deposition av svavel och kväve, samt halter i regional bakgrundsluft av partiklar och marknära ozon över Sverige. Syftet med projektet var att framställa en geografiskt upplöst kartläggning av nutid samt förändring till 2020 inför uppdatering av miljö kvalitetsmålen, avseende *Frisk luft*, *Bara naturlig försurning* och *Ingen övergödning*. Halterna och depositionen delades upp i bidrag från Sverige, övriga Europa och internationell sjöfart. Förändringen till 2020 baserades på ett utsläppsscenario framtaget av IIASA som baseras på PRIMES energimodell, men det inkluderar även IMO-beslut för internationell sjöfart.

En sammanställning av data framtaget i projektet framgår i Bilaga 2. Data finns i ECDS (<http://www.smhi.se/ecds>). Fullständig presentation av projektet och dess resultat presenteras i rapporten Andersson m.fl. 2011.

1.2.2.2 Luftkvaliteten i Sverige år 2020. Uppföljning av miljökvalitetsmålet Frisk luft för trafikmiljöer i svenska tätorter

Utsläppen av många luftföroreningar har minskat under de senaste årtiondena på grund av kontinuerligt skärpta emissionskrav, och betydande förbättringar har gjorts för vägtransportsektorns reglerade avgasemissioner. Fortsatta minskningar är att förvänta, vilka också påverkar luftkvaliteten. Trots kraftiga minskningar av utsläppen både i Sverige och övriga Europa har inte luftkvaliteten i våra städer, med avseende på kvävedioxid (NO₂), ozon (O₃) och partiklar (PM₁₀), förbättrats på något avgörande sätt sedan år 2000. Fortfarande är luftföroreningshalterna i många trafikmiljöer höga såväl i Sverige som i övriga Europa.

Syftet med projektet var att ge underlag för bedömningar av hur miljökvalitetsmålet Frisk luft uppfylls i svenska tätorter och påvisa effekter av vad olika åtgärder, såväl internationellt som i Sverige och lokalt i kommuner, kan komma att få för effekter på luftkvaliteten år 2020. Fullständig presentation av projektet och dess resultat presenteras i rapporten Omstedt m.fl. 2012.

1.2.2.3 Sjöfartens bidrag till luftföroreningshalter i Göteborg

Under denna rubrik presenteras de viktigaste resultaten från studien ”Sjöfartens påverkan på luftmiljön i Göteborg” Fullständig presentation av projektet och dess resultat hittas i rapporten Segersson m.fl. 2012.

Flera svenska städer har problem med den urbana luftkvaliteten med avseende på kvävedioxid (NO₂), ozon (O₃) och partiklar (PM₁₀), däribland Göteborg. Emissionerna som bygger upp de totala halterna kommer från flera sektorer och emitteras lokalt, nationellt och internationellt. I hamnstäder eller städer utmed kusterna kan sjöfarten antas ha en signifikant påverkan på luftkvaliteten.

Syftet med denna studie är att klargöra sjöfartens bidrag till luftföroreningshalterna i Göteborg samt att visa vilken effekt en minskning eller höjning av sjöfartens utsläpp skulle ha på nämnda halter. Förutom sjöfart beskrivs haltbidraget från vägtrafik, småskalig uppvärmning och övriga källor.

2 Metoder och kvalitetssäkring

2.1 Mätningar

2.1.1 Mätmetoder

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 2010:8) angivna referensmetoderna endast 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 omfattar sedan 1991 merparten av analysverksamheten inom luftövervakningen. 1997 utvidgades ackrediteringen till att även omfatta analys av persistenta organiska ämnen (PAH och PCB) samt stora delar av provtagningsverksamheten. IVL har en årlig revision av SWEDAC där kvaliteten följs upp. Intern revision genomförs en gång per år. Tillämpliga rutiner för kvalitetskontroll (QC) och kvalitetssäkring (QA) som gäller för ackrediterade analyser används även för de metoder som ännu inte ackrediterats.

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

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

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

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

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 Luftkvalitetsdirektivet (2008/50/EG) endast

referensmetoderna eller metoder som har visats vara likvärdiga med referensmetoden användas.

Mätningarna av PM_{2,5} i den urbana bakgrunden och av PM₁₀ på Aspvreten görs med godkända metoder. I övrigt används bara metoder som inte har visats vara jämförbara på det sätt som föreskrivs av EU (vilket inte utesluter att de är det).

I en studie (Areskoug, 2007) har resultat för åren 2000 – 2006 från flera jämförelser mellan referensmetoden och de metoder som används inom den nationella luftövervakningen för partikelmätningar sammanställts. Resultaten från jämförelserna har så långt det är möjligt utvärderats enligt de riktlinjer som EU rekommenderar, men i flera fall har försöksuppläggningsen varit sådan att några säkra slutsatser om jämförbarheten inte har kunnat göras. I rapporten finns rekommendationer om hur historiska och nuvarande data skall behandlas för att de skall bli så jämförbara med referensmetoden som det är möjligt. Dessa rekommendationer har tillämpats för de data som presenteras här.

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

2.2 Modellberäkningar

2.2.1 Metodik

2.2.1.1 Årlig kartläggning med MATCH-Sverigesystemet

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

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

MATCH används i två steg inom modellsystemet, på Europaskala och nationell nivå. Över Europa används en grövre modellskala (44 km), och de antropogena utsläppen kommer från EMEP (med 50 km upplösning; <http://www.emep.int>). 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 (<http://www.smed.se>). Denna version av MATCH körs med en upplösning på 11 km.

Inom MATCH-Sverigesystemet används tvådimensionell variationell analys för att beskriva halter i luft och koncentration i nederbörd. I variationell analys beräknas de optimala

analyserade luft- och nederbördshalterna fram på basis av såväl de faktiska värdena som osäkerhet hos mätningar och modellberäkningar. De observerade data som används i dataassimilationen tillhandahålls av IVL och NILU. De stationsnät som utnyttjas är svenska och norska EMEP samt Luft- och nederbördskemiska nätet (LNKN).

2.2.1.2 Halter och deposition av luftföroreningar – Förändring över Sverige från 2010 till 2020 i bidrag från Sverige, Europa och internationell sjöfart

Med den regionala spridningsmodellen MATCH (Robertson m.fl. 1999; Andersson m.fl. 2007) utfördes simuleringar på Europaskala (ca 50 km upplösning) av lufthalter och deposition för nutid och framtid, baserat på framtagna utsläppsscenarier. I beräkningarna kvantifierades:

- Nutid – deposition av kväve och excess-svavel (svavel där havssaltsbidrag är borträknat), samt lufthalter av marknära O₃ och PM-komponenten sekundära oorganiska aerosoler (SIA)
- Förändring till 2020 – deposition av kväve och excess-svavel, samt lufthalter av marknära O₃ och SIA

För deposition av svavel och kväve kvantifierades bidrag i nutid och för framtidsscenarioet 2020 för

- Europeiskt (icke-svenskt) antropogent bidrag (inklusive nationell sjöfart)
- Internationell sjöfart
- Svenskt bidrag (inklusive nationell sjöfart).

Genom en efterbearbetning beräknades dessutom torrdepositionsflöde till olika naturtyper, t.ex. lövskog och barrskog.

Utsläppsscenarier, för hela Europa, baseras på PRIMES energiprognoser (<http://www.e3mlab.ntua.gr/e3mlab/>) för 2020, vilka är framtagna av IIASA och geografiskt fördelade av EMEP. IIASA:s PRIMES-baserade emissionsscenarier innehåller inte information om internationell sjöfart, men däremot nationell sjöfart. Bidraget från internationell sjöfart beräknades därför med en annan metodik, där nya skattningar av emissionsfaktorer för 2020 användes. Dessa var baserade på IMOs (International Maritime Organisation) beslut om svavelhalt i fartygsbränsle. Geografiskt fördelade sjöfartsemissioner för internationell sjöfart beräknades baserat på dessa emissionsfaktorer i kombination med prognoser för förändring av trafikmängder.

2.2.1.3 Luftkvaliteten i Sverige år 2020. Uppföljning av miljökvalitetsmålet Frisk luft för trafikmiljöer i svenska tätorter

Luftkvaliteten i 48 olika vägtrafikmiljöer i olika delar av landet har analyserats för åren 2008 och 2020 med hjälp av modellen SIMAIR (Gidhagen m.fl., 2009; Omstedt m.fl., 2011). Merparten av de undersökta trafikmiljöerna representerar hårt trafikerade innerstadsgator.

Beräkningarna har först gjorts för år 2008, varpå resultaten har kalibrerats mot mätdata. Därefter har beräkningar gjorts för år 2020 för olika alternativa emissionsutvecklingar enligt följande:

- I basscenariot för år 2020 antogs en generell ökning av vägtrafiken till år 2020 med ca 20 % i enlighet med den så kallade Kapacitetsutredningen (Trafikverket, 2012). Emissionsfaktorer för vägtrafiken har tagits fram av Trafikverket med hjälp av emissionsmodellen HBEFA. Övriga emissioner bygger på beräkningar med PRIMES energimodell utförda av IIASA.
- För att belysa hur olika lokala åtgärder kan komma att påverka luftkvaliteten år 2020 gjordes beräkningar för några olika lokala scenarier. Utgångspunkt var basscenariot för år 2020. Tre olika åtgärder undersöktes; minskad trafik, minskad andel dubbdäck och ingen tung trafik.

I denna undersökning har också exponeringen av partiklar i Umeå analyserats med hjälp av SIMAIR-scenariot. För det har boendestatistik från SCB uppdelat på rutor om 100*100 meter använts.

2.2.1.4 Sjöfartens bidrag till luftföroreningshalter i Göteborg

En emissionsinventering för NO₂, PM₁₀ och SO₂ har gjorts och fördelats på fyra sektorer; vägtrafik, sjöfart, småskalig uppvärmning och övrigt. Inventeringen täcker data för ett år (2010-09-01 till 2011-09-01).

Sjöfartsemissionerna har beräknats i luftvårdssystemet Airviro med verktyget Shipair. Shipair baseras på insamlad AIS-data, vilket resulterar i att alla fartyg i det avsatta området med en AIS-transponder var femte minut identifieras på dess faktiska position. Med denna information och emissionsfaktorer som erhålls från Sjöfartsverket beräknas fartygens emissioner.

Emissioner från vägtrafiken har hämtats från SIMAIR/Nationella vägdatan. För den småskaliga uppvärmningen har emissionerna erhållits från den geografiska fördelningen av emissioner som årligen utförs av SMED. Kategorin övriga källor, som till stor del består av emissioner från energiförsörjning och industriella källor, kommer från SMED samt från Göteborgs miljöförvaltning.

Spridningsberäkningar av emitterade emissioner har gjorts med SMHI Gauss som är en del av Airviro. Beräkningarna har gjorts med en upplösning på 100×100 meter för varje emissionssektor. Emissioner emitterade utanför Göteborgsområdet har beräknats med den regionala spridningsmodellen MATCH och adderats till de lokala beräkningarna i efterhand.

För att undersöka hur en ändring av sjöfartsemissionerna påverkar halterna i Göteborg har beräkningar av halterna gjorts även vid en ökning respektive minskning av sjöfartsemissionerna med 25 %.

2.2.2 Kvalitetsgranskning av modeller och modellsystem

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

I den variationella analysen (2dvar-modellen) i MATCH-Sverigesystemet används alla tillgängliga mätdata i Sverige och Norge, vilket innebär att det inte finns oberoende mätningar att jämföra mot. Dock kvalitetsgranskas och kontrolleras 2dvar-resultaten inom MATCH-Sverigesystemets kartläggning genom överensstämmelse med mätdata. 2dvar-modellen har dessutom kontrollerats i Engardt m.fl. (2010) för marknära ozon. För det ämnet fungerade modellen mycket bra, och de allra högsta värdena fångades i högre utsträckning än vad som fångas med MATCH-modellen. En mer noggrann utvärdering avseende kväve och svavelämnen i luft och nederbörd är viktig att genomföra. Dessutom finns utrymme för förbättring av systemet av teknisk natur: t.ex. hur tillgänglig mätdata sprids geografiskt på ett optimalt vis.

SIMAIR har i en tidigare studie validerats mot mätdata för 30-talet tätorter i Sverige med gott resultat (Andersson och Omstedt, 2009). I detta projekt har validering mot mätdata utförts för 23 av de 48 trafikmiljöer som studien innefattar. För att öka kvaliteten på beräkningarna har de modellerade haltnivåerna kalibrerats mot mätdata genom linjärregression. För de gator där mätningar saknas har kalibrering skett regionvis, genom användande av ett medelvärde för korrektionsfaktorn för gatorna med mätningar i regionen. Mer detaljer om förfarandet finns i Omstedt et al. (2012).

Beräkningar i Shipair, som är en modell i luftvårdssystemet Airviro, har jämförts med nationell bränslestatisik, liknande beräkningar utförda i andra modeller/system och med mätdata i Göteborg. Utvärdering kommer att ske av Shipair avseende uppmätt bränsleåtgång hos fartyg. I studien av sjöfartens haltbidrag till stadsluften i Göteborg har spridningsberäkningarna jämförts med de inom EU rekommenderande kvalitetsmått RPE (Relative Percentile Error) och RDE (relative Directive Error) för NO₂, SO₂ och PM₁₀. Osäkerheten ska enligt Luftkvalitetsdirektivet (2008/50/EG) för percentiler vara mindre än 50 %, vilket de beräknade ämnena uppfyller med god eller mycket god marginal.

2.3 Datalagring

Samtliga resultat från den nationella miljöövervakningen rapporteras till aktuell datavärd, som i sin tur ansvarar för det långsiktiga hållandet av databasen, inkluderande

säkerhetskopiering, behörighetskontroll, skydd mot oriktig användning (dataintegritet), uppdatering av datamodeller och uppdatering till nya programversioner och ny maskinvara. Data framtagna av IVL respektive ITM levereras till Datavärdskap Luft, medan data som genereras av SLU ingår i Datavärdskap Jordbruksmark där även övriga data för växtskyddsmedel samlas i en gemensam databas. Modellresultat för miljöövervakning finns tillgängliga i form av kartor och för nedladdning via SMHI:s karttjänst (se www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi).

3 Mätresultat

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

3.1 Försurande och övergödande ämnen

3.1.1 Luft

Halter i luft av bl.a. svavel- och kvävekomponenter, klorid och baskatjoner mäts inom fyra olika mätnät; EMEP, LNKN, IM och Krondroppsnetet (se Figur 1). I avsnitten nedan redovisas trender av årsmedelhalter i två olika typer av figurer.

EMEP är det mätnät där mätdata av halter i luft sträcker sig längst tillbaka i tiden. Inom EMEP har halter i luft mätts från 1978 till 2011 vid fyra olika mätstationer i Sverige. Längden på mätserierna varierar något beroende på station och parameter. I fem figurer visas årsmedelhalter av SO₂-S, SO₄-S, NO₂-N, NO₃-N respektive NH₄-N stationsvis för samtliga år som mätningarna pågått.

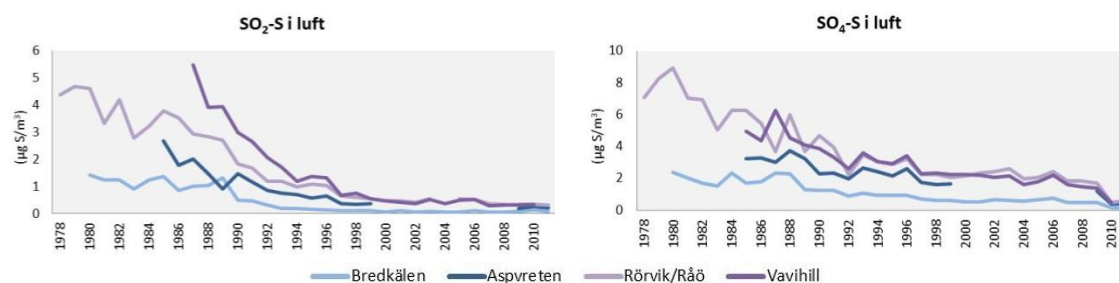
Halter i luft av SO₂-S och NO₂-N har mätts kontinuerligt vid sammanlagt 31 respektive 33 stationer sedan 2001 inom de fyra mätnäten. För flera av stationerna inom EMEP och LNKN finns mätdata även från 1980- och 1990-talen. Nedan redovisas dock data från och med 2001, då mätningar av halter i luft startades vid flertalet av stationerna inom Krondroppsnetet. För att kunna se skillnader mellan olika delar av Sverige har stationerna delats in i sex olika regioner, se Bilaga 3. För varje region har årsmedelvärden beräknats genom att bilda medelvärde för uppmätta halter i luft från samtliga mätstationer inom respektive region. Stationer med mätserier som saknar mätdata för ett eller flera år under perioden har uteslutits ur sammanställningen.

I avsnitt 3.1.1.3 redovisas årsmedelhalter av klorid, natrium, magnesium, kalcium och kalium i luft vid EMEP-stationerna under perioden 2009-2011.

3.1.1.1 Svavel

Årsmedelhalter av SO₂-S och SO₄-S i luft på fem EMEP-stationer 1978-2011 visas i Figur 3. Vid en jämförelse mellan uppmätta halter av SO₂-S på 1980-talet och 2000-talet har medelhalterna minskat med ca 90 % vid Bredkålen, Rörvik/Råö och Vavihill. För Aspvreten saknas data för större delen av 2000-talet eftersom mätningar inte skedde 2000-2008, men halterna ser ut att ha minskat i samma utsträckning som vid övriga platser.

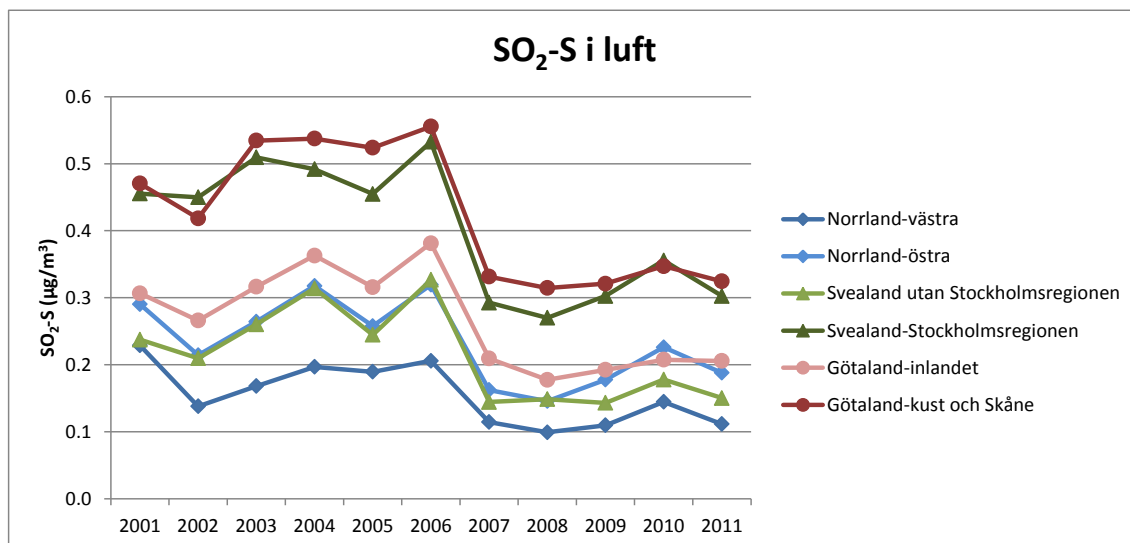
Vid en jämförelse mellan uppmätta halter av SO₄-S på 1980-talet och 2000-talet har medelhalterna minskat med ca 70 % vid Bredkålen och Rörvik/Råö och ca 60 % vid Vavihill. För Aspvreten saknas data för större delen av 2000-talet eftersom mätningar inte skedde 2000-2008, men halterna har minskat även i Aspvreten.



Figur 3 Årsmedelhalter av SO₂-S och SO₄-S i luft (µg S/m³) vid fyra EMEP-stationer; Bredkålen 1980-2011, Aspvreten 1985-1999 och 2009-2011, Rörvik/Råö 1978-2011 samt Vavihill 1985 och 1987-2011. Årsmedelvärde för Vavihill saknas för 2011, då det periodvis varit problem med strömförsörjningen under året.

I Figur 4 visas regionvisa årsmedelhalter av SO₂-S i luft i Norrland-västra, Norrland-östra, Svealand utan Stockholmsregionen, Svealand-Stockholmsregionen, Götaland-inlandet och Götaland-kust och Skåne 2001-2011. De fem senaste åren har årsmedelhalterna varit låga jämfört med resten av 2000-talet, vilket medfört att halterna som medelvärde under andra delen av perioden (2006-2011) är 25-30 % lägre jämfört med första delen av perioden (2001-2005) i samtliga sex regioner.

Under hela 2000-talet har uppmätta halter varit högst i regionerna Götaland-kust och Skåne samt Svealand-Stockholmsregionen. Lägst halter har under perioden mätts upp på stationerna i Norrland-västra. Figuren visar också att det är skillnader mellan uppmätta halter inom Norrland, Svealand respektive Götaland. I Norrland har halterna under 2000-talet varit 20-40 % lägre i områdets västra delar jämfört med de östra delarna. I Svealand har uppmätta halter i Stockholmsregionen varit nästan dubbelt så höga som uppmätta halter i inlandet. Haltnivåerna skiljer sig även mellan Götaland-inlandet och Götaland-kust och Skåne, där uppmätta halter i Skåne och vid kusten har varit 30-45 % högre jämfört med i inlandet.



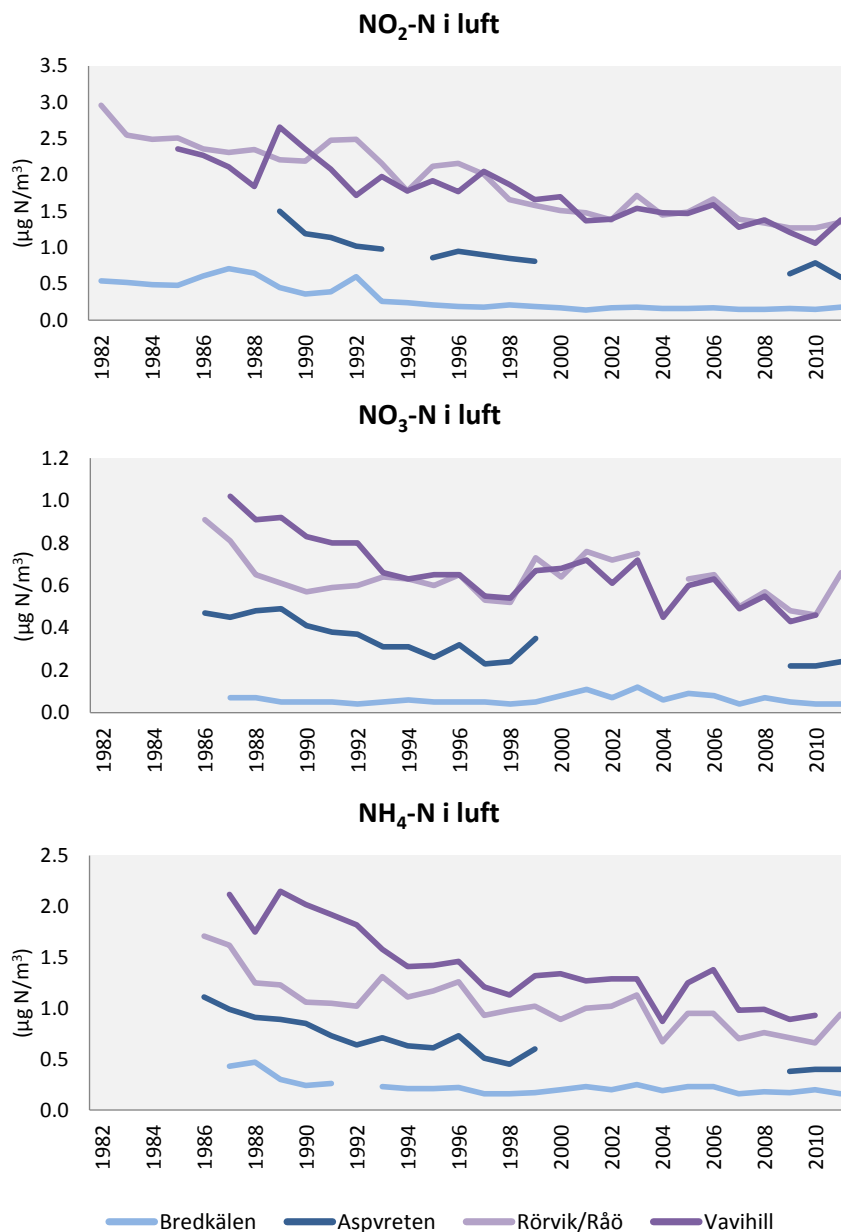
Figur 4 Årsmedelhalter av SO₂-S i luft (µg/m³) i Norrland, Svealand och Götaland 2001-2011. Årsmedelvärdena har beräknats genom att medelvärdesbilda uppmätta halter i luft från mätstationer i respektive region enligt Bilaga 3.

3.1.1.2 Kväve

Årsmedelhalter av NO₂-N, NO₃-N och NH₄-N i luft vid fyra EMEP-stationer 1982-2011 visas i Figur 5. Vid en jämförelse mellan uppmätta halter av NO₂-N på 1980-talet och 2000-talet har medelhalterna minskat med ca 70 % vid Bredkälén, ca 40 % vid Rörvik/Råö och Vavihill. För Aspvreten saknas data för större delen av 2000-talet eftersom mätningar inte skedde 2000-2008, men halterna har minskat även i Aspvreten.

Vid en jämförelse mellan uppmätta halter av NO₃-N under perioden 1986-1999 och 2000-talet har halterna varit lägre än 0,1 µg/m³ vid Bredkälén under hela perioden. Skillnaden mellan periodmedelhalterna vid Rörvik/Råö är liten, men i Vavihill har de minskat med cirka 20 %. För Aspvreten saknas data för större delen av 2000-talet eftersom mätningar inte skedde 2000-2011.

Vid en jämförelse mellan uppmätta halter av NH₄-N under perioderna 1986-1999 och 2000-2011 har medelhalterna minskat med ca 20 % vid Bredkälén, ca 30 % vid Rörvik/Råö och vid Vavihill. För Aspvreten saknas data för större delen av 2000-talet eftersom mätningar inte skedde 2000-2008.

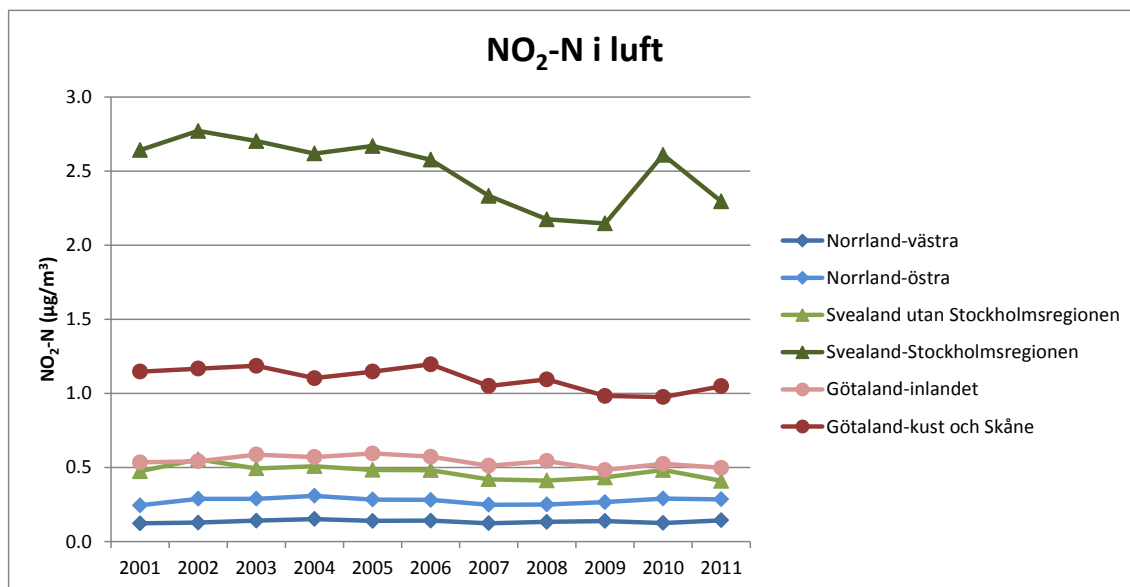


Figur 5 Årsmedelhalter av NO₂-N, NO₃-N (gas+partiklar) och NH₄-N (gas+partiklar) i luft (µg/m³) vid fyra EMEP-stationer; Bredkålen 1982-2011, Aspvreten 1987, 1989-1999 och 2009-2011, Rörvik/Råö 1982-2011 samt Vavihill 1985-2011. Årsmedelvärde för Vavihill saknas för 2011, då det periodvis varit problem med strömförsörjningen under året.

I Figur 6 visas regionvisa årsmedelhalter av NO₂-N i luft i Norrland-västra, Norrland-östra, Svealand utan Stockholmsregionen, Svealand-Stockholmsregionen, Götaland-inlandet och Götaland-kust och Skåne 2001-2011. Vid en jämförelse av periodmedelvärde 2001-2005 och 2006-2011 har halterna minskat något (drygt 10 %) i Svealand. I Götaland och Norrland har haltnivåerna varit i stort sett samma över hela perioden.

Under hela 2000-talet har uppmätta halter varit högst i Svealand-Stockholmsregionen. Lägst halter har under perioden mätts upp på stationerna i Norrland-västra. Figuren visar

också att det är skillnader mellan uppmätta halter inom Norrland, Svealand respektive Götaland. I Norrland har halterna under 2000-talet varit ca 50 % lägre i områdets västra delar jämfört med de östra delarna. I Svealand har uppmätta halter i Stockholmsregionen varit ca 80 % högre jämfört med uppmätta halter i inlandet. Haltnivåerna skiljer sig även mellan Götaland-inlandet och Götaland-kust och Skåne, där uppmätta halter i Skåne och vid kusten har varit dubbelt så höga som halterna i inlandet under perioden.

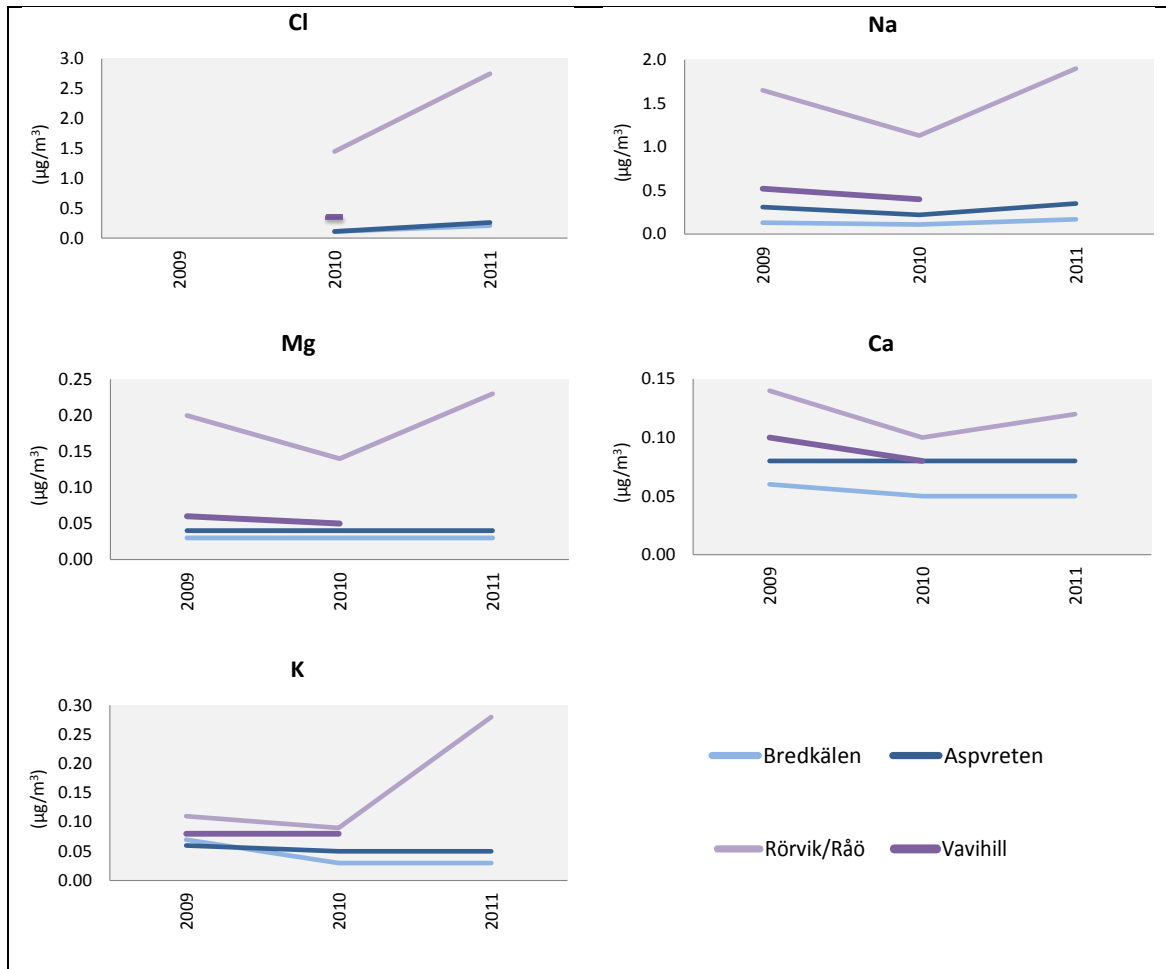


Figur 6 Årsmedelhalter av NO₂-N i luft (µg/m³) i Norrland, Svealand och Götaland 2000-2011. Årsmedelvärdena har beräknats genom att medelvärdesbilda uppmätta halter i luft från mätstationer i respektive region enligt Bilaga 3.

3.1.1.3 Klorid, natrium, magnesium, kalcium och kalium

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

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



Figur 7 Årsmedelhalter av klorid, natrium, magnesium, kalcium och kalium i luft (partikelfas $\mu\text{g}/\text{m}^3$) under 2009-2011. Årsmedelvärde för Vavihill saknas för 2011, då det periodvis varit problem med strömförsörjningen under året.

3.1.2 Nederbörd och deposition

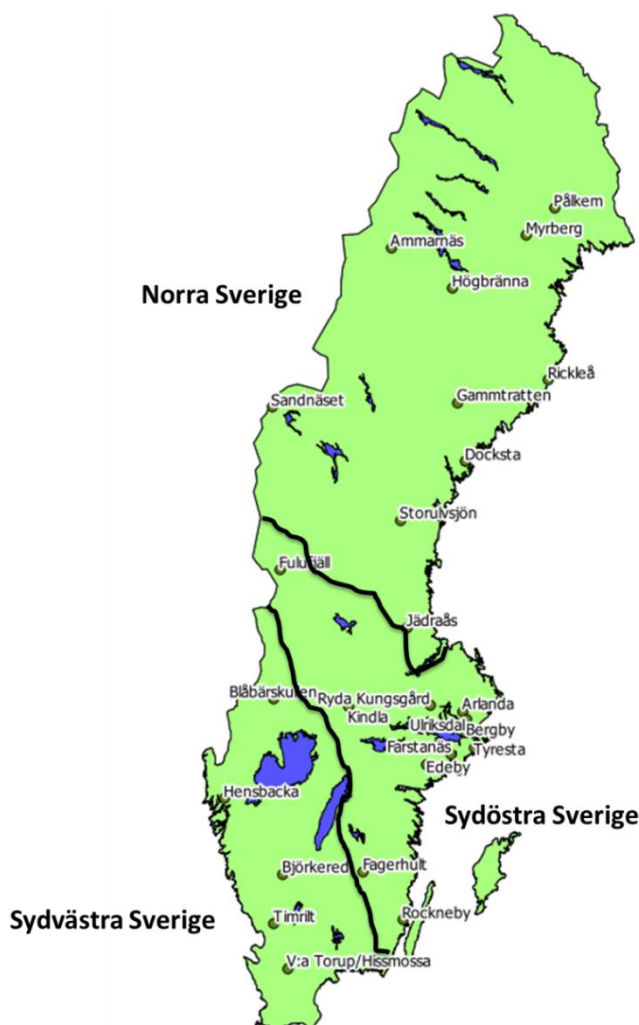
Även halter i nederbörd av bland annat olika försurande och övergödande ämnen mäts inom fyra olika mätnät; EMEP, LNKN, Krondroppsnetet och IM (se avsnitt 1.1). Figur 8 visar den nationella indelning som gjorts för nederbördsanalysen. Indelningen är samma som används inom miljömålsuppföljningen (<http://www.miljomal.se>).

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

Dataanalysen har för nederbörd koncentrerats till perioden 2000-2011 uppdelat på tre olika områden i Sverige. Figuren baseras på kalenderår och endast stationer där alla års data finns är med i trendanalysen. Samtliga stationers data finns att hämta på www.ivl.se eller www.krondroppsnetet.ivl.se. I Figur 8 och i Tabell 1 visas vilka stationer som ingår i trendanalysen. I analysen ingår samma stationer som ingår i miljömålsuppföljningen varför en del stationer som ingår i denna analys ej finansieras av Naturvårdsverket utan av kunderna inom Krondroppsnetet.

Inom de olika mätnäten hanteras saknade värden på lite olika sätt beroende på syftet med mätnäten. Inom Krondroppsnetet 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 fler än två månader saknas har dessa stationer inom LNKN uteslutits i denna analys av detta skäl. I denna analys kan data från stationer där det saknas upp till 2 månader vara med, dock har nederbördsmängden då korrigerats så att den motsvarar 12 månader. Halterna kan dock fortfarande vara 10 eller 11 månader (ej korrigerade). Data från EMEP har uteslutits då problem med själva lockprovtagarna uppmärksammats de senaste åren.

Statistisk analys av trender har skett med Mann-Kendall-analys. Alla data från analysen presenteras i Bilaga 4 tillsammans med en beskrivning av metoden. Man bör dock betänka att den statistiska analysen gjorts på ett medelvärde för depositionen för de olika områdena, och att enskilda stationer kan ha en statistisk säkerställd förändring som ej visas i denna analys.



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

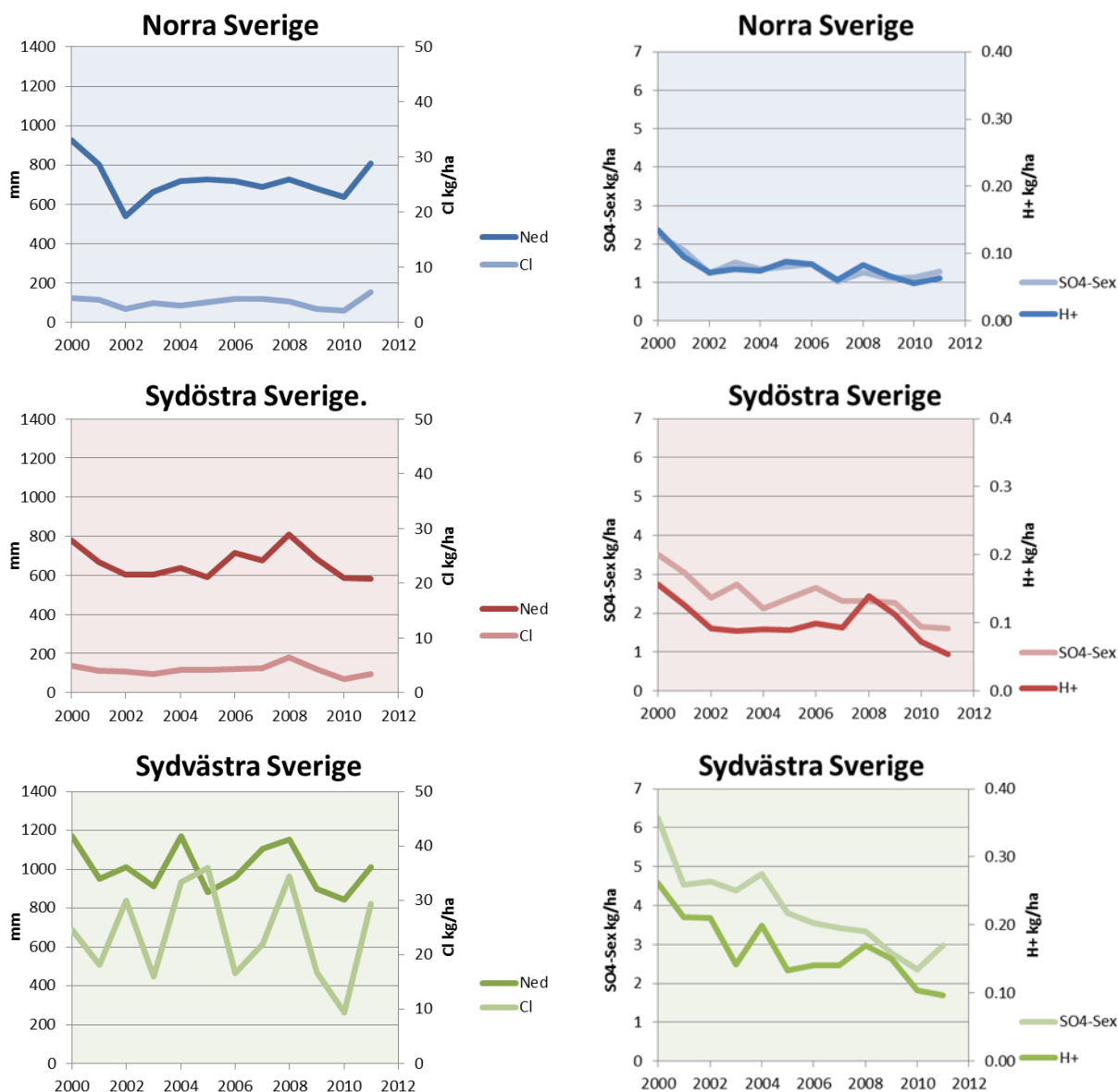
Tabell 1 Mätplatser som ingår i områdesindelning för analys av nederbörd.

Område	Mätstation
Norra Sverige	Ammarnäs, Döcksta, Gammtratten, Högrännan, Jädraås, Myrberg, Pålkem, Rickleå, Sandnåset, Storulvsjön
Sydöstra Sverige	Arlanda*, Bergby*, Edeby, Farstanäs, Fulu fjäll, Kindla, Rockneby, Ryda Kungsgård, Tyresta, Ulriksdal*
Sydvästra Sverige	Björkered*, Blåbärskullen, Fagerhult, Hensbacka, Timrilt, V:a Torup/Hissmossa

* Finansieras ej av Naturvårdsverket

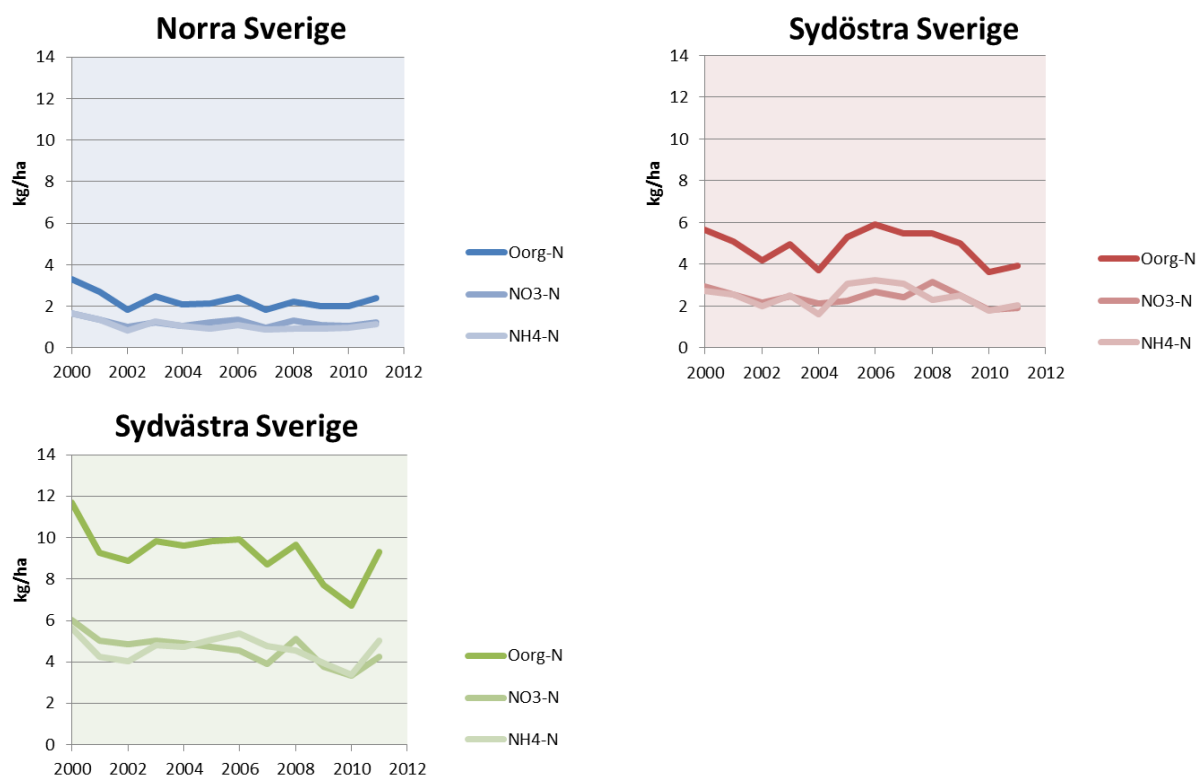
Nederbördsmängd samt depositionen av klorid, svavel och H^+ vid de olika områdena 2000-2011 visas i Figur 9. När det gäller nederbördsmängderna syns ingen statistiskt säkerställd trend för något av de 3 olika områdena för perioden 2000-2011. Nederbördsmängden är högst i de sydvästra delarna av Sverige.

Även kloriddepositionen är som väntat högst i sydvästra Sverige. Inte heller när det gäller kloriddepositionen finns någon statistiskt säkerställd trend. För svavel visar en statistisk analys med Mann-Kendall på en minskning mellan 36-54% av svaveldepositionen (utan havssalt) under perioden 2000-2011 för alla tre områdena i Sverige. Mest har svaveldepositionen minskat i sydvästra Sverige och minst i norra Sverige där belastningen varit lägst. När det gäller depositionen av H⁺ finns en statistiskt säkerställd minskning i norra Sverige samt i sydvästra Sverige. Vätejondepositionen kan användas som ett mått på den försurande belastningen. Minskningen under perioden 2000-2011 var ca 35 % för H⁺ i norra Sverige och 56 % i sydvästra Sverige.



Figur 9 Medelnederbördsmängd samt depositionen av klorid, svavel samt H⁺ för de olika områdena över Sverige under 2000-2011.

Kvävedepositionen, både som totalt oorganiskt kväve och uppdelat på nitrat- respektive ammoniumkväve, på årsbasis i de olika områdena under perioden 2000-2011 visas i Figur 10. Depositionen av nitratkväve har minskat med ca 34 % i sydvästra Sverige sedan år 2000. I övriga Sverige finns inga statistiskt säkerställda förändringar vare sig för nitratkväve, ammoniumkväve eller totalt oorganiskt kväve (nitrat + ammonium).

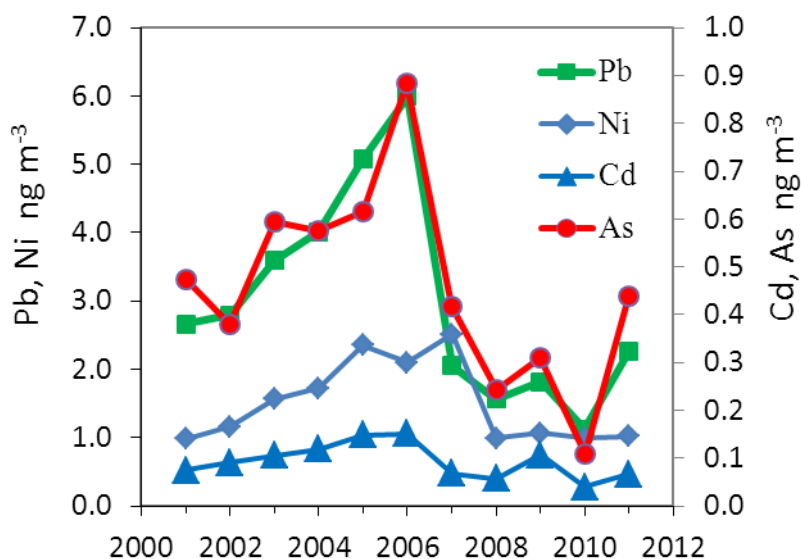


Figur 10 Deposition av oorganiskt kväve samt nitrat- och ammoniumkvävedeposition för de olika områdena över Sverige under 2000-2011.

3.2 Metaller

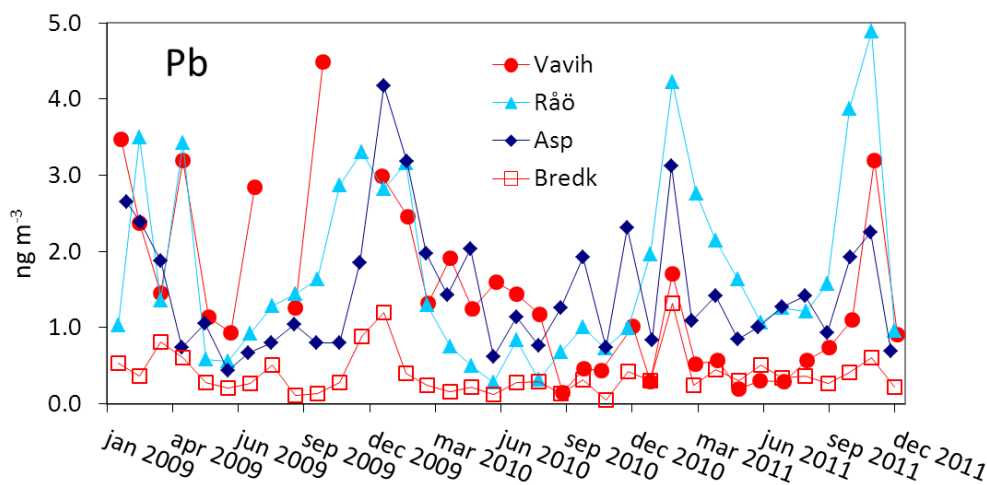
3.2.1 Luft

I Figur 11 visas resultaten från mätningar av tungmetaller på partiklar vid Råö-stationen under perioden 2001 till 2011. Resultaten från 2001 - 2008 är uppmätta med annan metod för partikelprovtagning, se Bilaga 1, och har tagits med som jämförelse. Resultatet indikerar en viss samvariation mellan de olika metallerna med förhöjda halter kring år 2006. Speciellt ter sig samvariationen mellan bly och arsenik vara stor, men även nickel och kadmium uppvisar en liknande trend. Samvariationen beror troligtvis på att metallerna har gemensamma källor. Bly, arsenik och kadmium förekommer i flygaska och emitteras vid förbränning av kol för energiproduktion och vid sopförbränning etc. Nickel är förknippat med förbränning av olja men emitteras också vid förbränning av kol (Bradl, 2005). Förhöjda lufthalter av tungmetaller i Sverige beror till stor del på långväga transport, d.v.s. import av emissioner från andra europeiska länder. Via modellering uppskattades mer än 80 % av den totala antropogena depositionen av bly, kadmium och kvicksilver i Sverige under år 2010 bero på import (EMEP Status Report 2/2012).

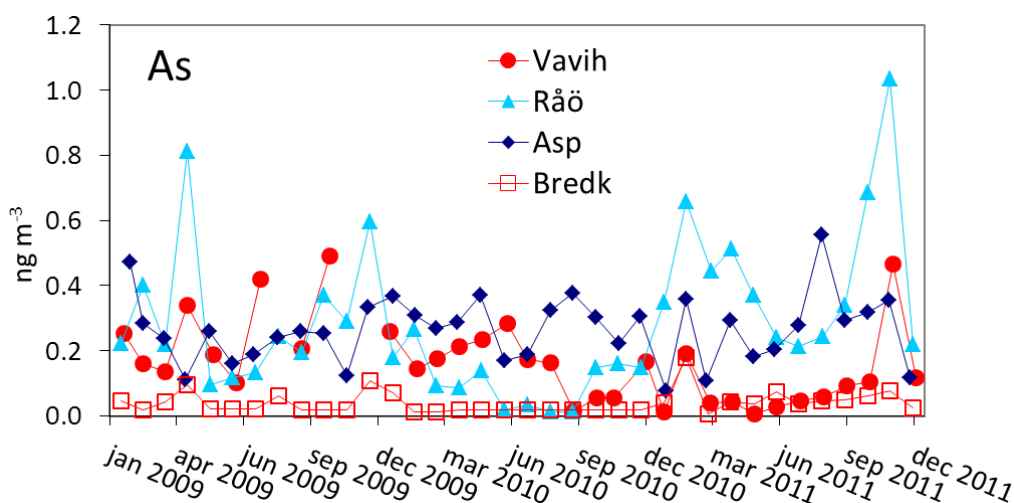


Figur 11 Tungmetaller på partiklar mätt vid Råö-stationen under perioden 2001 – 2011. Observera att Pb och Ni (vänster y-axel), respektive Cd och As (höger y-axel) har olika skalor.

Figur 12 och Figur 13 visar månadsmedelhalter i luft av partikulärt bly och arsenik vid fyra EMEP-stationer i Sverige under 2009-2011. En geografisk trend med låga värden vid Breckälven i norr och högre halter i söder kan skönjas. Dessutom framträder en årtidsvariation i de uppmätta blyhalterna med förhöjda halter vintertid.

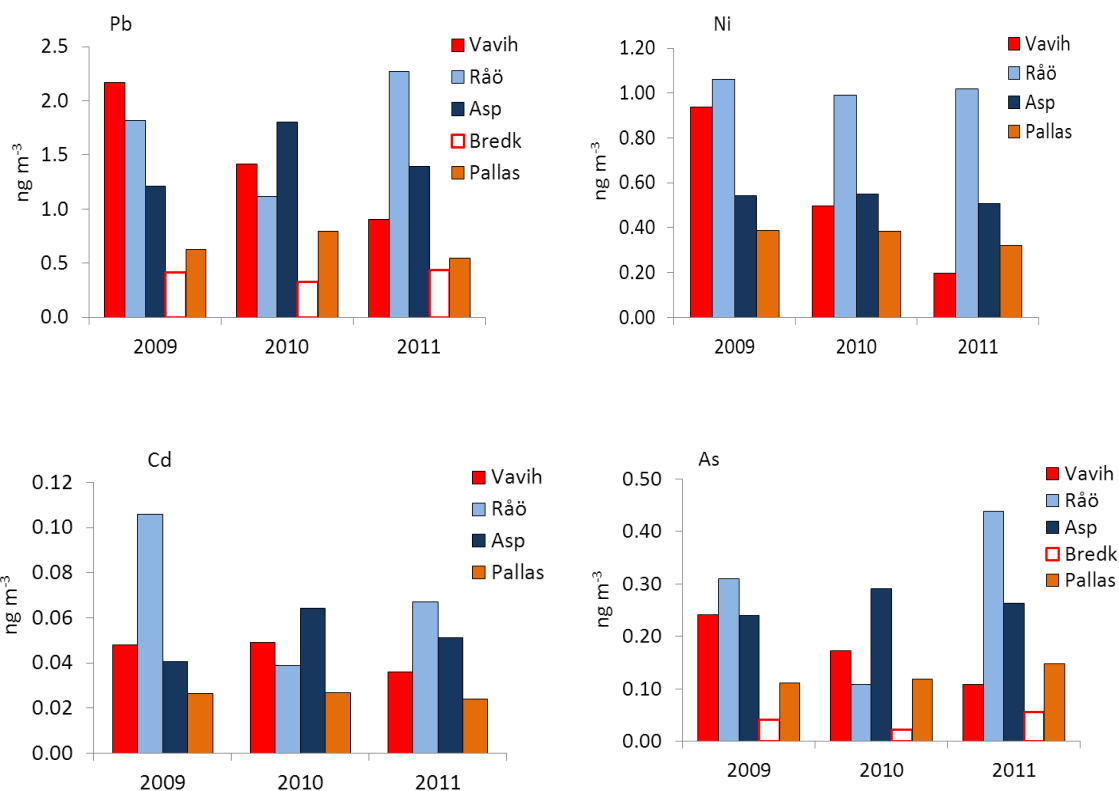


Figur 12 Månadsmedelvärden av partikelbundet bly från mätningar vid 4 mätstationer under 2009-2011.



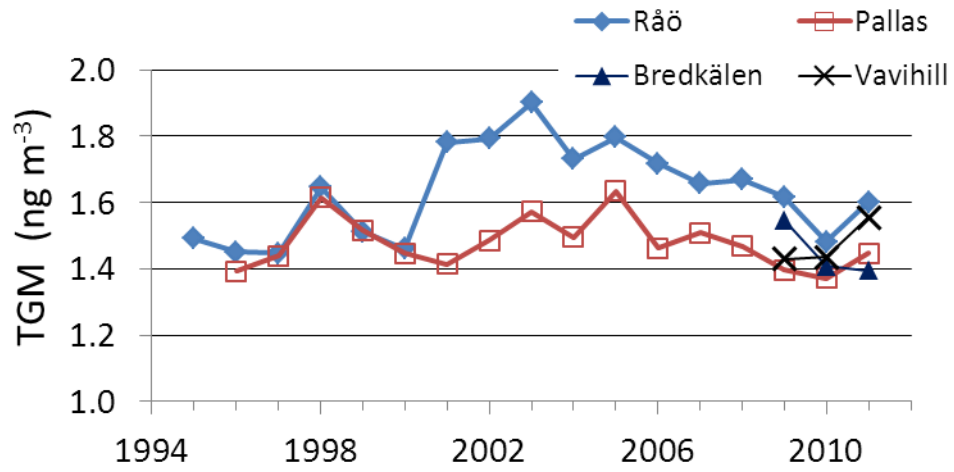
Figur 13 Månadsmedelvärden av partikelbundet arsenik från mätningar vid 4 mätstationer under 2009-2011.

Figur 14 visar årsmedelhalter halter av bly, nickel, kadmium och arsenik vid fyra mätstationer i Sverige samt Pallas i norra Finland under perioden 2009 till 2011. Halterna av nickel och kadmium vid Breckkälén är inte medtagna eftersom dessa var lägre än den använda mätmetodens detektionsgräns. Under 2009 är även flera mätvärden av kadmium under detektionsgränsen vid Råö och samma sak gäller även för nickel under 2010. Det kan konstateras att halterna som visas i Figur 14 är låga i förhållande till de nedre utvärderingströsklar som anges för nickel, kadmium och arsenik i Luftkvalitetsförordningen (SFS 2010:477). År 2011 var årsmedelhalten av arsenik vid Råö 0.44 ng m^{-3} . Högsta uppmätta månadsmedelvärde under 2009 – 2011 uppgick till 1.0 ng m^{-3} , vilket kan jämföras med den nedre utvärderingströskeln för arsenik som är 2.4 ng m^{-3} . Nedre utvärderingströskeln för nickel och kadmium är 10 ng m^{-3} respektive 2 ng m^{-3} . De högsta årsmedelvärdena av nickel och kadmium under perioden 2009 -2011 uppmättes vid Råö-stationen och uppgick till 11 % respektive 6 % av respektive nedre utvärderingströskel.



Figur 14 Årsmedelhalter av partikelbundet bly, nickel, kadmium och arsenik vid fyra Svenska mätstationer samt Pallas i norra Finland under perioden 2009 - 2011.

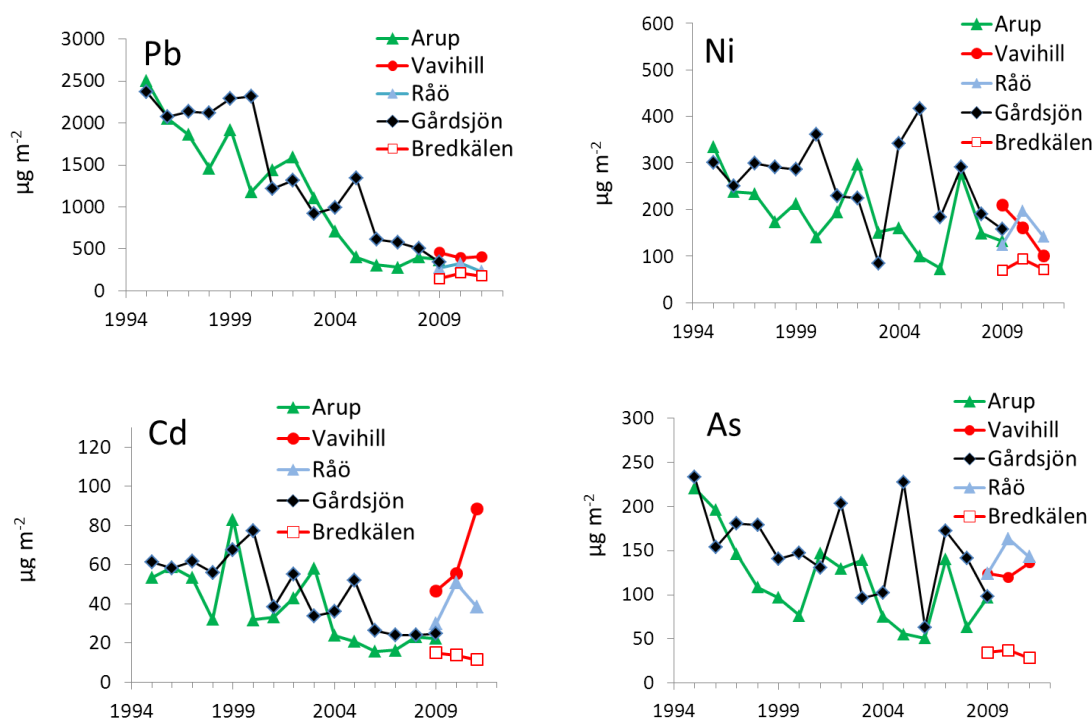
Figur 15 visar årsmedelhalter av totalt gasformigt kvicksilver (TGM). Mellan 1985-1989 var medelhalten av kvicksilver vid Råö 3.2 ng/m³ (Iverfeldt m.fl., 1995), men har till följd av minskade utsläpp av kvicksilver från egna och europeiska källor minskat till dagens nivå kring 1.4 – 1.6 ng/m³. Det här motsvarar bakgrundshalten av kvicksilver i norra hemisfären, vilken uppskattades till 1.7 ng/m³ för perioden 1996 – 2000 (Slemr m.fl., 2003). Dock tycks kvicksilver ytterligare ha minskat i bakgrundsluft i norra Europa under senare tid. Mätningar på Mace Head på Irland (Ebinghaus m.fl. 2011) indikerar att årsmedelhalten där har minskat med i genomsnitt 0.03 ng/m³ per år under det senaste decenniet. En liknande trend kan även skönjas vid Råö och Pallas.



Figur 15 Totalt gasformigt kvicksilver (TGM) vid Råö och Pallas i norra Finland. Årsmedelvärden vid Bredkälven och Vavihill från 2009 - 2011 visas också.

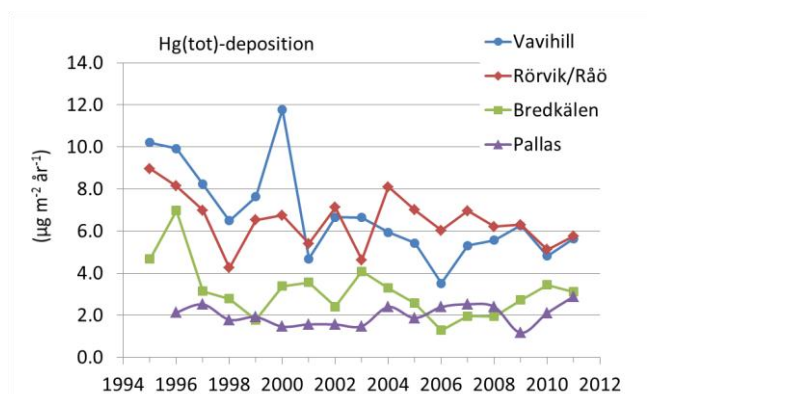
3.2.2 Nederbörd och deposition

I Figur 16 visas deposition av bly, nickel, kadmium och arsenik. Från stationerna Vavihill, Råö och Bredkålen finns endast data från 2009 - 2011. Av Figur 16 framgår bland annat att depositionen av bly vid både Arup och Gårdsjön har minskat med en faktor 4 - 5 sedan mitten av 1990-talet. En starkt bidragande orsak till minskningen är att man i Sverige och övriga Europa då slutade använda bensin med blytillsats.



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

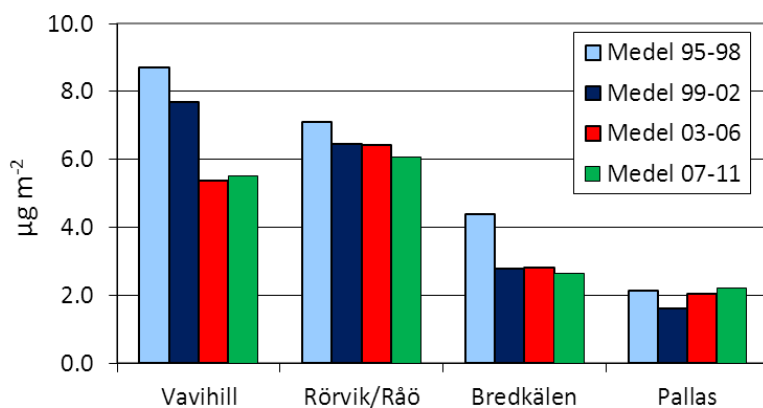
Figur 17 visar kvicksilverdeposition från Vavihill i söder till Pallas i norr. Både en geografisk trend, med högre kvicksilverdeposition i söder i jämförelse med de nordliga stationerna, och en tidsmässigt avtagande trend för de sydligt belägna stationerna Vavihill och Rörvik/Råö kan skönjas.



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

Figur 18 visar framräknade 4-årsmedelvärden av kvicksilverdeposition för perioderna 1995 – 1998, 1999 – 2002 och 2003 – 2006, samt 5-årsperioden 2007 – 2011.

Kvicksilverdepositionen minskade under senare delen av 1990-talet vid Vavihill, Rörvik/Råö och Bredkålen som en följd av minskande kvicksilverhalter i nederbörd, trots att nederbördsmängderna ökade något.



Figur 18 Medelvärden av deposition av Hg(tot).

3.3 Organiska ämnen

I denna rapport redovisas resultaten från mätningarna genomförda mellan 2006-2011. Miljöövervakningsdata fram till år 2009 samt provtagnings- och analysmetodiken presenterades i föregående statusrapporter (Potter et al., 2006, Hansson et al., 2006, Sjöberg et al., 2011). Resultaten i föreliggande rapport kommer att sättas i relation till föregående års mätningar. Alla grunddata går att ladda ner från Datavärdskapet för luft (www.ivl.se).

3.3.1 Organiska miljögifter - Halter i luft

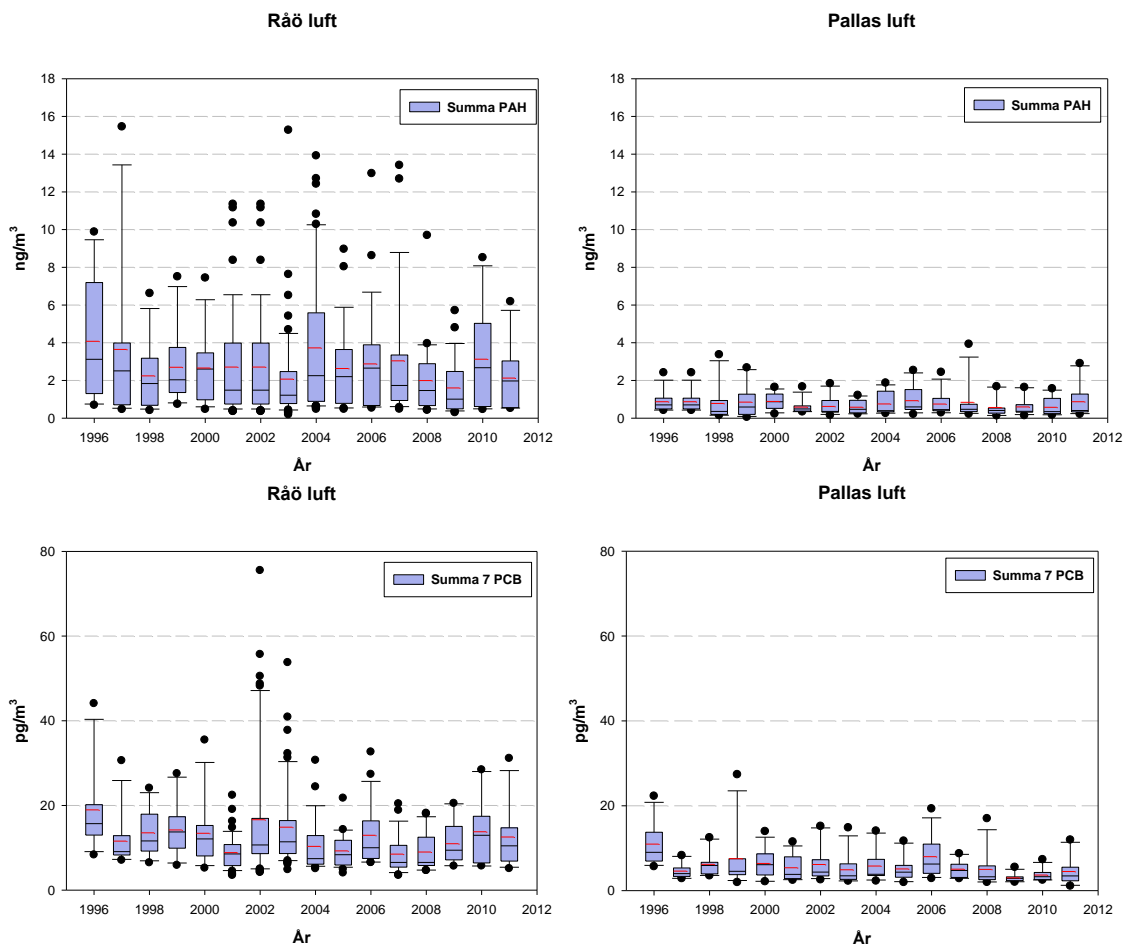
Fram till 2008 genomfördes mätningarna vid Aspvreten och Pallas med en frekvens på 1 vecka per månad för att från 2009 övergå till kontinuerliga mätningar. Övergången av mätningar med en frekvens på en vecka/månad till kontinuerliga mätningar vid Råö genomfördes år 2001. 2009 inkluderades stationen Vavihill i mätprogrammet. Vid den stationen genomförs mätningar av PAH.

3.3.1.1 PAH och PCB

Halterna av PAH (summa 12) och PCB (summa 7) i luft vid Råö och Pallas för åren 1996 till 2011 visas i Figur 19. Resultaten redovisas som ”box whisker plots”, där gränsen av själva boxen representerar 25- och 75-percentilen, linjen inne i boxen medianvärdet och den röda linjen medelvärde. Utöver det visas också 90- och 10-percentilen samt avvikande värden (svarta prickar).

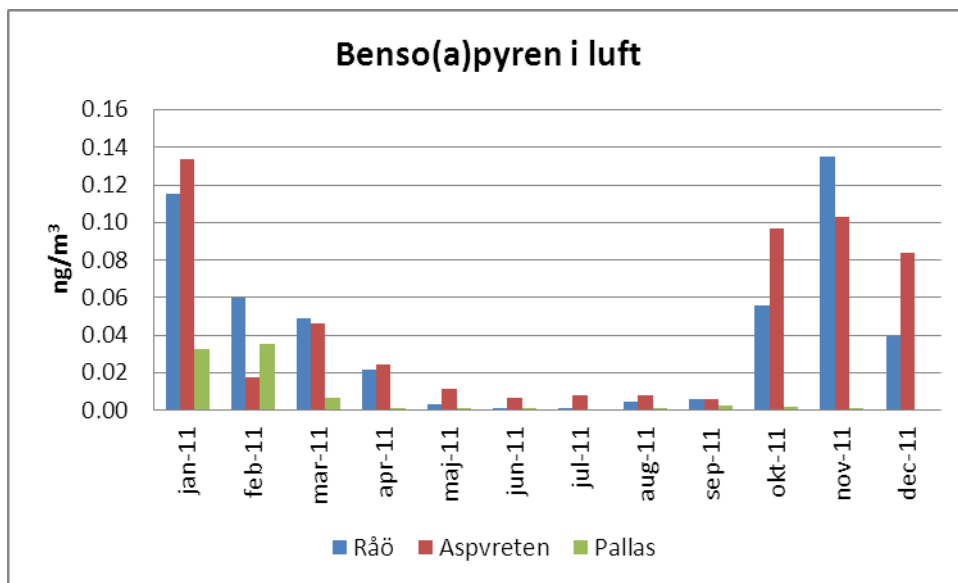
Årsmedelkoncentrationen av PAH åren 2006 till 2011 varierade mellan 1.4 och 5.5 ng/m³ vid Råö, mellan 1.6 och 4.3 ng/m³ vid Aspvreten samt mellan 0.40 och 0.87 ng/m³ i Pallas. PCB-halterna har under samma period varierat mellan 8.5 och 14 pg/m³ (Råö), 4.3 och 8.8 pg/m³ (Aspvreten) samt 3 och 8 pg/m³ (Pallas).

Resultat från tidigare mätningar genomförda vid Råö och Pallas visade att PAH- och PCB-halterna minskat vid båda stationerna sedan starten av mätprogrammet (Brorström-Lundén et al., 1994). Under de senaste 16 åren har resultaten inte visat på någon tydlig minskning jämfört med föregående år. Halterna har generellt varit högre på västkusten (Råö) jämfört med i finska Lappland (Pallas).



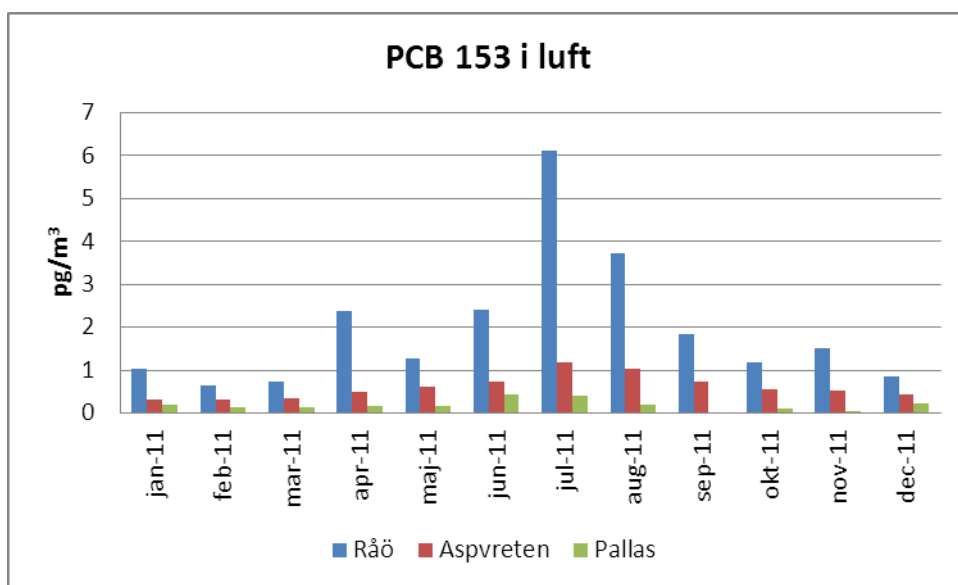
Figur 19 Halterna av summa PAH och PCB i luft vid Råö och Pallas. Boxen representerar 25- och 75-percentilen, linjen inne i boxen medianvärdet och den röda linjen medelvärde. Utöver det visas också 90- och 10-percentilen samt avvikande värden (svarta prickar). Resultaten från Råö t.o.m. 2000 och Pallas t.o.m. 2008 baseras på mätningarna med en frekvens på 1 vecka/månad. Resterande resultat baseras på kontinuerliga mätningar.

Som ett exempel på årstidsvariation visas i Figur 20 en PAH-komponent, benso(a)pyren. Halten benso(a)pyren var under 2011 högst under den kalla årstiden. MKN för benso(a)pyren, 1 ng/m^3 , överskreds inte på någon av stationerna.



Figur 20 Benso(a)pyren i luft 2011 på Vavihill, Råö, Aspvreten och Pallas.

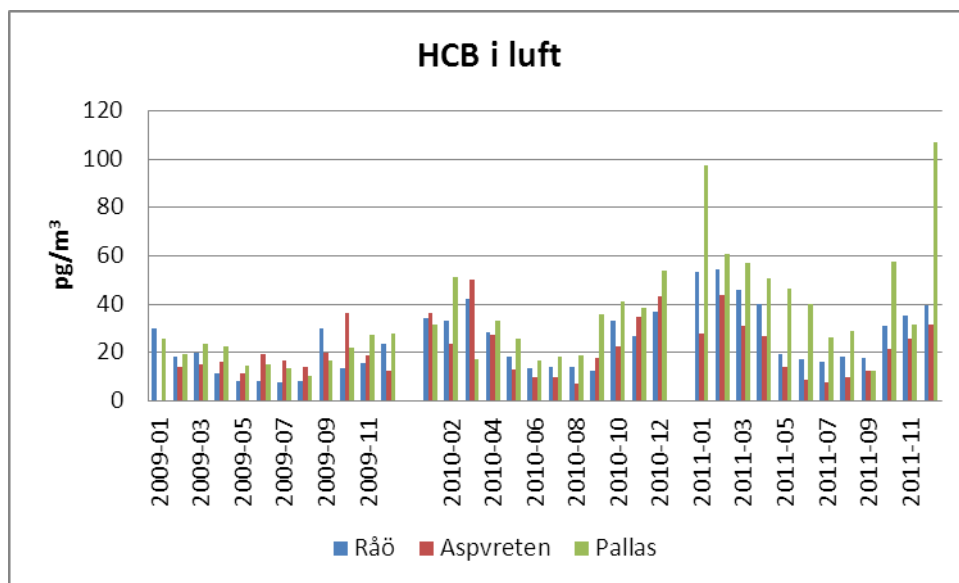
Som ett exempel på säsongsvariation av PCB visas i Figur 21 årstidsvariationen av en PCB-komponent, PCB-153. Den högsta halten under 2011 förekom under sommaren och lägsta koncentrationer under vinterhalvåret, vilket är i överensstämmelse med tidigare mätningar. Figuren visar också att halterna är högst vid Råö och lägst vid Pallas, vilket också är representativt för de övriga mätaren.



Figur 21 PCB-153 i luft 2011 vid Råö, Aspvreten och Pallas.

3.3.1.2 Hexaklorbensen (HCB)

Medelårskoncentrationen av HCB i luft mellan åren 2009 och 2011 ökade vid alla tre stationer (Figur 22). Medelhalten låg 2011 på 51 pg/m³ vid Pallas, 36 pg/m³ vid Aspvreten och 32 pg/m³ vid Råö, vilket är ca en faktor 2 högre jämfört med 2009. Dessa värden kan vara underskattade p.g.a. provtagningsmetodiken.



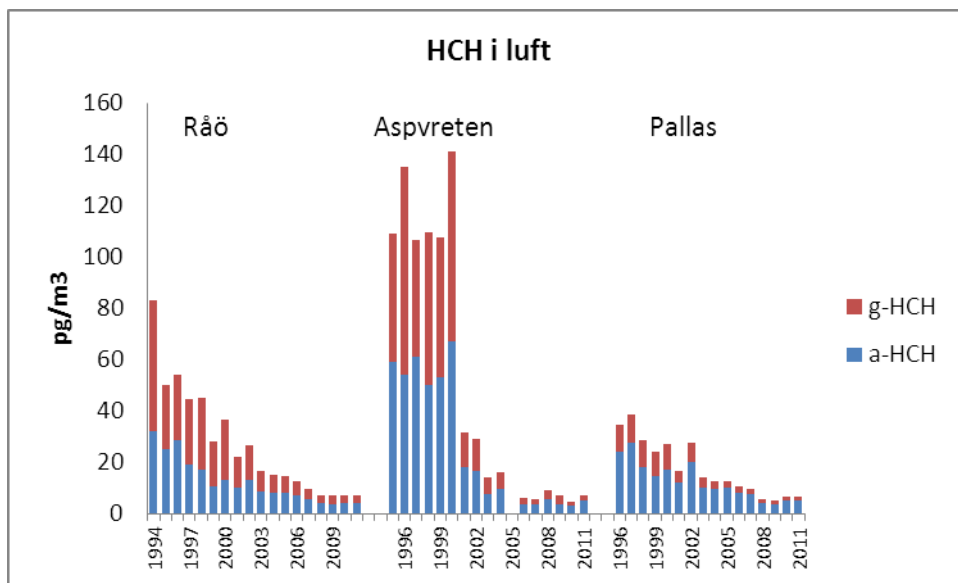
Figur 22 Medelhalt av hexaklorbensen i luft för åren 2009 till 2011.

3.3.1.3 Pesticider

I föreliggande kapitel presenteras resultaten från mätningar av klorerade och stabila pesticider som omfattas av Stockholmskonventionen inom UNEP, CLRTAP samt några av EU:s Vattendirektivs (2000/60/EG) pesticider.

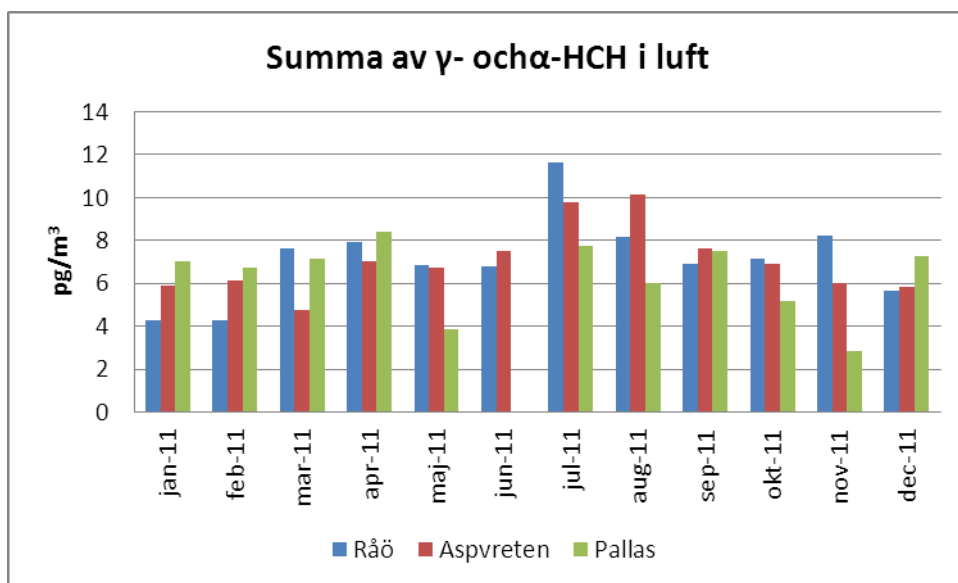
3.3.1.3.1 Hexaklorocyclohexan (HCH), klordaner, DDT

I Figur 23 presenteras halter av α - och γ -HCH i luft. Figuren visar att de senaste åren har halterna minskat jämfört med mätningarna mellan 1994-2005. Under 2006 till 2011 varierade α -HCH-halten mellan 3.4 och 6.8 pg/m³ vid Råö, mellan 3.0 och 5.3 pg/m³ vid Aspvreten och mellan 3.8 och 8.3 pg/m³ i Pallas, medan γ -HCH-halten varierade mellan 2.9 och 5.7 pg/m³ vid Råö, 1.6 och 3.7 pg/m³ vid Aspvreten samt 1.1 och 2.5 pg/m³ i Pallas.



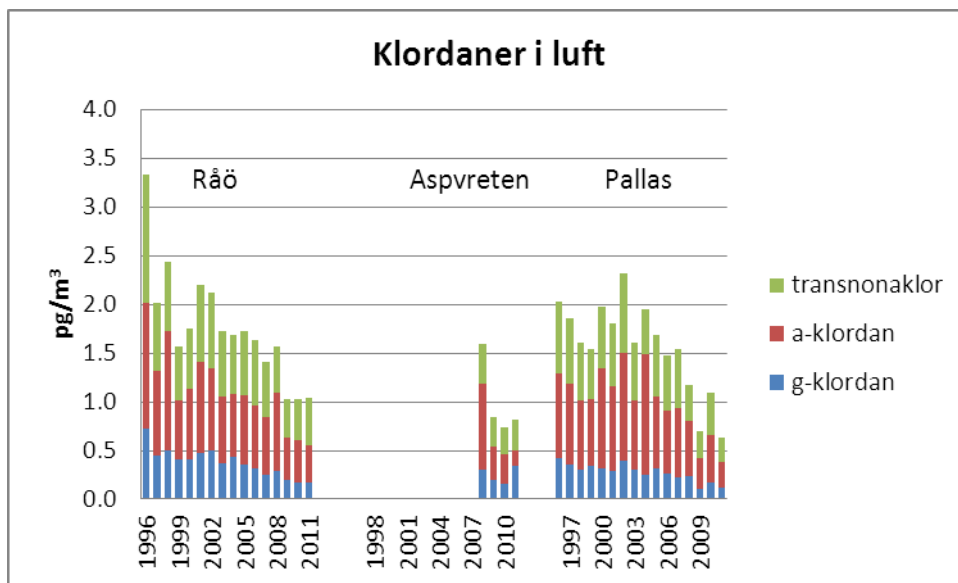
Figur 23 Årsmedelvärden av γ - och α -HCH-halter i luft för åren 1994-2011. 1995-2008 genomfördes mätningarna vid Aspvreten av ITM.

I Figur 24 visas årstidsvariationen av summa γ - och α -HCH i luft. Ingen tydlig årstidsvariation går att urskilja, men halterna är något förhöjda under sommarmånaderna.



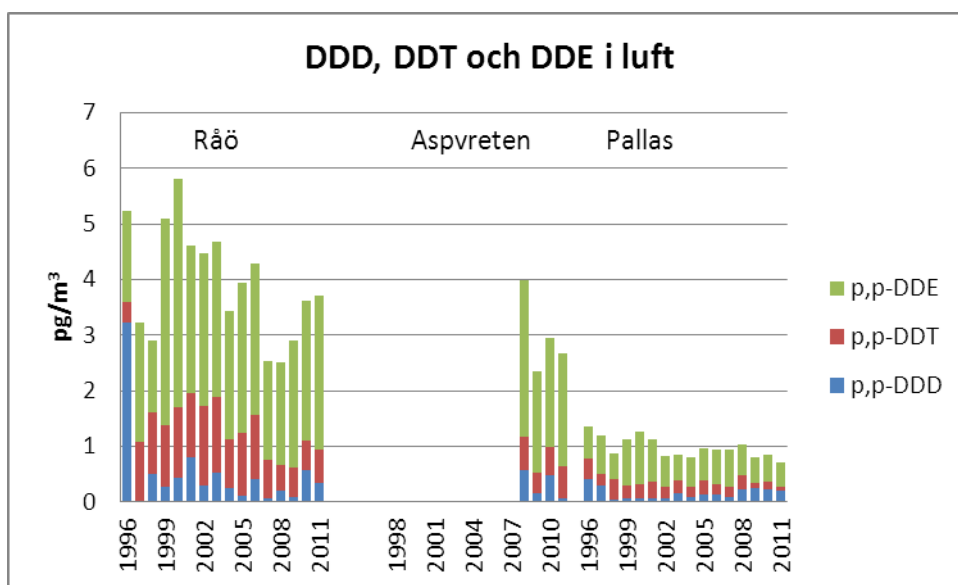
Figur 24 Årstidsvariation av summa γ - och α -HCH-halter i luft.

Årsmedel för α -, γ -klordan och transnonaklor vid Råö, Pallas och Aspvreten visas i Figur 25. Mätningarna av klordaner vid Aspvreten startade först 2008. Mätningarna visar att halterna ligger i samma storleksordning vid alla stationer. Klordankoncentrationen i luft varierade under åren 2006 till 2011 mellan 1.0 och 1.6 pg/m^3 vid Råö, 0.82 och 1.6 pg/m^3 vid Aspvreten (2008-2011) samt 0.58 och 1.5 pg/m^3 i Pallas.



Figur 25 Årsmedel av klordaner i luft. Mätningarna vid Aspvreten startade 2008.

I Figur 26 presenteras årsmedelvärden av p,p-DDE, p,p-DDT och p,p-DDD i luft vid Råö, Pallas och Aspvreten. Halterna vid Råö och Aspvreten var högre i jämförelse med norra Finland och p,p-DDE var den högsta enskilda komponenten. Summa DDT åren 2006 till 2011 varierade från 2.5 till 3.7 pg/m^3 vid Råö, 2.4 till 4 pg/m^3 vid Aspvreten (2008-2011) och 0.68 till 0.94 pg/m^3 i Pallas.



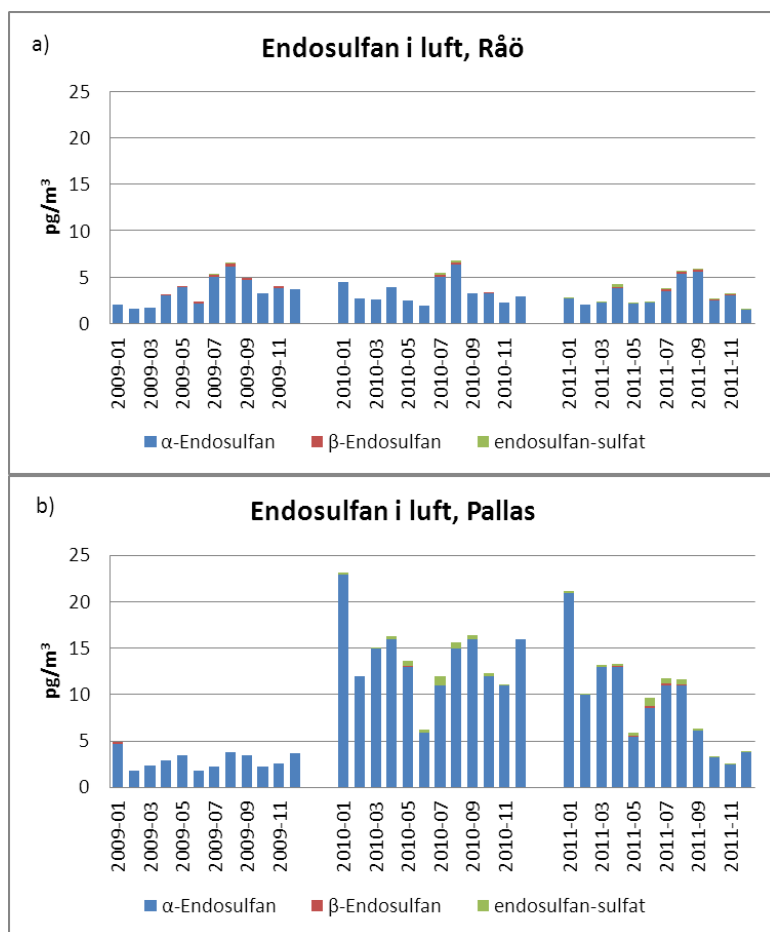
Figur 26 Halter av p,p-DDE, p,p-DDT och p,p-DDD i luft vid Råö, Pallas och Aspvreten. Mätningarna vid Aspvreten startade 2008.

3.3.1.3.2 Endosulfan

Halten α -endosulfan (ES) i luften under 2010 och 2011 var högre vid Pallas (14 resp. 9.1 pg/m^3) jämfört med vid Råö (3.4 resp. 3.0 pg/m^3). Halterna vid Råö varierade under 2011 mellan 1.5 och 5.6 pg/m^3 , med de högsta koncentrationer under augusti och september. Halterna vid Pallas varierade mellan 2.5 och 21 pg/m^3 . Någon tydlig årstidsvariation gick däremot inte att utskilja, se Figur 27. Resultaten från 2010 och 2011 vid Pallas var en faktor 3 till 5 högre jämfört med de uppmätta halterna av α -endosulfan under 2009.

Halterna β -endosulfan för åren 2009 till 2011 varierade från 0.11 till 0.20 pg/m^3 vid Råö och från 0.1 till 0.13 pg/m^3 vid Pallas.

Halten endosulfan-sulfat varierade under 2009-2011 från 0.9 till 0.13 pg/m^3 vid Råö och från <0.1 till 0.38 pg/m^3 vid Pallas.



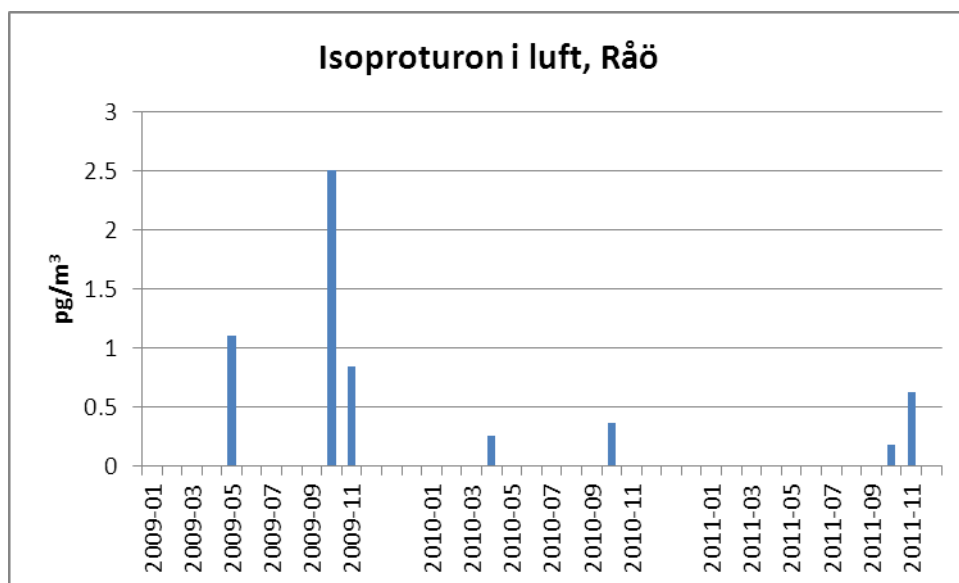
Figur 27 α -, β -endosulfan (ES) och endosulfan-sulfat i luftprover vid a) Råö och b) Pallas (2009-2011).

3.3.1.3.3 Aldrin, heptaklor

Aldrin detekterades endast i ett luftprov från Råö, augusti 2010, i en halt på 1.2 pg/m³. Heptaklor detekterades i två luftprover från 2010, juli och augusti, i halter från 0.8 till 1.2 pg/m³. I övriga prover under 2009 och 2011 kunde aldrin eller heptaklor inte påvisas.

3.3.1.3.4 Atrazin, diuron och isoproturon

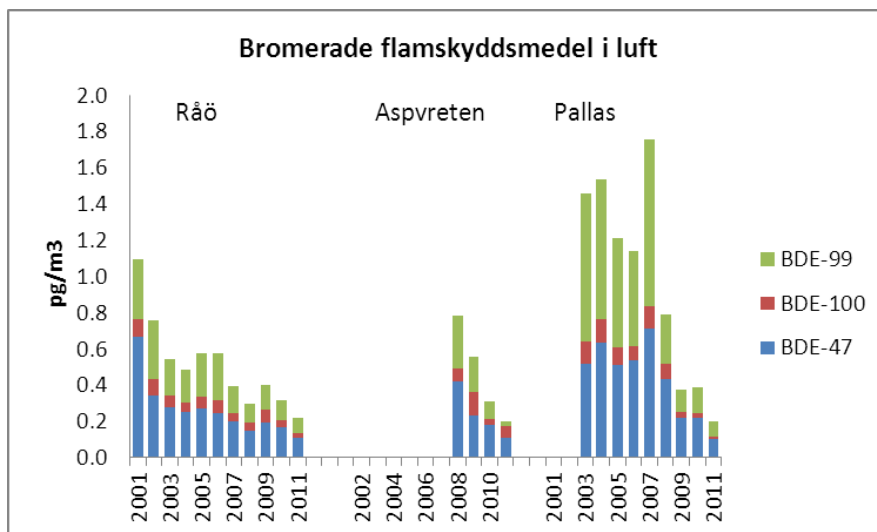
Pesticiderna isoproturon, diuron och atrazin bestämdes i luftprover från Råö. Halterna isoproturon varierade under 2009 till 2011 från <0.5 till 0.25 pg/m³, se Figur 28. Atrazin var inte detekterbart i något av proverna (<0.5 pg/m³) och diuron detekterades endast i ett prov från 2009 (0.49 pg/m³).



Figur 28 Isoproturon i luftprover från Råö 2009-2011.

3.3.1.4 Bromerade flamskyddsmedel

I Figur 29 visas halterna BDE (47, 99 och 100) i luften vid Råö, Pallas och Aspvreten. Mätningarna av bromerade flamskyddsmedel vid Aspvreten startade 2008. Sedan starten av mätningarna har de uppmätta BDE (47, 99 och 100)-halterna i luft indikerat en minskning vid både Råö, Aspvreten och Pallas. Under 2006 till 2011 varierade halten BDE (47, 99, 100) från 0.19 till 0.57 pg/m³ vid Råö, 0.15 och 0.78 pg/m³ vid Aspvreten (2008-2011) och från 0.19 till 1.8 pg/m³ vid Pallas.



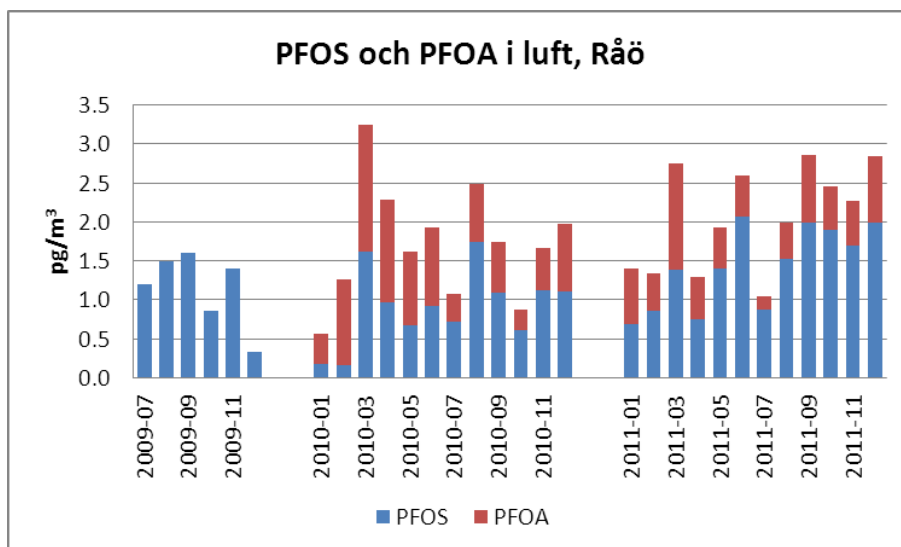
Figur 29 BDE (47, 99, 100)-koncentration i luft vid Råö, Pallas och Aspvreten. Mätningar av BDE vid Aspvreten startade 2008.

Mätningar av BDE-209 (Deca-BDE) och Hexabromcyklododekan (HBCDD) startade 2009 och genomförs vid Råö och Pallas. Variationen i årsmedelhalt av BDE-209 i luft var mellan 0.56 och 6.7 pg/m^3 vid Råö och mellan 0.14 och 1.9 pg/m^3 vid Pallas. Halterna av HBCDD varierade under samma tidsperiod mellan 0.23 och 1.7 pg/m^3 vid Råö och mellan <0.05 och 0.59 pg/m^3 vid Pallas.

3.3.1.5 Perflourinerade ämnen (PFAS)

Halten perfloroktansulfat (PFOS) i luften vid Råö visas i Figur 30.

Medelårskoncentrationen av PFOS för åren 2009 - 2011 varierade från 0.91 till 1.4 pg/m^3 medan koncentrationen av PFOA i luften under 2010 till 2011 varierade från 0.64 till 0.82 pg/m^3 . PFOA kunde inte bestämmas i prover från 2009. Ingen klar årstidsvariation gick att urskilja.

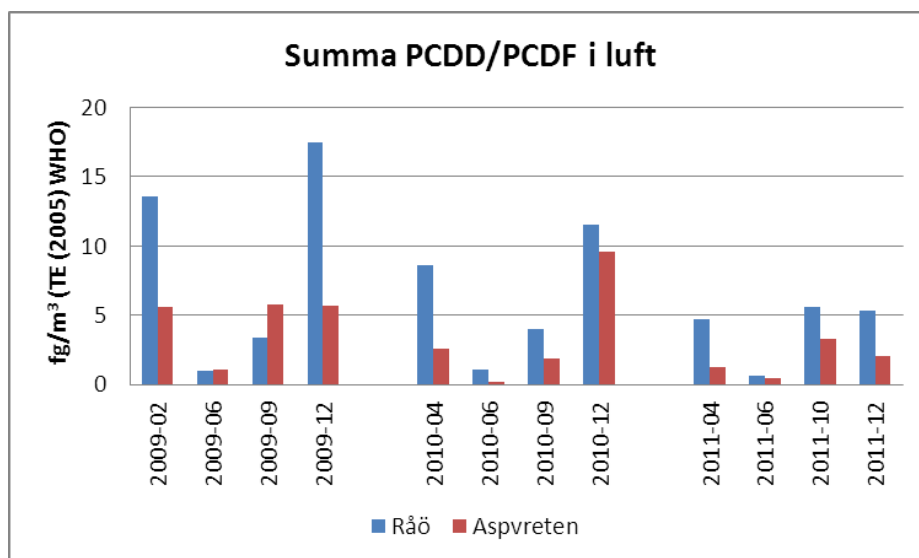


Figur 30 PFOS och PFOA i luft vid Råö, 2009-2011.

3.3.1.6 Dioxiner och furaner

Mätningar av summa dioxiner och furaner (PCDD/PCDF) i luften genomförs under fyra tillfällen (månader) per år vid två stationer Råö och Aspvreten. Proverna är jämnt spridda över året och representerar olika årstider. Resultaten från dessa mätningar presenteras i Figur 31. Resultaten är angivna i fg TEQ/m³, 2378-TCDD-toxicitetsekvivalenter enligt WHO-modellen-2005 (för mer information se Palm Cousins et al., 2006).

Halterna på västkusten under 2010 varierade mellan 1.1 och 12 fg TEQ/m³ och mellan 0.61 och 5.7 fg TEQ/m³ år 2011, med de lägsta koncentrationer under sommaren (juni). Dessa resultat är i samma storleksordning som tidigare mätningar från Råö från 2009 och mätningar från Råö som genomfördes 2004 till 2005 (Palm Cousins et al., 2006). Vid Aspvreten uppmättes lägre koncentrationer jämfört med vid Råö. Halterna varierade mellan 1.1 och 5.7 fg TEQ/m³ 2009, 0.2 och 9.6 fg TEQ/m³ 2010 och mellan 0.49 och 3.3 fg TEQ/m³ år 2011.

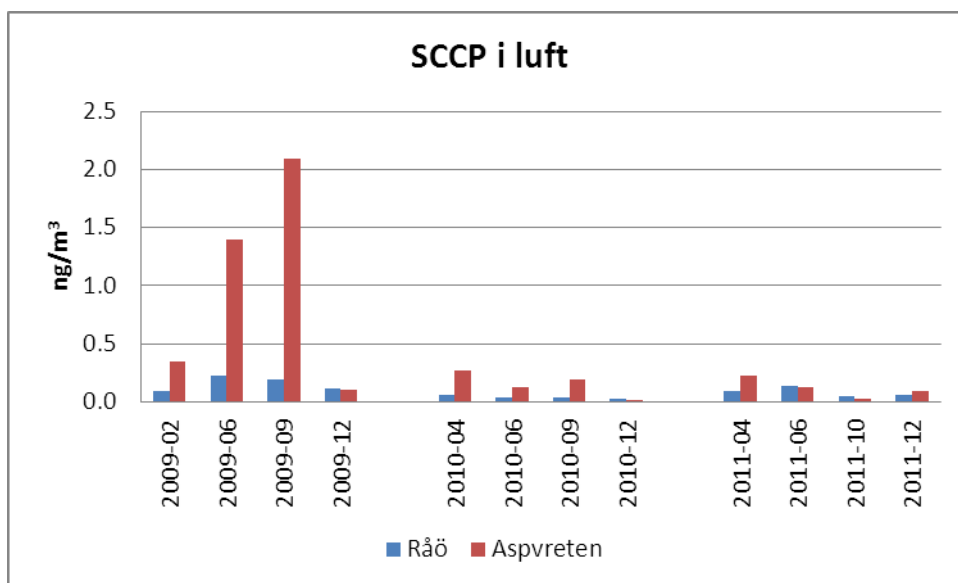


Figur 31 Summa dioxiner/furaner i luft vid Råö och Aspvreten, halterna är angivna i fg TEQ/m³ (2378-TCDD toxicitetsekvivalenter enligt WHO-modellen).

3.3.1.7 Klorparaffiner

Atmosfärisk koncentration av kortkedjiga klorparaffiner (SCCP) från mätningar genomförda på västkusten (Råö) och östkusten (Aspvreten) under 2009 till 2011 visas i Figur 32. Fyra prover valdes ut för analys av SCCP, jämnt spridda över året och representativa för olika årstider (se även avsnitt 3.3.1.6).

Halterna vid Råö var relativt jämna med endast små variationer mellan mätningarna (0.03 till 0.06 ng/m³ 2010 och 0.048 till 0.14 ng/m³ 2011). Halterna vid Aspvreten varierade från 0.02 till 0.27 ng/m³ 2010 och från 0.022 till 0.23 ng/m³ år 2011. Någon årstidsvariation uppmättes inte under mätningarna 2010-2011, vilket erhöles 2009. Halterna 2009 (juni, september) var också högre vid Aspvreten jämfört med koncentrationer uppmätta under 2010 och 2011.



Figur 32 Kortkedjiga klorparaffiner i luft vid Råö och Aspvreten 2009-2011.

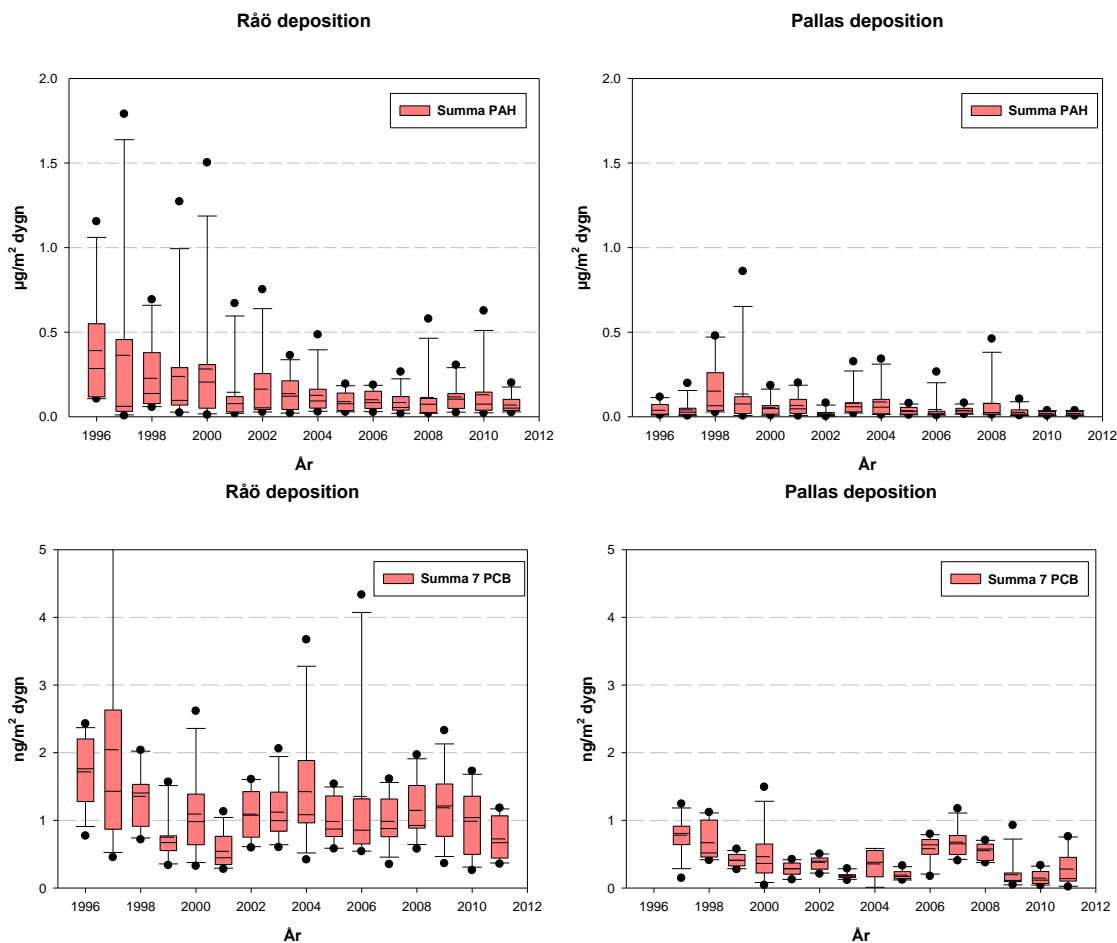
3.3.2 Organiska miljögifter - atmosfärisk deposition

Mätningarna av den atmosfäriska depositionen genomfördes parallellt med luftmätningarna vid samtliga stationer. Fram till 2008 genomfördes mätningarna vid Aspvreten och Pallas med en frekvens på 1 vecka per månad för att från 2009 övergå till kontinuerliga mätningar. Övergången av mätningar med en frekvens på en vecka/månad till kontinuerliga mätningar vid Råö genomfördes år 2001.

3.3.2.1 PAH och PCB

I Figur 33 visas den atmosfäriska depositionen av PAH (summa 12) och PCB (summa 7) vid Råö och Pallas för åren 1996-2011. Med undantag för de första mätåren vid Råö (1996-2000) har depositionen av PAH och PCB varit relativt likartad från år till år vid både Pallas och Råö.

Depositionen av PAH (summa 12) vid Råö, för åren 2006 till 2011, varierade från 0.069 till 0.13 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ dygn, vid Aspvreten från 0.061 till 0.61 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ dygn och vid Pallas var värden för motsvarande år 0.019 till 0.080 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ dygn. Depositionen vid Vavihill, för åren 2009 till 2011, varierade från 0.087 till 0.017 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ dygn.



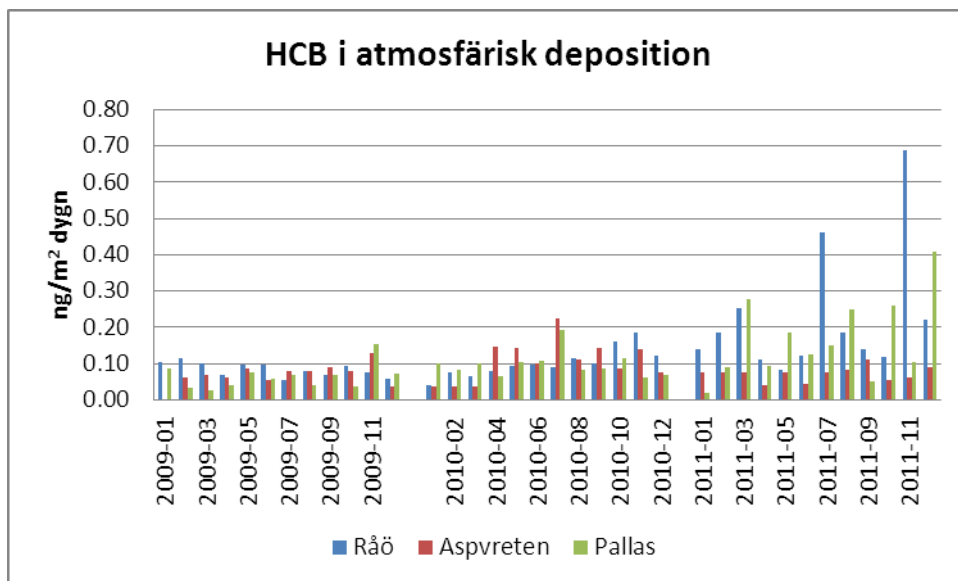
Figur 33 Atmosfärisk deposition av PAH och PCB vid Råö och Pallas. Resultaten från Råö t.o.m. 2000 och Pallas t.o.m. 2008 baseras på mätningarna med en frekvens på 1 vecka/månad. Resterande resultat baseras på kontinuerliga mätningar.

Depositionen av PCB:er har under de senaste åren legat på en relativt jämn nivå. Depositionen 2006 till 2011 varierade vid Råö från 0.69 till 1.4 ng/m^2 dygn, från 0.17 till 0.84 ng/m^2 dygn vid Aspvreten och från 0.15 till 0.57 ng/m^2 dygn vid Pallas.

De högsta depositionsfluxerna av PAH och PCB under 2010 och 2011 uppmättes vid Råö, vilket överensstämmer med tidigare mätningar. Ingen tydlig årstidsvariation av PAH och PCB i atmosfärisk deposition går att urskilja på någon av stationerna.

3.3.2.2 Hexaklorbensen (HCB)

Den atmosfäriska depositionsfluxen av HCB var under 2009 till 2010 relativt jämn mellan stationerna, men 2011 uppmättes en något högre HCB-deposition vid Råö och Pallas, Figur 34. Fluxerna 2010 och 2011 var 0.10 resp. 0.23 ng/m^2 dygn vid Råö, 0.11 resp. 0.072 ng/m^2 dygn vid Aspvreten och 0.10 resp. 0.17 ng/m^2 dygn vid Pallas.



Figur 34 HCB i atmosfärisk deposition på Råö, Aspvreten och Pallas, 2009 till 2011.

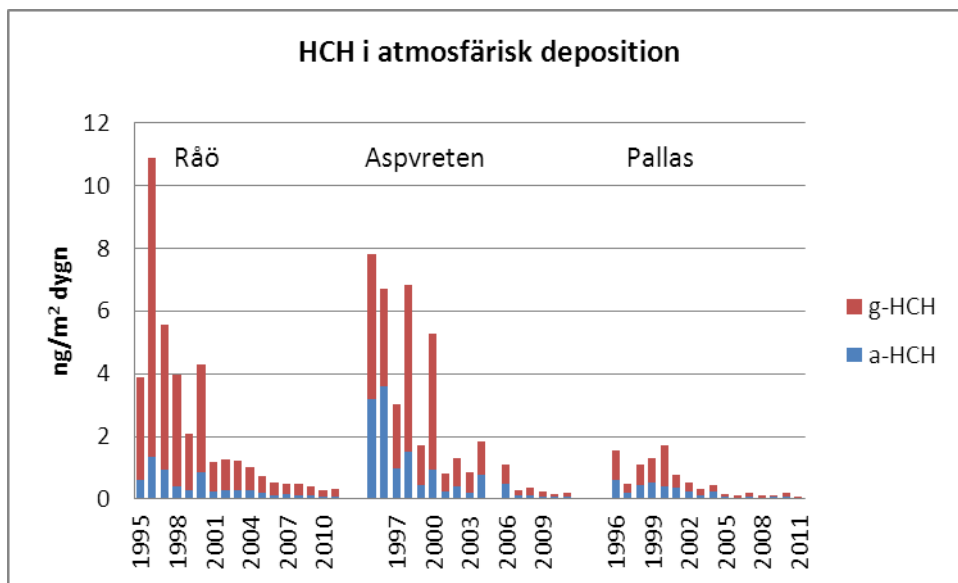
3.3.2.3 Pesticider

I föreliggande kapitel presenteras resultaten från mätningar av klorerade och stabila pesticider som omfattas av Stockholmskonventionen inom UNEP, CLRTAP samt några av EU:s Vattendirektivs (2000/60/EG) pesticider.

3.3.2.3.1 HCH, klordaner och DDT

I Figur 35 visas den atmosfäriska depositionen av α - och γ -HCH för åren 1995-2011. Depositionen av HCH:er har varit högre vid Råö och Aspvreten jämfört med vid Pallas. Vid Råö och Aspvreten har HCH-depositionen minskat från cirka 2001. Depositionen av HCH:er vid Råö har under åren 2006 till 2011 varierat mellan 0.29-0.52 ng/m² dygn. Vid Pallas och Aspvreten har depositionen för motsvarande år varierat mellan 0.059 och 0.20 respektive 0.15 och 1.1 ng/m² dygn. De lägsta värden vid alla tre stationer uppmättes under 2010 och 2011.

Depositionen av klordaner och DDT under 2010 och 2011 var högst vid Råö och Aspvreten och lägst vid Pallas.

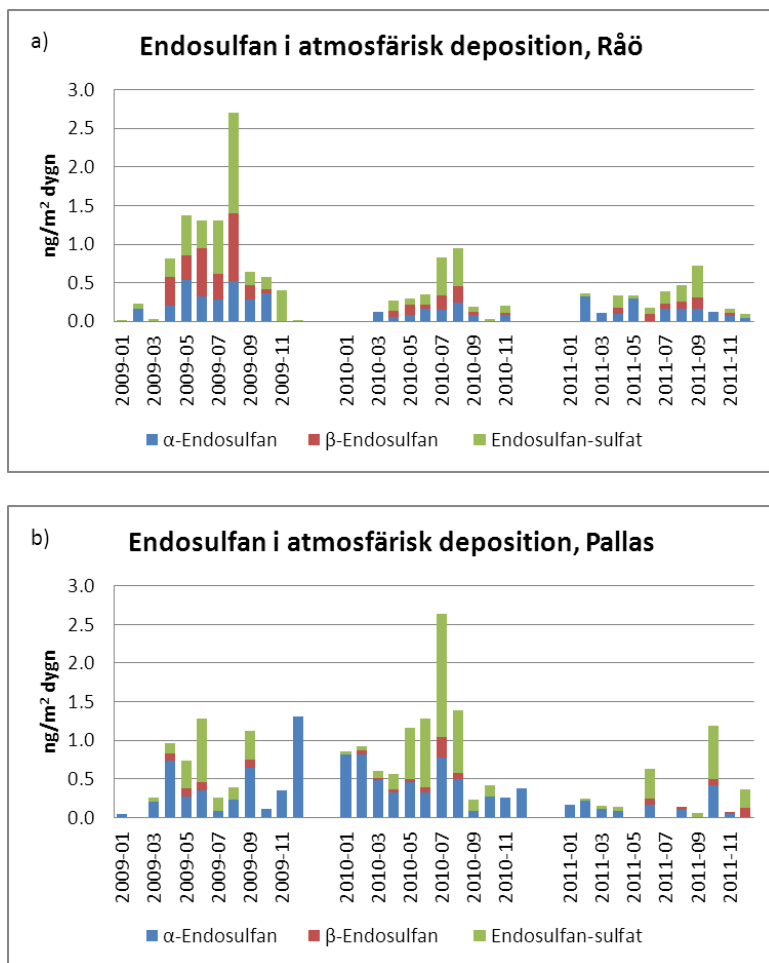


Figur 35 Atmosfärisk deposition av α - och γ -HCH vid Råö, Aspvreten och Pallas. Mätningarna fram till 2008 vid Aspvreten genomfördes av ITM.

3.3.2.3.2 Endosulfan

Under 2009 till 2011 var depositionen av α -endosulfan något lägre vid Råö (årsmedel 0.12-0.33 ng/m² dygn) jämfört med vid Pallas (årsmedel 0.16-0.45 ng/m² dygn). β -endosulfan varierade under samma år från 0.088 till 0.40 ng/m² dygn vid Råö och från 0.07 till 0.10 ng/m² dygn vid Pallas (Figur 36). Depositionen av endosulfan-sulfat varierade från 0.13 till 0.33 vid Råö och från 0.21 till 0.46 ng/m² dygn vid Pallas.

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



Figur 36 α -, β -endosulfan (ES) och endosulfan-sulfat i depositionsprover vid Råö och Pallas (2009-2011).

3.3.2.3.3 Aldrin, heptaklor

Aldrin kunde inte detekteras i några depositionsprover från Råö 2009-2011 (<0.1 ng/m² dygn). Heptaklor detekterades endast i juli- och augustiprover från 2010 (0.47 respektive 0.25 ng/m² dygn).

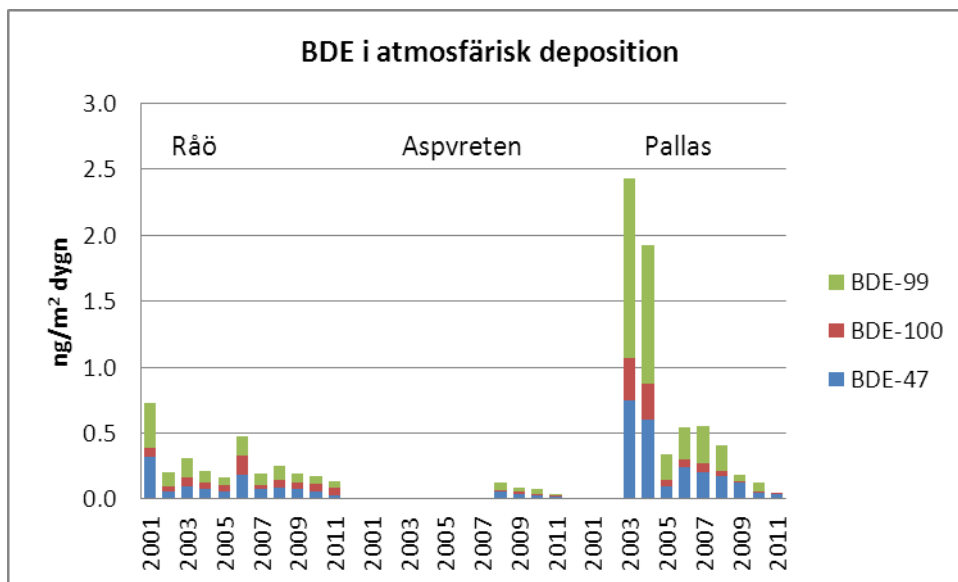
3.3.2.3.4 Atrazin, diuron och isoproturon

Atrazin och diuron kunde inte detekteras i några av proverna från Råö (<2 ng/m² dygn). Isoproturon kunde detekteras i fyra månadsprover under 2011. Under mars och april uppmättes en flux på 0.07 ng/m² dygn och under oktober och november en flux på 0.19 respektive 0.026 ng/m² dygn.

3.3.2.4 Bromerade flamskyddsmedel

De allra högsta BDE (47, 99, 100)-fluxerna uppmättes vid Pallas under de två första mätåren (2003-2004). Från 2006 har depositionen av BDE vid Pallas minskat, för att från 2009 ligga på ungefär samma nivåer som vid Råö och Aspveten, se Figur 37. Under 2006

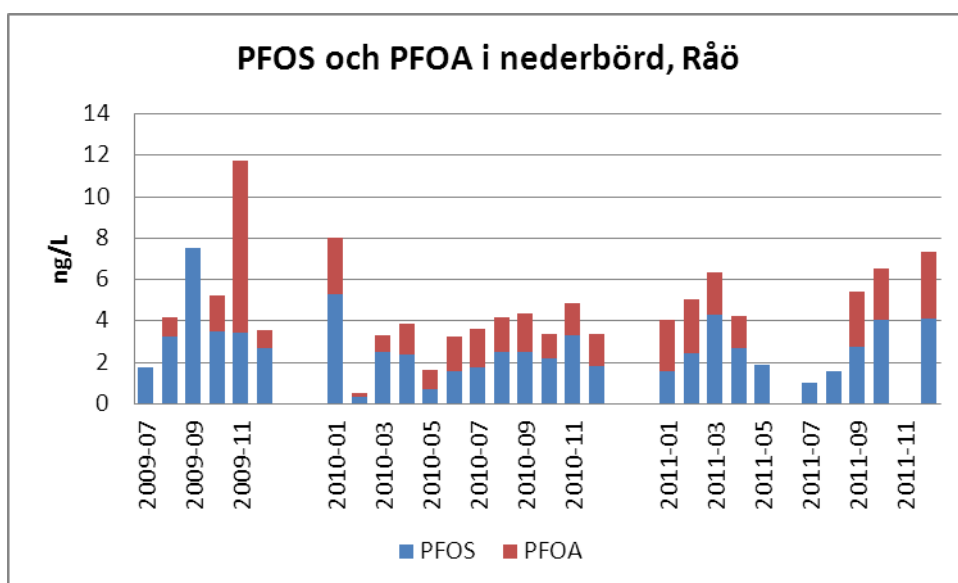
till 2011 varierade BDE-fluxerna från 0.14 till 0.48 ng/m² dygn vid Råö och från 0.043 till 0.55 ng/m² dygn vid Pallas. BDE-fluxerna vid Aspvreten minskade under 2008 - 2011 från 0.12 till 0.042 ng/m² dygn. 2011 års mätningar visade ingen tydlig årstidsvariation av BDE (47, 99, 100) i depositionen.



Figur 37 Atmosfärisk deposition av BDE (47, 99 och 100). Mätningarna vid Aspvreten startade 2008.

3.3.2.5 Perflourinerade ämnen (PFAS)

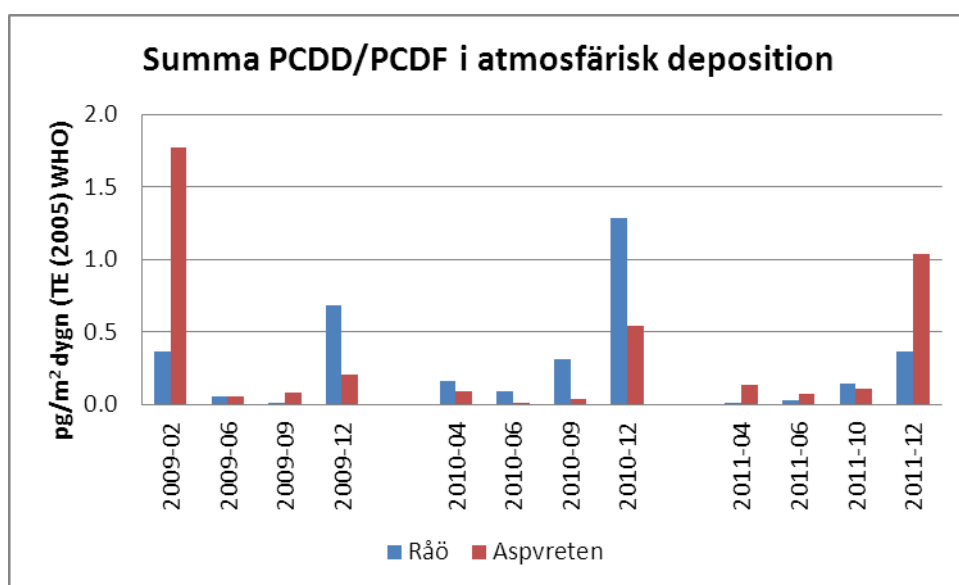
Mätningarna av PFAS vid Råö startade andra halvåret 2009. Årsmedelhalter av PFOS i nederbörden vid Råö åren 2009 till 2011 varierade från 2.2 till 3.7 ng/L, medan PFOA varierade från 1.5 till 2.4 ng/L, se Figur 38. Mätningar visar ingen tydlig årstidsvariation.



Figur 38 PFOS och PFOA i nederbörd vid Råö. Mätningarna startade i juli 2009.

3.3.2.6 Dioxiner och furaner

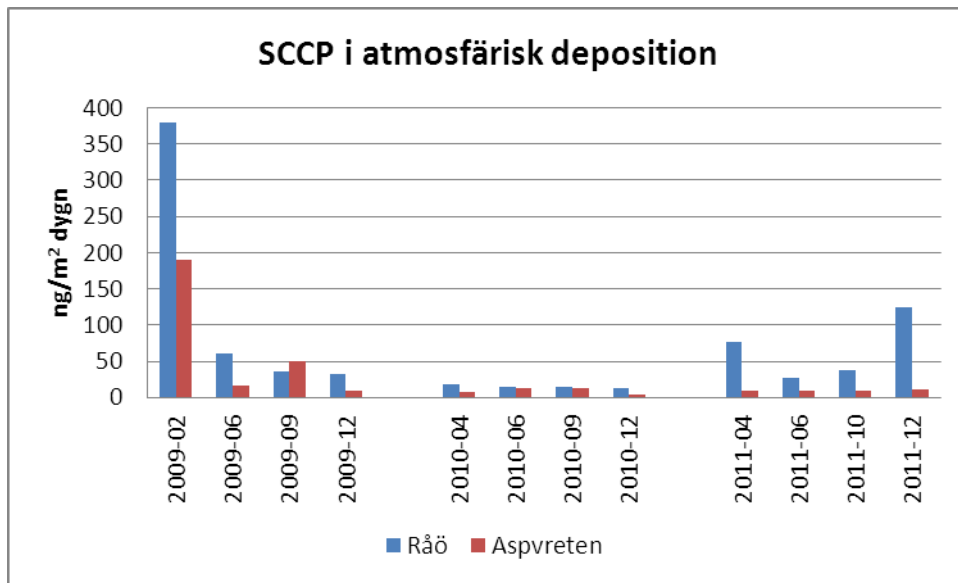
Dioxiner och furaner (summa PCDD/F) bestämdes i fyra depositionsprover från Råö och Aspvreten jämnt spridda över året. Resultaten är angivna i pg TEQ/m² dygn, som 2378-TCDD-toxicitetsekvivalenter enligt WHO-modellen-2005 (för mer information se Palm Cousins et al., 2006). Resultaten från mätningarna presenteras i Figur 39. Baserat på de fyra mätningarna per år varierade årsmedeldepositionen av summa PCDD/F vid Råö från 0.14 till 0.46 pg TEQ/m² dygn. Dessa resultat var i nivå med tidigare mätningar genomförda vid Råö (2004-2005), (Palm Cousins et al., 2006). Vid Aspvreten varierade årsmedeldepositionen från 0.17 till 0.53 pg TEQ/m² dygn. De högsta månadsvärdena vid båda stationerna uppmättes under vintermånader.



Figur 39 Summa dioxiner och furaner angivna i pg TEQ/m², dygn i atmosfärisk deposition vid Råö och Aspvreten 2009-2011.

3.3.2.7 Klorparaffiner

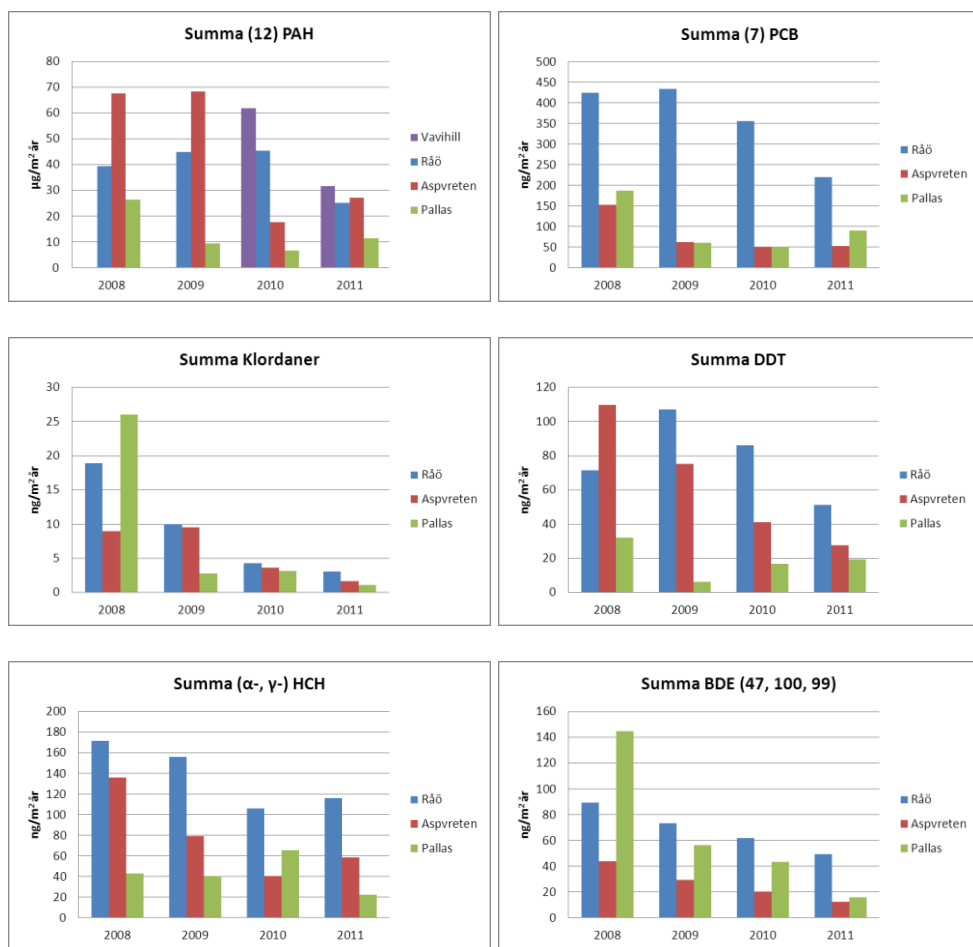
Kortkedjiga klorparaffiner (SCCP) bestämdes i fyra depositionsprover från Råö och Aspvreten med start år 2009, Figur 40. Proverna var spridda jämt över året för att representera olika årstider. Depositionen av SCCP 2009 till 2011, som årsmedel baserat på de fyra mätningarna per år, varierade från 15 till 130 ng/m² dygn vid Råö och från 9.6 till 66 ng/m² dygn vid Aspvreten. Högsta värdena vid båda stationerna uppmättes i februari 2009.



Figur 40 Kortkedjiga klorparaffiner, SCCP, i atmosfärisk deposition vid Råö och Aspvreten 2009-2011.

3.3.2.8 Uppskattad årlig deposition

I Figur 41 visas uppskattad årlig deposition av summa PAH, PCB, HCH, klordaner, DDT samt BDE (47, 99, 100) för åren 2008 till 2011. Beräkningarna för 2008 är baserade på mätningarna genomförda med en frekvens på 1 vecka per månad (Aspvreten och Pallas). För 2009-2011 samt samtliga Råö-värden i Figur 41 nedan är beräkningarna baserade på kontinuerliga månadsmätningar.



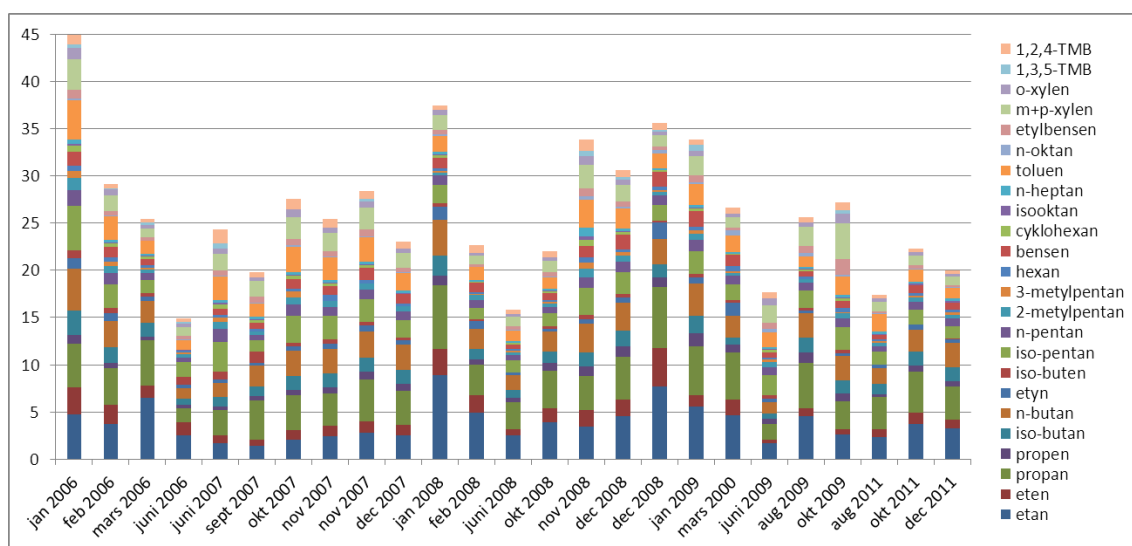
Figur 41 Uppskattad årlig deposition av summa PAH (12), PCB (7), klordaner, DDT, HCH samt BDE (47, 99, 100) för åren 2008 till 2011.

3.3.3 Volatila organiska ämnen (VOC)

Från 2004-2007 utfördes de timbaserade VOC-mätningarna 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.

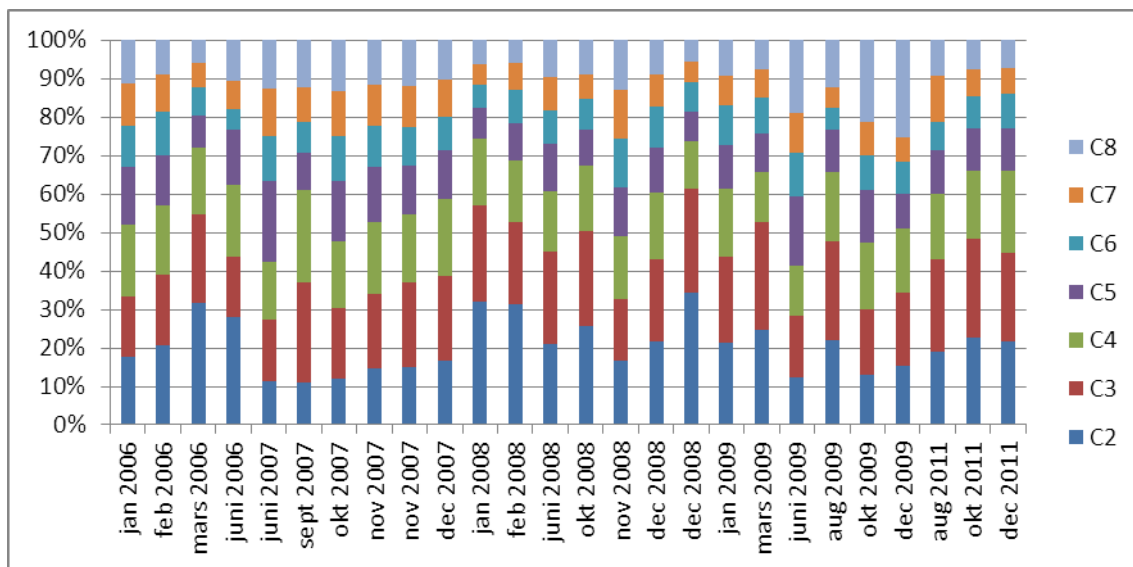
De summerade medelhalterna av uppmätta VOC för mätperioden respektive månad finns redovisade i Figur 42. För de flesta månaderna baserar sig medelhalterna på timmedelvärden uppmätta under en vecka av månaden.

VOC-halterna är för de flesta uppmätta 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.



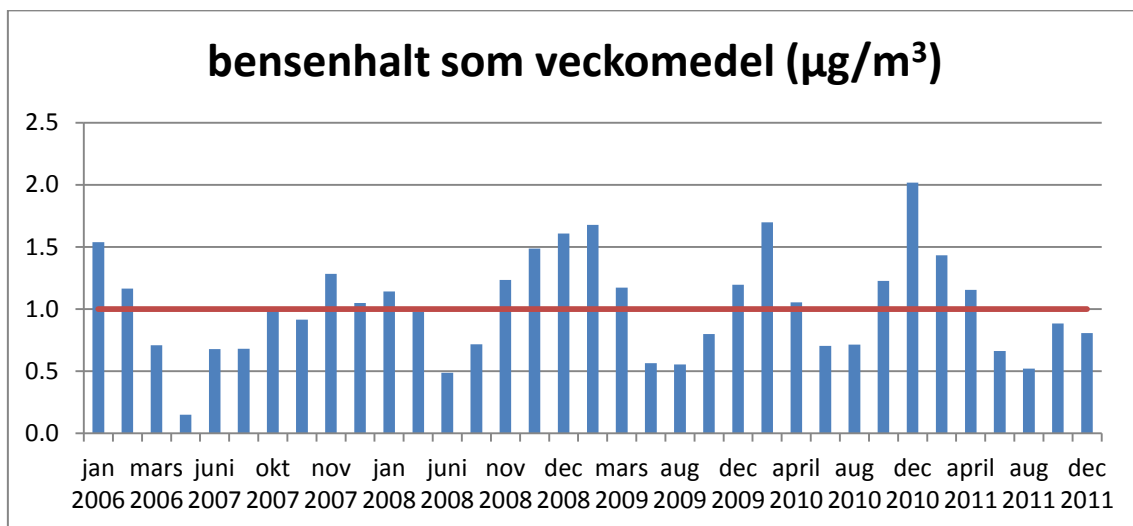
Figur 42 Uppmätta timmedelvärden av VOC aggregerade som månadsvisa periodmedelvärden. Halterna är angivna i $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Under november 2007 och december 2008 utfördes två veckolånga mätperioder som därmed visas med samma namn i tabellen.

Fördelningen av uppmätta 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 43. Ingen årstidsspecifik variation av fördelningen kan utläsas ur figuren, de mest volatila ämnena står för den största andelen under alla årstider. Andelen uppmätta VOC med 2-3 kolatomer är cirka 30-50 % och andelen C_4 -kolväten 15-20 %, medan C_5 -, C_6 - och C_7 -kolvätena står för cirka 10 % vardera av summan av de kolväten som uppmäts över rapporteringsgräns.



Figur 43 Fördelning av uppmätta VOC baserat på antal kolatomer för veckomedelhalter 2006-2011.

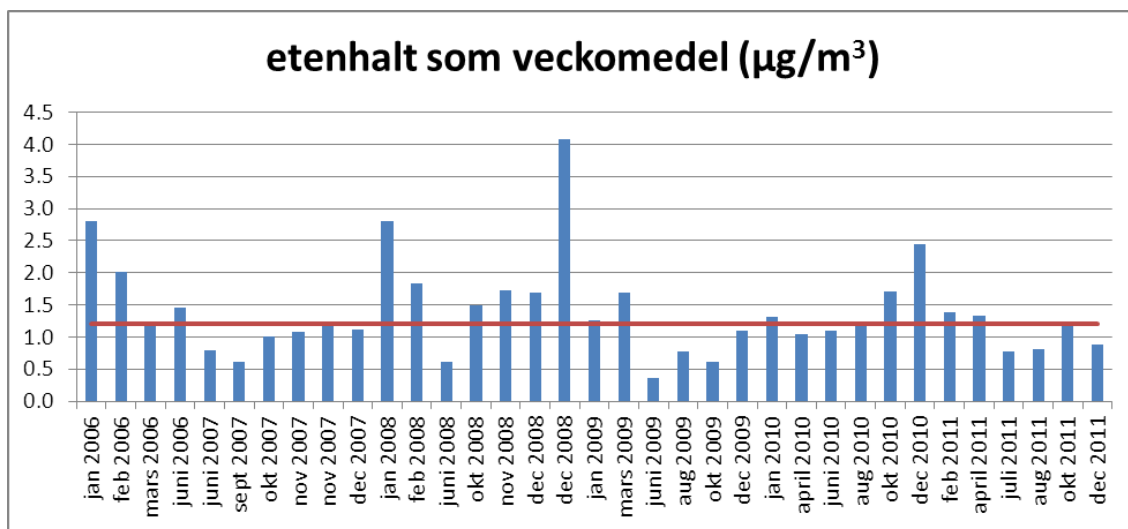
MKN för bensen är $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som ett aritmetiskt årsmedelvärde som inte skall överskridas från år 2010. Med ledning av veckomedel av uppmätta bensenhalter, Figur 44, bedöms att MKN sannolikt inte överskrids på mätplatsen, åtminstone inte i taknivå där VOC-mätningarna utförts.



Figur 44 Uppmätta timmedelvärden av bensen aggregerade som periodmedelvärden som en vecka per månad. 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 preciseringar till miljömålet Frisk Luft på $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för bensen och $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för butadien angivna som årsmedelvärden (Miljödepartementet, 2012). Tidigare fanns även miljömål för eten på $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som årsmedelvärde som nu utgått. Under samtliga mätveckor 2009-2011 var uppmätta veckomedel av 1,3-butadienhalterna lägre än $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, medan 17 av 35 periodmedelvärden av bensen överskred $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se Figur 44.

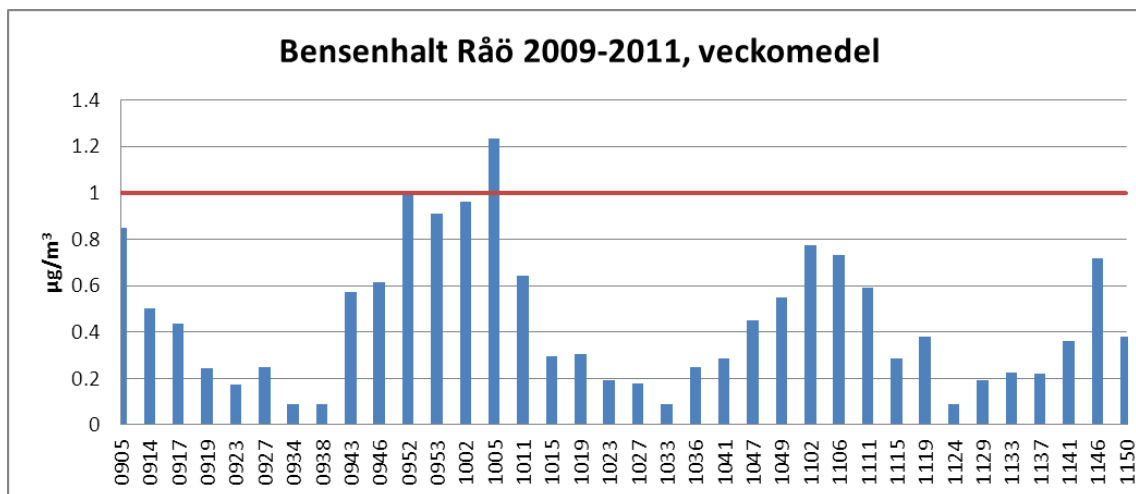
Institutet för miljömedicin (IMM) har angivit rekommenderade medicinska lågrisknivåer för ett antal enskilda VOC som anses kunna ge upphov till cancer eller påverka centrala nervsystemet. Lågrisknivån definieras som den haltnivå som teoretiskt kan ge upphov till ett cancerfall per 100 000 invånare vid livstidsexponering. För eten finns hälsobaserat nivågränsvärde på $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (IMM-rapport, 1992). Periodmedelhalter av eten visas i Figur 45. För eten uppnår eller överskrider 14 av 35 periodmedelvärden $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 45 Uppmätta timmedelvärden av eten aggregerade som periodmedelvärden som en vecka per månad. 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 de drygt 3000 uppmätta timmedelhalterna fördelade över årstiderna från 2009-2011 var för eten $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, bensen $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och propen $0,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vilket indikerar att det finns risk att miljömålet för bensen och den medicinska lågrisknivån för eten överskrider.

I Figur 46 visas bensenhalter vid bakgrundsstationen Råö uppmätta med diffusiv veckoprovtagning, en vecka per månad under 2009-2011. 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. Uppmätta bensenhalter var med undantag för den ena mätveckan i december 2009 och februari 2010 lägre än $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vilket indikerar att det nationella miljömålet inte överskreds vid Råö 2009-2011.



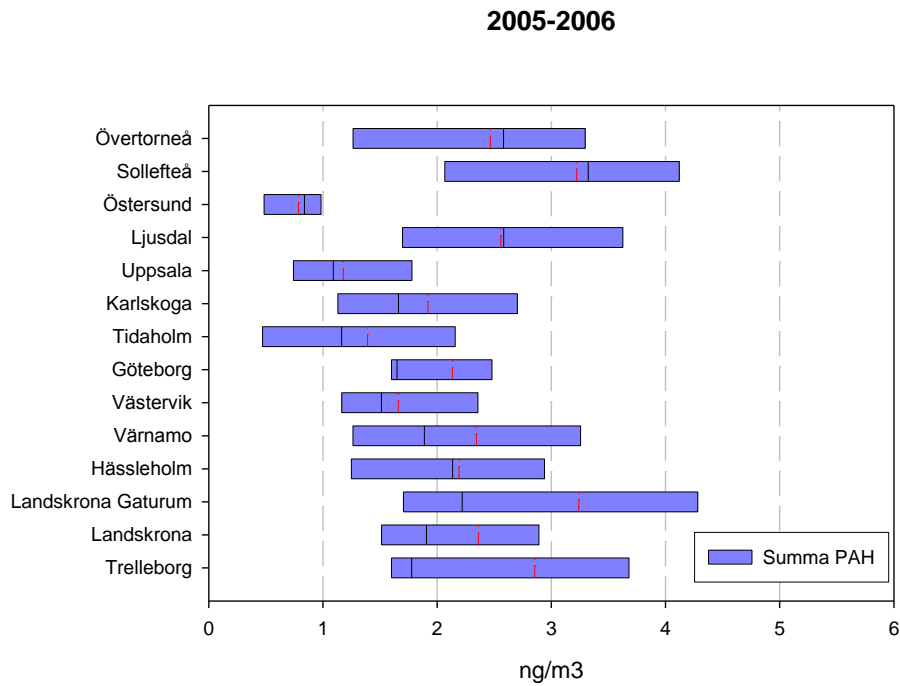
Figur 46 Uppmätta veckomedelhalter av bensen. Den röda linjen visar det nationella miljömålet för bensen på 1 µg/m³ som årsmedelvärde. Halterna är angivna i µg/m³.

3.3.4 PAH i tätortsluft

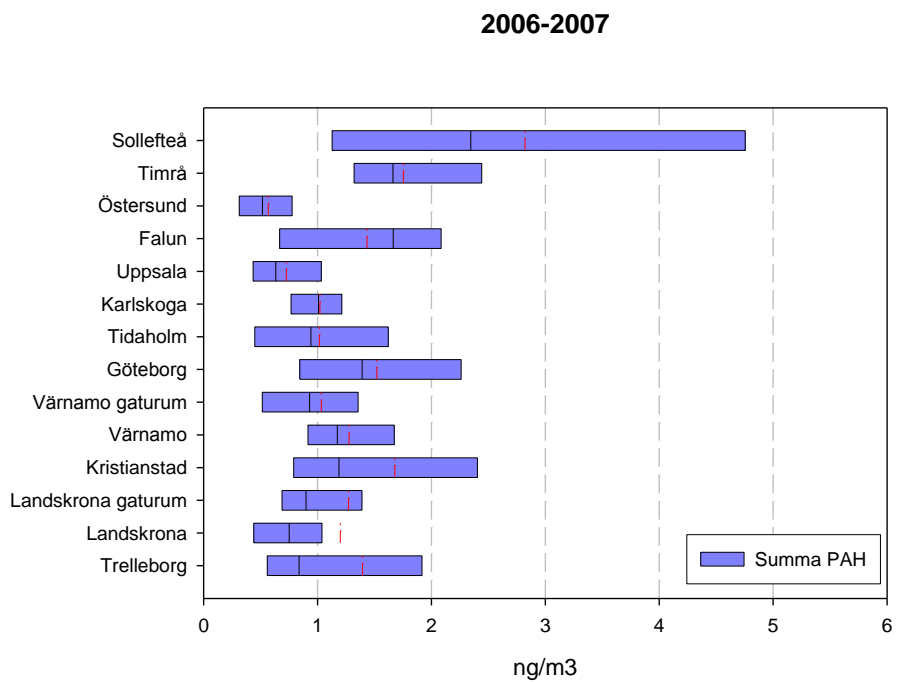
Under perioden 2004-2010 har PAH mätts på 10-14 orter regionalt spridda i Sverige. Orterna har valts ut för att ge en så god geografisk spridning som möjligt över landet. För mätsäsongerna 05/06, 06/07 och 07/08 (Figur 47 till Figur 49) redovisas PAH-halter under den kalla årstiden (oktober-april), men för mätsäsongen 08/09 och 09/10 (Figur 50 och Figur 51) är resultaten från Trelleborg, Landskrona gaturum, Göteborg och Jönköping (08/09) respektive Kiruna (09/10) baserade på 6 månadsmedelvärden spridda över hela året. Mätprogrammet avslutades 2010.

I Figur 47 till Figur 51 visas den geografiska spridningen för summa identifierad PAH (12). För att visa geografisk spridning har de olika orterna arrangerats från söder till norr. Mätdata visas som månadsmedelvärden från sex mätperioder. För mer information om vilka ämnen som ingår i summa PAH, se Bilaga 1.

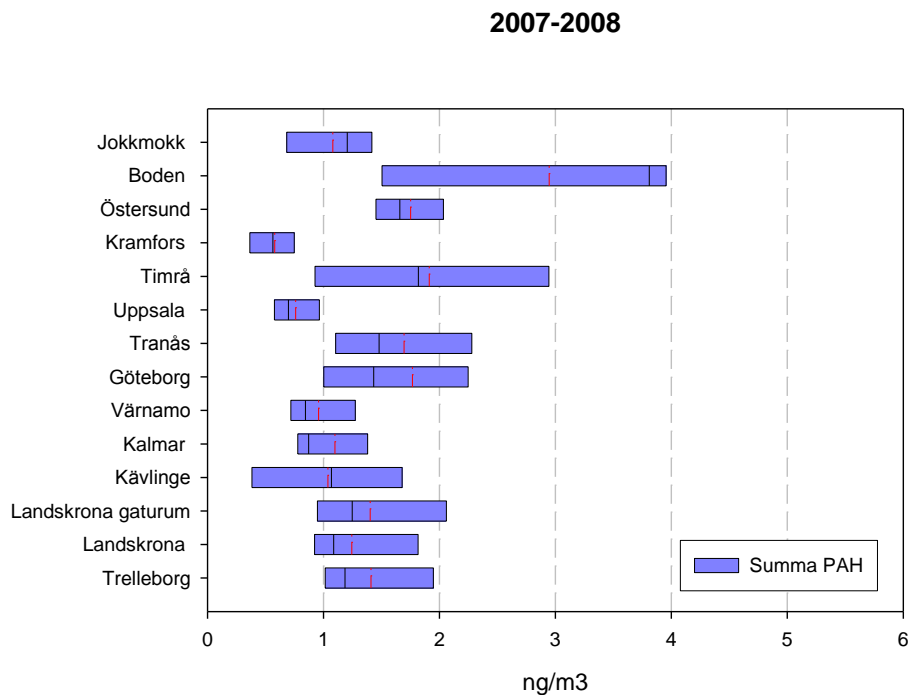
Halterna av summa-PAH låg i samma nivå, (mellan ca 0.5 och 4 ng/m³) för de olika orterna, och någon tydlig sydlig till nordlig gradient erhöles inte. Generellt uppmättes högre halter vinterhalvåret 05/06 jämfört med vinterhalvåren 06/07, 07/08 och 08/09 och 09/10. De högsta halterna av summa-PAH erhöles i Sollefteå 2005-2007, medan de lägsta halterna för samma period återfanns i Östersund.



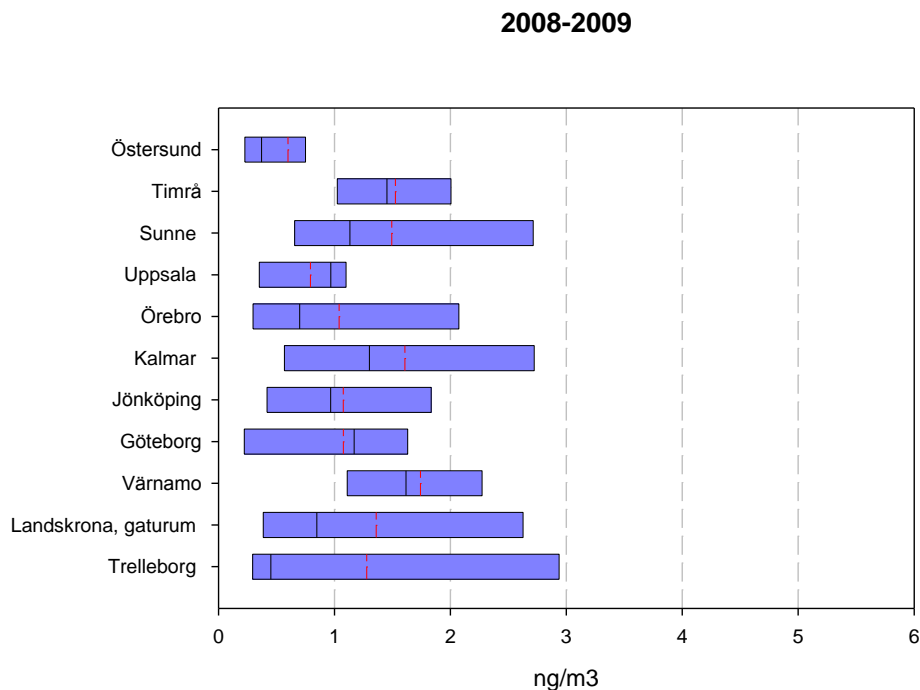
Figur 47 Halter summa-PAH under vinterhalvåret 2005-2006 från söder (nederst) till norr (överst).



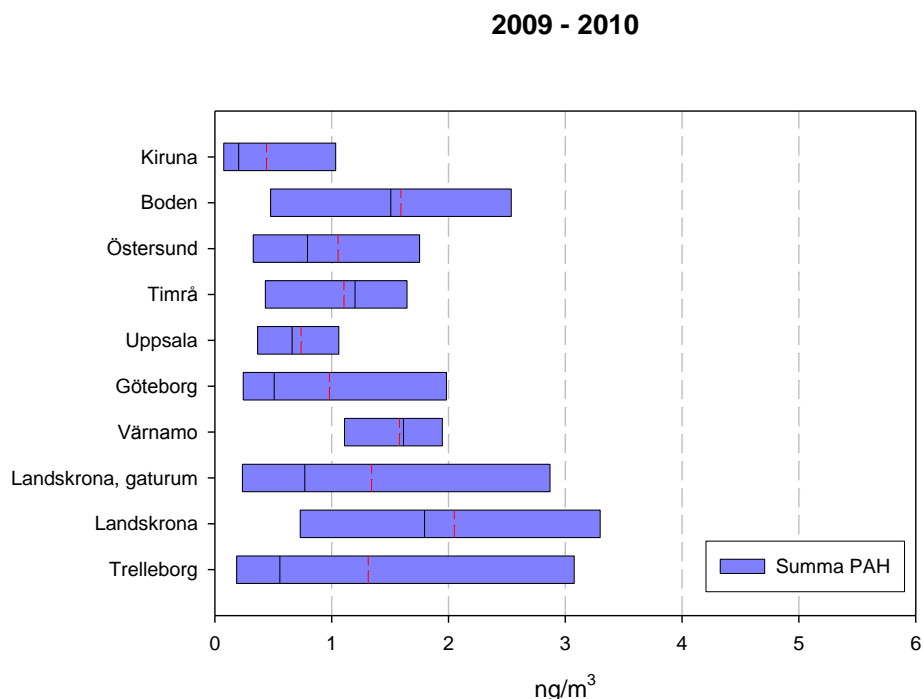
Figur 48 Halter summa-PAH under vinterhalvåret 2006-2007 från söder (nederst) till norr (överst).



Figur 49 Halter summa-PAH under vinterhalvåret 2007-2008 från söder (nederst) till norr (överst).



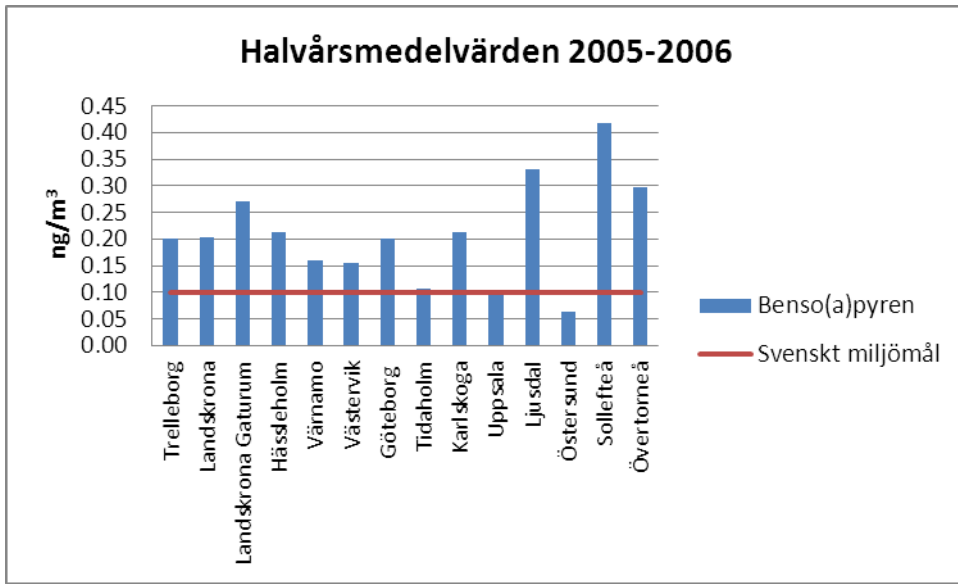
Figur 50 Halter summa-PAH, mätsäsongen 2008-2009 från söder (nederst) till norr (överst).



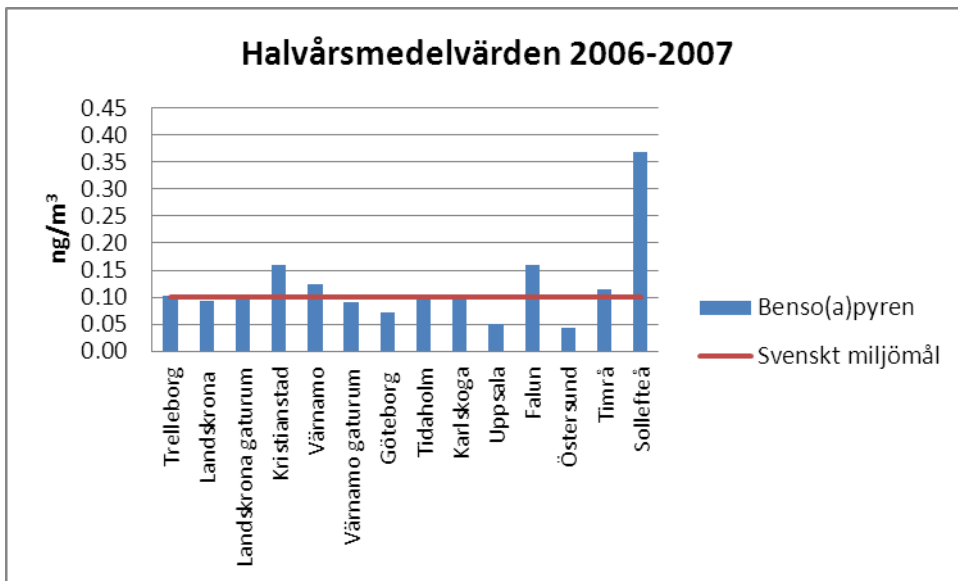
Figur 51 Halter summa-PAH, mätsäsongen 2009-2010 från söder (nederst) till norr (överst).

Under mätsäsongerna 2005-2010 (Figur 52 till Figur 56) erhöles det högsta halvårsmedelvärdet för benso(a)pyren i Jokkmokk (0.43 ng/m^3) 2007-2008. Huruvida det nationella miljömålet för benso(a)pyren (0.1 ng/m^3) som årsmedelvärde överskreds är svårt att avgöra eftersom de flesta resultaten inom delprogrammet baseras på mätningar under vintermånader då PAH-halten i luft är som högst. För de stationer som under mätperioden 08/09 och 09/10 genomförde mätningar jämnt spridda över året överskreds troligen inte delmålet (se stationer som Trelleborg, Göteborg, Jönköping och Kiruna i Figur 55 och Figur 56).

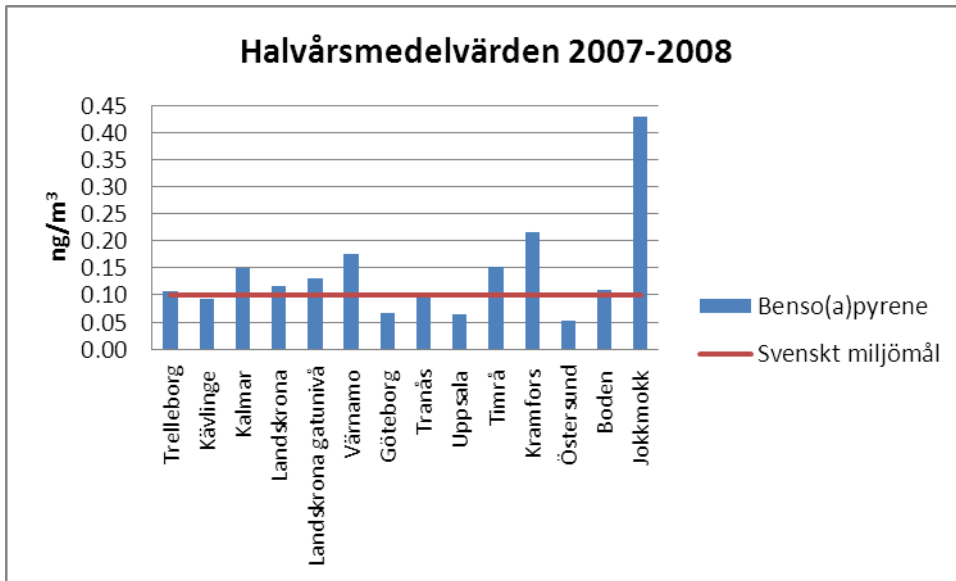
MKN för benso(a)pyren (1 ng/m^3) överskreds inte i några av orterna under mätperioderna 05/06, 06/07, 07/08, 08/09 och 09/10. B(a)P halten varierade mellan ca 0.05 och 0.4 ng/m^3 under dessa mätsäsonger. Det förekom ingen tydlig sydlig till nordlig gradient för benso(a)pyren, däremot erhöles något högre halter av benso(a)pyren under vintersäsongen 2005-2006.



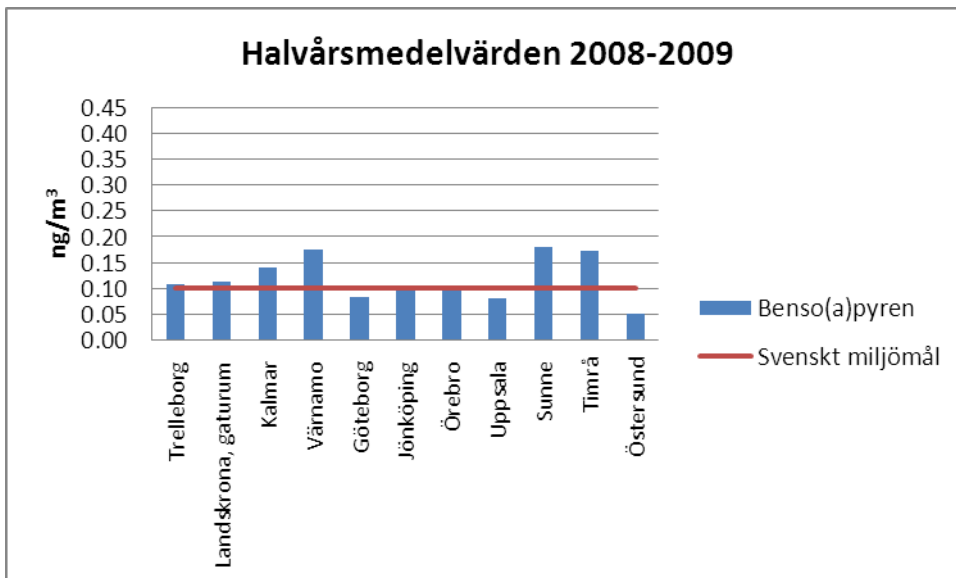
Figur 52 Vinterhalvårsmedelvärden mätperioden 2005-2006 för benso(a)pyren



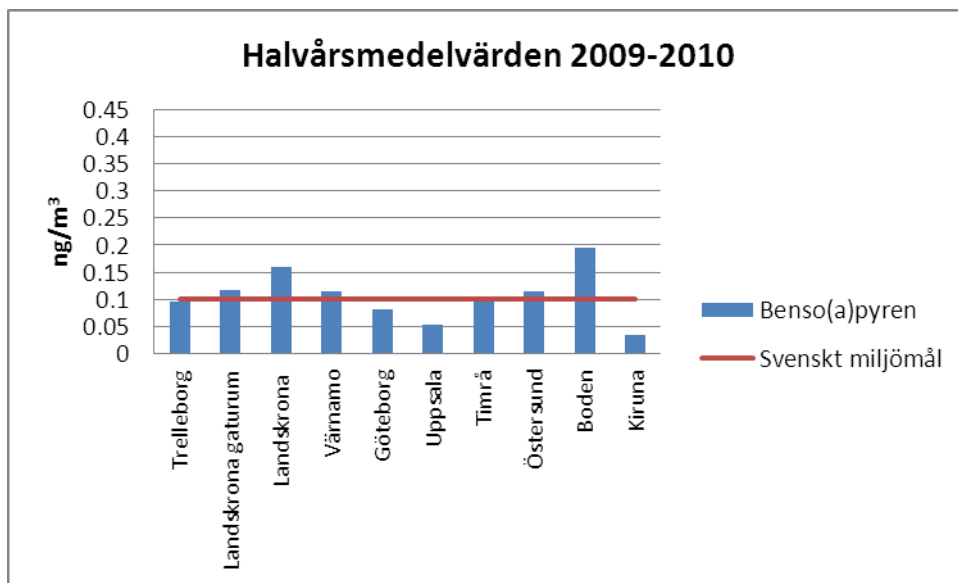
Figur 53 Vinterhalvårsmedelvärden mätperioden 2006-2007 för benso(a)pyren



Figur 54 Vinterhalvårsmedelvärden mätperioden 2007-2008 för benso(a)pyren



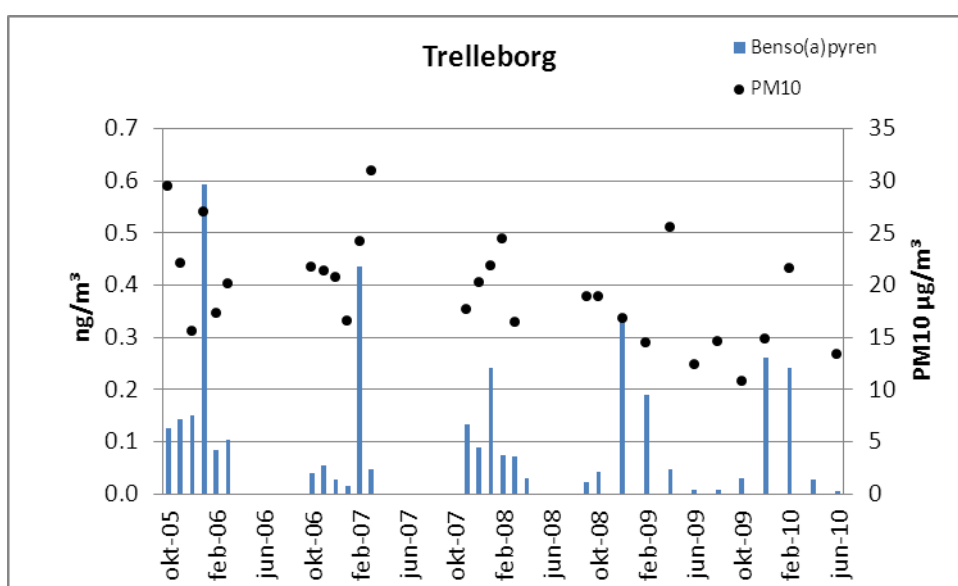
Figur 55 Halvårsmedelvärden mätperioden 2008-2009 för benso(a)pyren



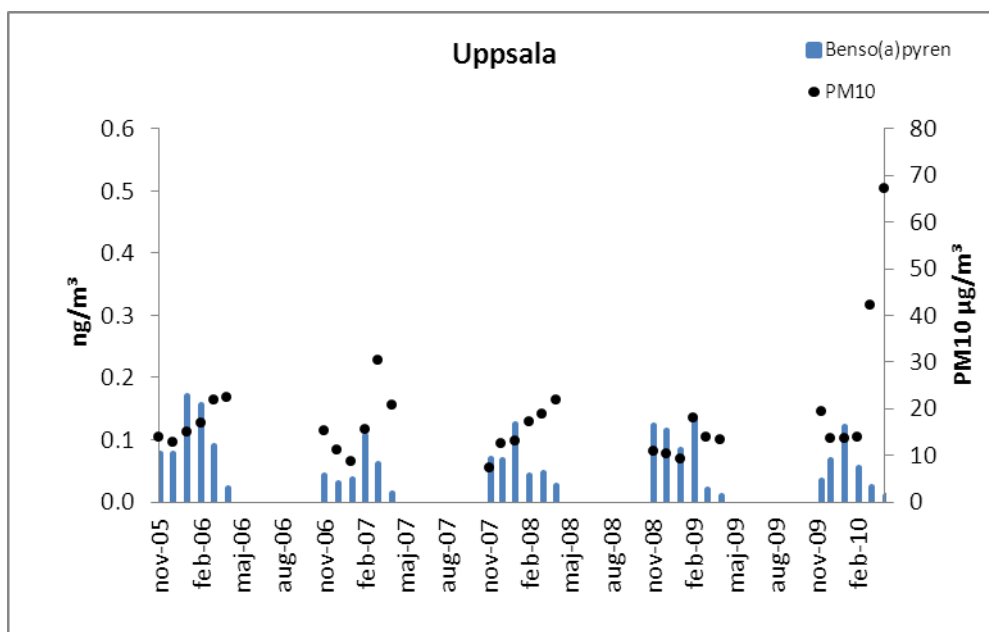
Figur 56 Halvårsmedelvärden mätperioden 2009-2010 för benso(a)pyren

För att illustrera årstidsvariationen har orterna Trelleborg och Uppsala valts ut, vilka har medverkat i Urbanmätnätets samtliga mätsäsonger. De högsta halterna av benso(a)pyren uppmättes som förväntat under de kalla månaderna december till februari. Mätningarna påvisar ingen markant skillnad från år till år för benso(a)pyren i vare sig Trelleborg eller Uppsala utan visar en förväntad årstidsvariation kopplat till väderförhållanden. De högsta halterna återfinns i Trelleborg under januari och februari månad, se Figur 57 och Figur 58.

De högsta PM₁₀-halterna återfinns oftast under mars och april månad, vilket kan bero på resuspension av partiklar då markytan torkar upp. Detta resulterar inte i några förhöjda PAH-halter, vilket överensstämmer med tidigare undersökningar (Johansson et al., 2004).

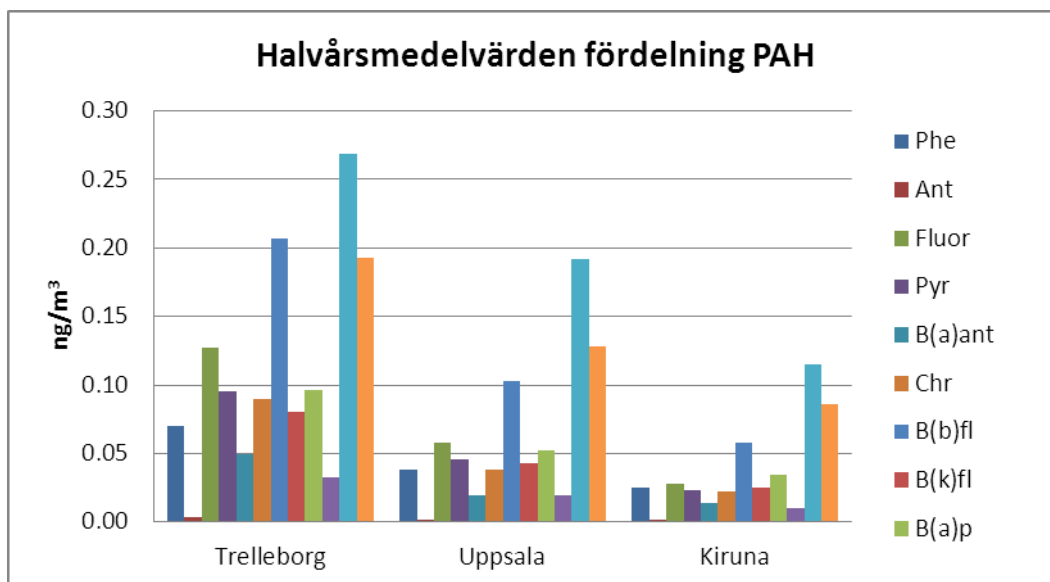


Figur 57 Årstidsvariation för Trelleborg 2005-2010 med månadsmedelvärden för benso(a)pyren och PM₁₀.



Figur 58 Årstidsvariation för Uppsala 2005-2009 med månadsmedelvärden för benso(a)pyren och PM₁₀.

Som exempel på fördelningen av enskilda PAH-komponenter visas i Figur 59 resultaten från stationerna Trelleborg, Uppsala och Kiruna (09/10). De tyngre, partikelbundna PAH-komponenterna dominerar vid alla tre stationerna.



Figur 59 Fördelning mellan enskilda PAH, halvårsmedelvärden 2009-2010.

3.3.5 Växtskyddsmedel (pesticider) i luft och nederbörd

Resultaten från de första tio årens (2002-2011) mätningar av pesticider i nederbörd vid Vavihill visar att pesticider påvisas regelbundet i regnvatten i halter på ng/l-nivå, med högsta uppmätta halt på 3,6 µg/l för en enskild substans. Fler substanser och högre halter påträffas i nederbörden vid Vavihill på Söderåsen i Skåne jämfört med vid Aspvreten som ligger längre åt nordost (Södermanland) och därmed längre ifrån områden med mer intensiv användning av växtskyddsmedel, både i Sverige och på kontinenten. Totalt har 41 olika substanser detekterats i nederbörden vid Aspvreten under de tre år som mätningarna pågått där (2009-2011), att jämföra med totalt 85 olika substanser som detekterats under de tio år som mätningarna pågått vid Vavihill.

En betydande andel av de fynd som görs i södra Sverige utgörs av pesticider som inte längre är tillåtna att användas i Sverige (Figur 60). Totalt har 27 förbjudna substanser detekterats, varav lindan (γ-HCH) och endosulfan är de vanligaste förekommande pesticiderna. Halterna av vissa förbjudna substanser, t.ex. atrazin, uppvisar en tydligt avtagande trend till följd av att de förbjudits inom EU.

Under mätperioden har uppmätts störst deposition för herbiciden prosulfokarb, samt vissa andra i Sverige godkända substanser, och en generellt sett lägre deposition för substanser som transporterats hit från våra grannländer (Figur 61). Av de substanser som inte längre är registrerade för användning i Sverige är det herbiciden terbutylazin och dess nedbrytningsprodukt desetylterbutylazin (DETA) som svarar för den största depositionen. Depositionen av terbutylazin och DETA har varit relativt oförändrad under de tio år då mätningarna pågått (Figur 62). Terbutylazin har inte sålts i Sverige sedan 1999 (förbjuden sedan 2003) och försäljningen i Danmark upphörde 2008.

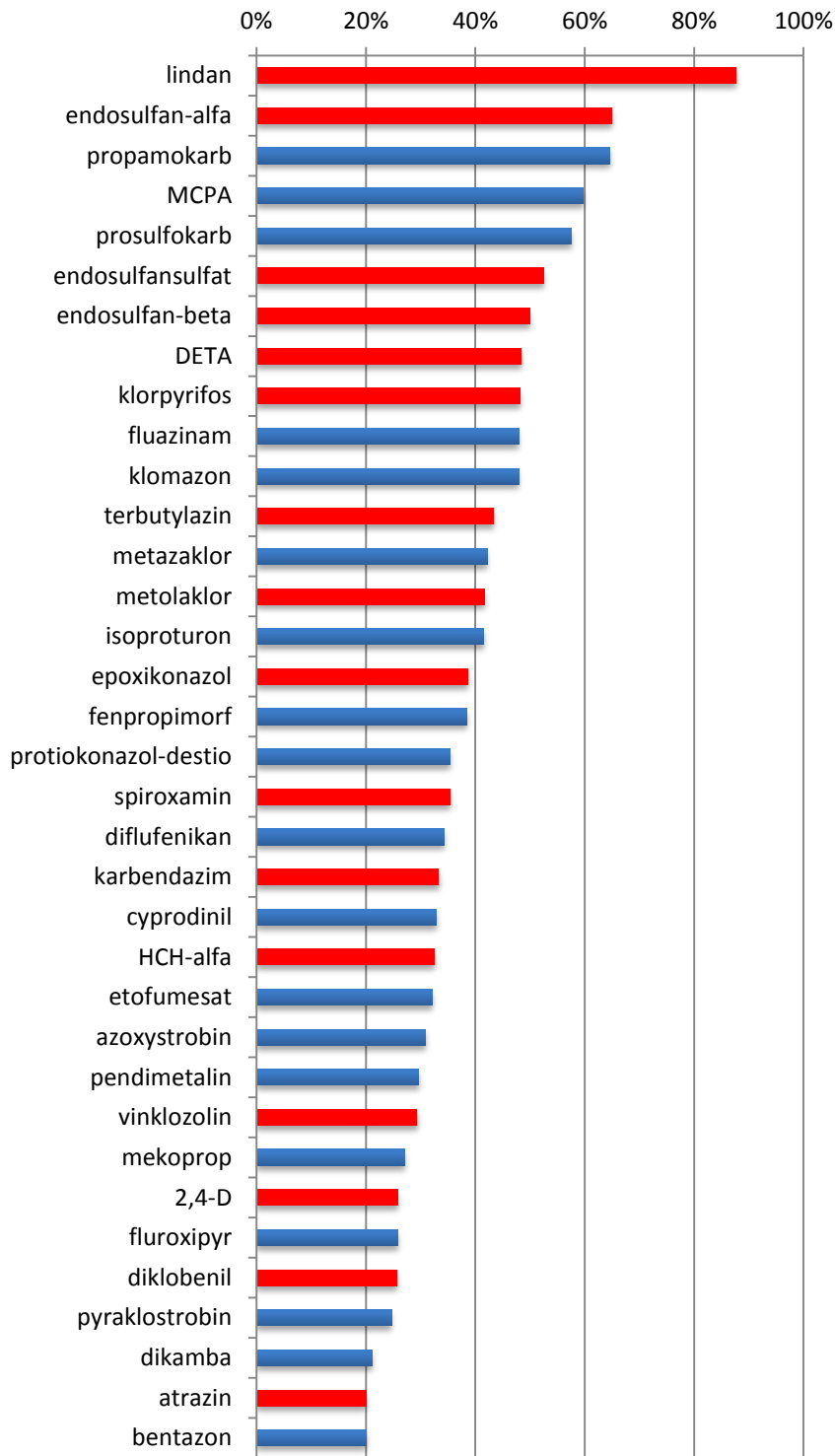
Sammanlagd deposition vid Vavihill under sommarhalvåret åren 2002-2011 har varierat mellan 84 och 553 mg/ha*mån räknat som medelvärde under de månader som mätningar har pågått (Figur 63).

Halterna för sex av de substanser som detekterats i regnvattenprover från Vavihill under perioden 2002-2011 har vid ett eller flera tillfällen överskridit de riktvärden som KemI/EU tagit fram till skydd för ytvatten, se Tabell 2. Sju substanser har även påvisats i halter som tangerar eller överskrider EU:s dricksvattengränsvärde för pesticider på 0,1 µg/l. Dessa är i fallande ordning: prosulfokarb (vid 38 tillfällen), pendimetalin (11), MCPA (7), DETA (4), isoproturon (3), protriokonazol-destio (3) och metazaklor (1). Inga halter i nederbördsprover från Aspvreten har överskridit 0,1 µg/l.

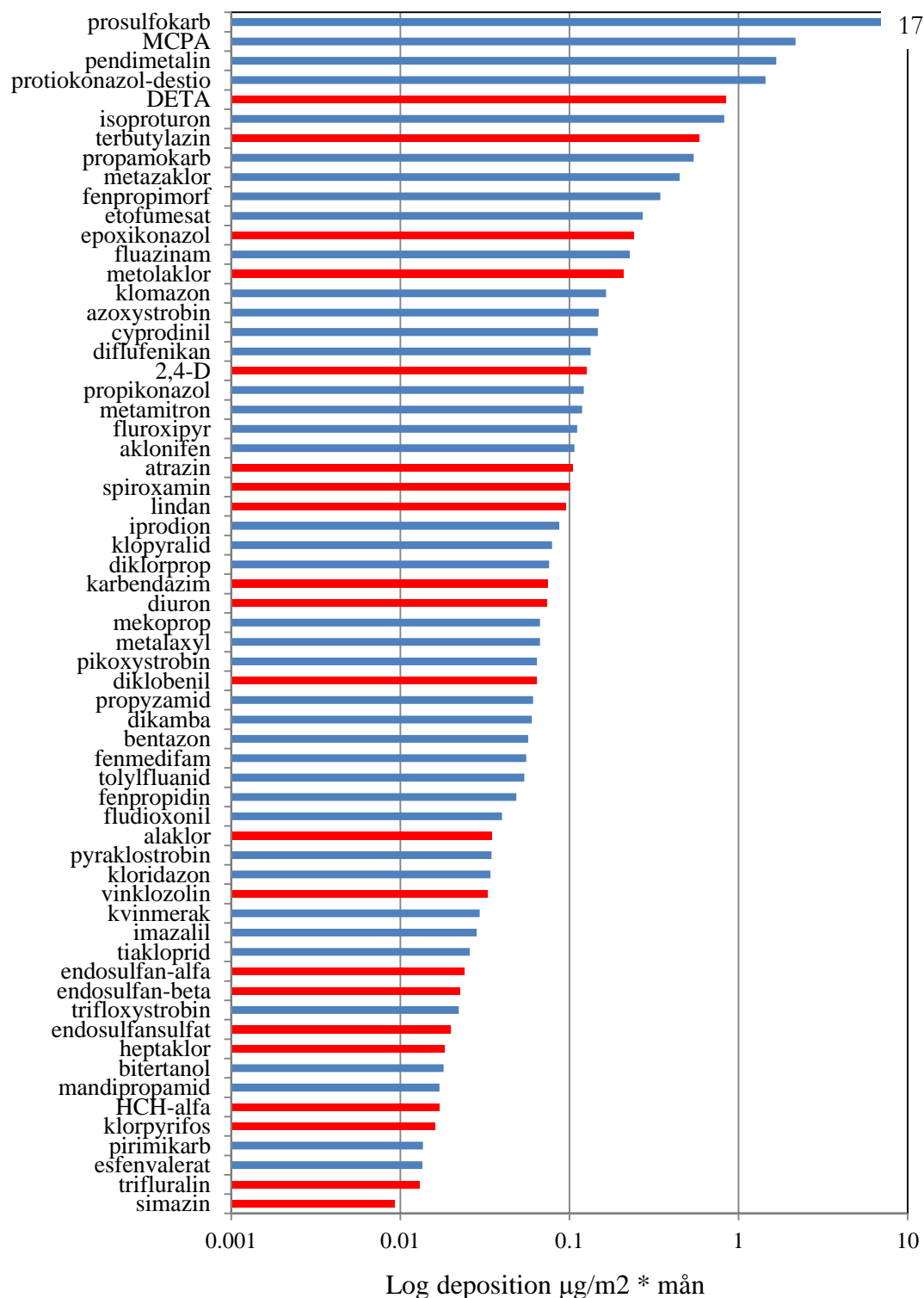
Tabell 2 Substanser som påträffats i regnvatten vid Vavihill i halter som överskrider det akvatiska riktvärdet 2002-2011. (N = 160, pikoxystrobin N = 88)

Substans	Riktvärde ($\mu\text{g/l}$)	Max. conc. ($\mu\text{g/l}$)	Antal prov med halt \geq riktvärde
terbutylazin	0,02	0,093	20
diflufenikan	0,005	0,025	15
prosulfokarb	0,9	3,6	13
pendimetalin	0,1	0,5	9
isoproturon	0,3	0,4	2
MCPA	1	2	1

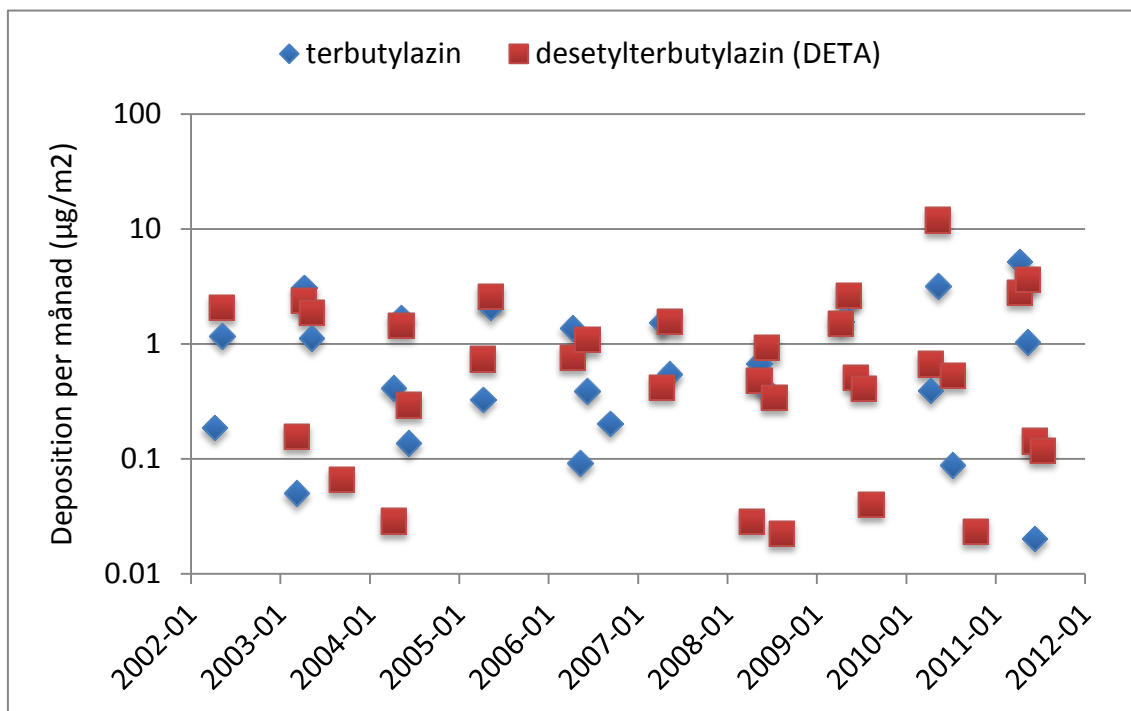
Resultaten från luftprovtagningen (2009-2011) vid Vavihill visar att vissa av de pesticider som detekteras i depositionen även återfinns i luften. Totalt har mellan 15 och 26 enskilda substanser detekterats per år, varav 8 st har en användning inom Sverige. Högst halt i luft har uppmätts för herbiciden prosulfokarb med 13 000 pg/m^3 luft i ett prov (fem dygn) hösten 2010. Medelhalt för prosulfokarb i luftprover under höstarna har varierat mellan 2 600 och 6 300 pg/m^3 . Det är också den substans som påträffats i högst halter i nederbördsproverna. Mest frekvent detekterades följande substanser (med maxkoncentration, pg/m^3 luft, inom parentes): pp-DDE (23), α -endosulfan (6), hexaklorbensen (HCB) (44), klorpyrifos (38), lindan (γ -HCH) (13), α -HCH (13), pendimetalin (760), prosulfokarb (13 000) och trifluralin (80). Herbiciden pendimetalin, som är en misstänkt endokrinsterande substans och med en biokoncentrationsfaktor (BCF) på 5 100, förbjöds i Sverige 2008 och är under utredning för ett generellt förbud inom EU.



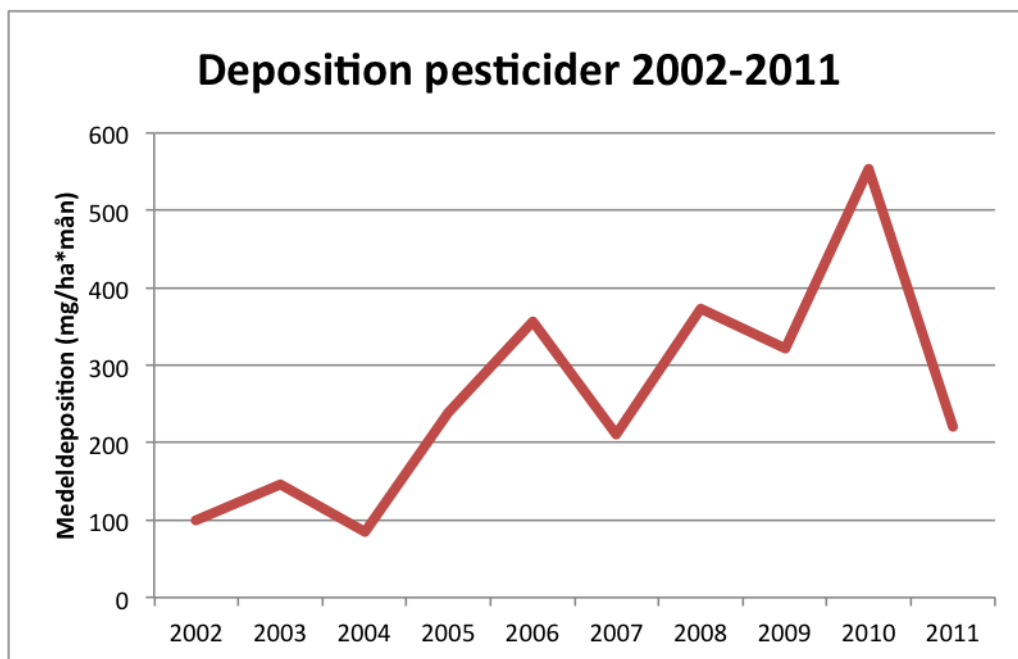
Figur 60 Fyndfrekvens för de vanligaste förekommande pesticiderna i regnvatten från Vavihill 2002-2011. Staplar i rött anger de substanser, inklusive nedbrytningsprodukter till vissa av dessa, som inte varit tillåtna att användas inom jordbruket i Sverige under tidsperioden.



Figur 61 Deposition av pesticider vid Vavihill. Depositionen anges som ett månadsmedelvärde under aktuella analysperioder 2002-2011. Staplar i rött anger de substanser, inklusive nedbrytningsprodukter till vissa av dessa, som inte varit tillåtna att användas i Sverige under tidsperioden.



Figur 62 Deposition (µg/m² och månad) av terbutylazin och dess nedbrytningsprodukt (DETA) i nederbörd vid Vavihill under 2002-2011. Terbutylazin har inte sålts i Sverige sedan 1999 och i Danmark sedan 2008.

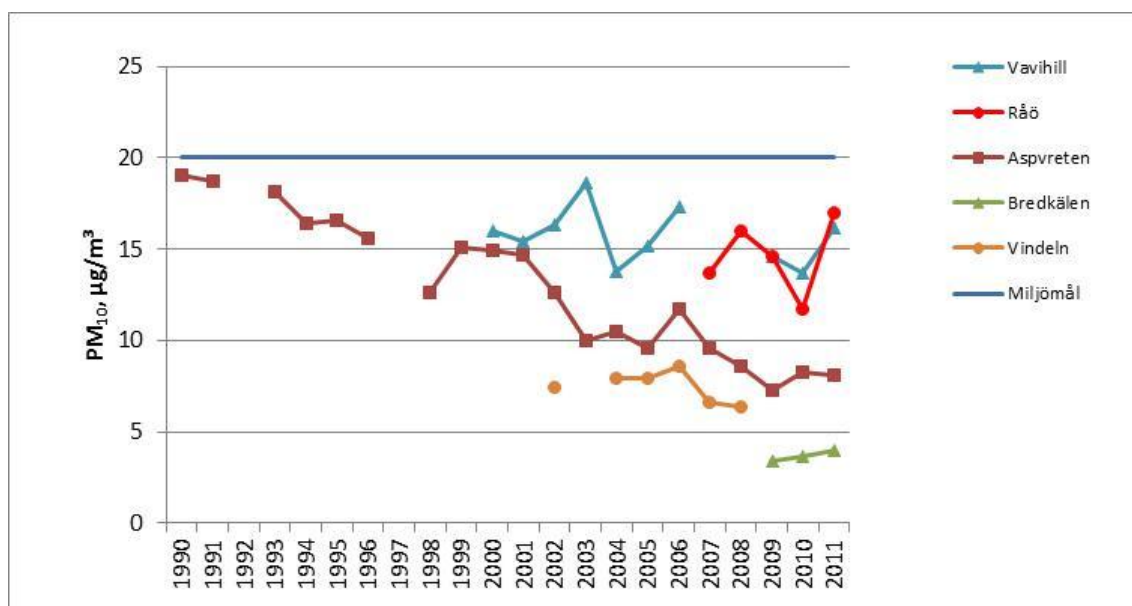


Figur 63 Genomsnittlig deposition per månad (mg/ha*ån) av summa växtskyddsmedel (pesticider) under sommarhalvåret vid Vavihill 2002-2011.

3.4 Partiklar

3.4.1 PM₁₀ och PM_{2.5}

I Figur 64 och Figur 65 redovisas årsmedelvärdena av PM₁₀ och PM_{2.5} i bakgrundsluft vid ett antal bakgrundsstationer. Vid Aspvreten och Vavihill har mätningar av gjorts sedan 1990 respektive 2000. PM_{2.5}-mätningarna vid Aspvreten startade 1998. Mätningarna vid Råö och Bredkålen startades 2007 resp. 2009. Från 2002 till 2008 gjordes dessutom mätningar vid Vindeln i Västerbotten.



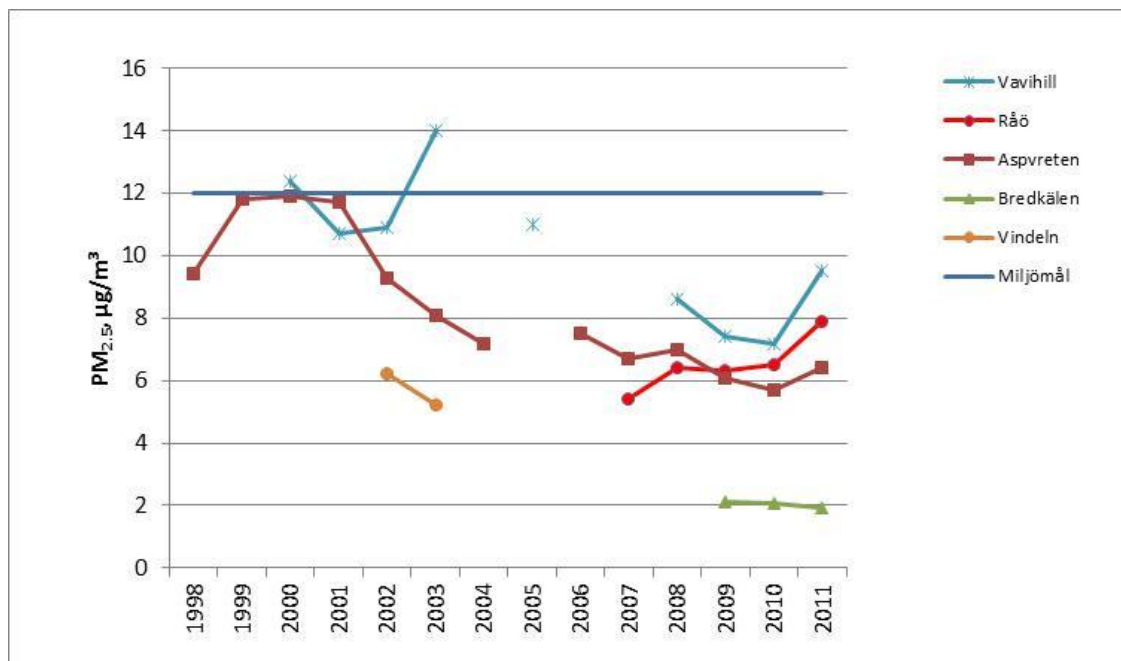
Figur 64 Årsmedelvärdena av PM₁₀ vid Bredkålen, Vindeln, Aspvreten, Råö och Vavihill under perioden 1990 – 2011.

Koncentrationen av PM₁₀ är idag lägre än miljömålet på samtliga stationer. De är betydligt lägre i norra Sverige än i södra. PM₁₀ vid de två sydliga stationerna Vavihill (Skåne) och Råö (Göteborg) är ungefär 15 µg/m³, vilket är fyra gånger högre än vid Bredkålen i Jämtland. Vid Aspvreten (Södermanland) är halten ungefär 8 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 dagens 8 µg/m³. Däremot finns ingen tydlig trend vid Vavihill sedan år 2000. Efter 2007 syns ingen tydlig trend på någon av stationerna. Man kan också notera att halten på Råö och Vavihill var relativt hög år 2011.

Vid Vavihill är årsmedelvärdet av PM_{2.5} 8 - 9 µg/m³ idag, vilket liksom för PM₁₀ är ungefär fyra gånger högre än i Bredkålen (2 µg/m³), se Figur 65. Vid Råö och Aspvreten är halten cirka 6 µg/m³. Observera dock att halten vid Råö år 2011 steg till 8 µg/m³.

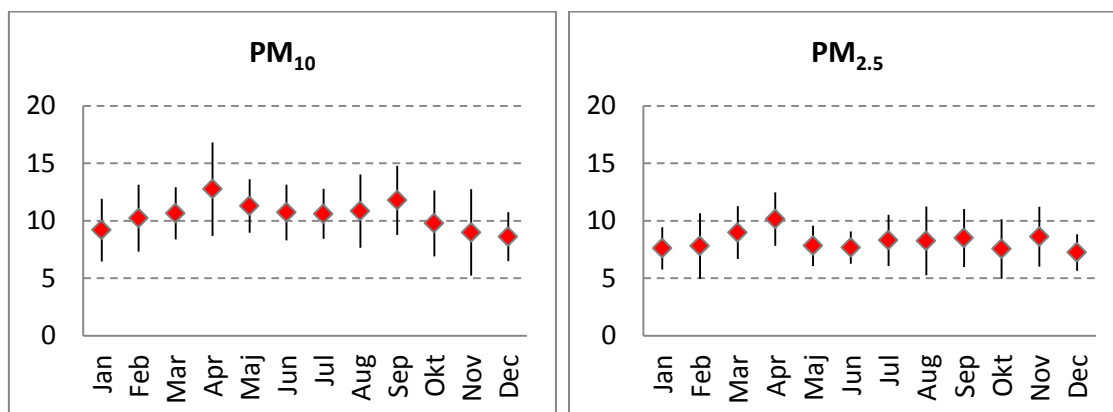
Trenden för $PM_{2.5}$ vid Aspvreten sedan 1998, se Figur 65, överensstämmer väl med den för PM_{10} på samma station. Årsmedelvärdet har sjunkit från 11–12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ till 6–7 idag. Det är framförallt under perioden 2000–2005 som halten sjunkit, därefter verkar minskningen avstannat. Trenden på de övriga stationerna överensstämmer väl med den på Aspvreten. Liksom för PM_{10} var halten av $PM_{2.5}$ under 2011 högre på Vavihill och Råö än åren närmast före.



Figur 65 Årsmedelvärden av $PM_{2.5}$ vid svenska bakgrundsstationer mellan 1998 och 2011.

Vid Aspvreten, där mätningarna av PM_{10} och $PM_{2.5}$ startade 1990 resp. 1998, finns ingen tydlig årsvariation för någon av parametrarna, se Figur 66. Variationerna från år till år är relativt stora på grund av den rådande meteorologin. Halterna blir höga under månader med vindar företrädesvis från söder, medan halterna blir betydligt lägre under månader med nordliga vindar. Det finns dock en viss tendens till något högre halter under de tidiga vårmånaderna mars och april.

För övriga mätningar som pågått en längre tid, PM_{10} och $PM_{2.5}$ vid Vavihill, finns inte heller någon signifikant variation under året. Övriga mätningar har pågått för kort tid för att det skall vara möjligt att avgöra om det finns någon årstidsvariation.



Figur 66 Årsvariation av månadsmedelvärden för PM₁₀ och PM_{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid Aspvreten sedan 1990 resp. 1998. I figuren visas månadsmedelvärdet \pm en standardavvikelse.

3.4.2 Partikelbundna organiska ämnen och sot

3.4.2.1 Partikelbundna organiska ämnen

Det är först under de senaste åren mätningar av partikelbundet organiskt kol (OC) i PM₁₀-fraktionen har ingått i den nationella miljöövervakningen. Mätningarna startades vid Vavihill och Aspvreten i april 2008. Vid Aspvreten har mätningarna gjorts var tredje dag och periodvis med högre frekvens. Vid Vavihill har mestadels vecko- eller tredagarsprover tagits.

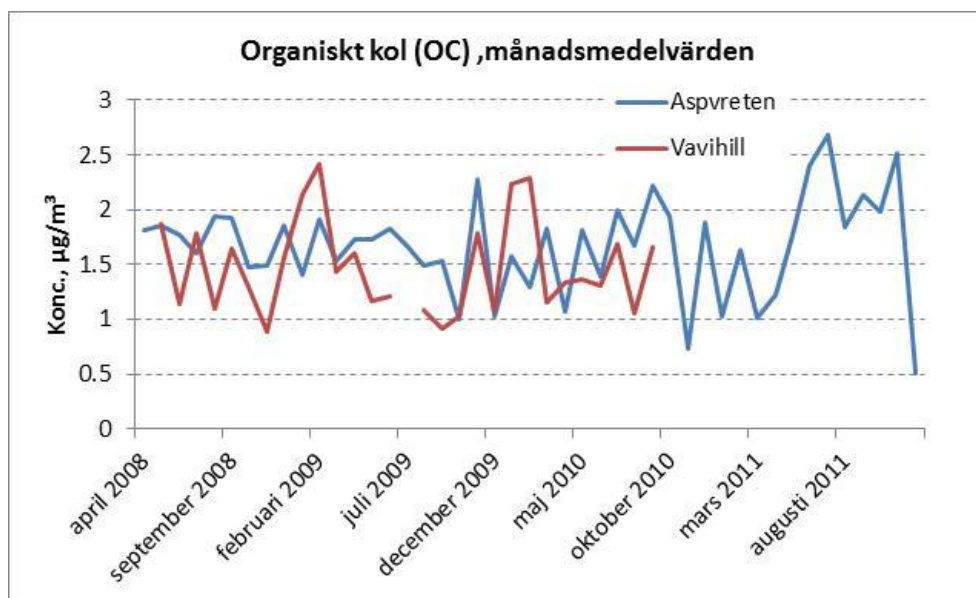
Under perioden april 2008 – december 2011 var medelvärdet av partikelbundet organiskt kol, OC, ungefär $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på båda stationerna, se Figur 67. Observera att data under den senare delen av 2010 och hela 2011 saknas på Vavihill. Under perioden har halterna varit i stort sett oförändrade.

Av de hittills genomförda mätningarna framgår ingen variation under året. Det lägsta månadsmedelvärdet var runt $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, det högsta $2,5$.

Under episoder kan halten vara betydligt högre. Vid Aspvreten var det högsta uppmätta dygnsmedelvärdet $12,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Halterna kan variera kraftigt, det lägsta uppmätta dygnsmedelvärdet vid Aspvreten var $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$; 60 gånger lägre än det högsta.

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 – 2011 var mellan 2 och $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ under 2008 - 2011. Det innebär att OM utgör mellan 20 – 50 % av $PM_{2.5}$ vid dessa stationer.



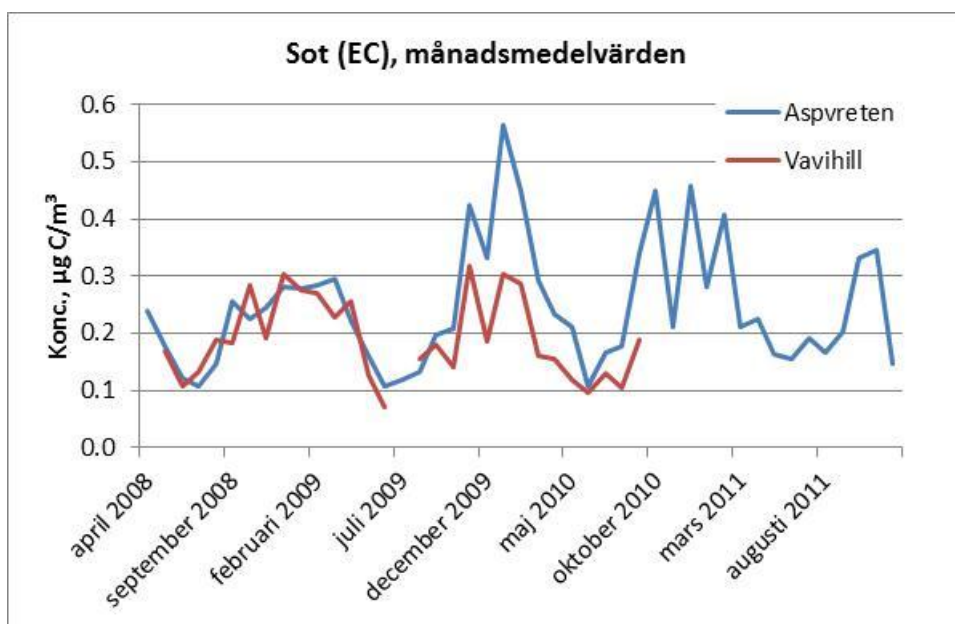
Figur 67 Partikelbundet organisk kol, OC, vid Vavihill och Aspvreten. Månadsmedelvärden april 2008 - december 2011.

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 sker som EC görs en direkt mätning av partiklarnas kolinnehåll, vid de övriga metoderna måste det uppmätta värdet (ljusabsorption resp. -reflektion) räknas om till en koncentration med hjälp av olika antaganden. Bestämningen av sot som EC är därför den metod som ger det mest tillförlitliga värdet på mängden elementärt kol. Vid analysen bestäms samtidigt organiskt kol, OC. Metoden kan dock inte på ett säkert sätt skilja på OC och EC. Vad som anges som OC eller EC är därför metodberoende.

Halterna av sot som EC har bestämts sedan april 2008 på Aspvreten och Vavihill. Liksom för OC är det andelen EC i PM_{10} -fraktionen som mäts.

Månadsmedelvärdena av partikelbundet elementärt kol (EC) vid Vavihill och Aspvreten under perioden 2008 t.o.m. 2011 visas i Figur 68. Observera att data under senare delen av 2010 och hela 2011 saknas på Vavihill. Halterna på de båda stationerna överensstämmer väldigt väl med varandra under 2009. Därefter är halterna högre på Aspvreten. Halterna är betydligt högre under vinterhalvåret, 0,2 – 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, än under sommarhalvåret, 0,1 – 0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

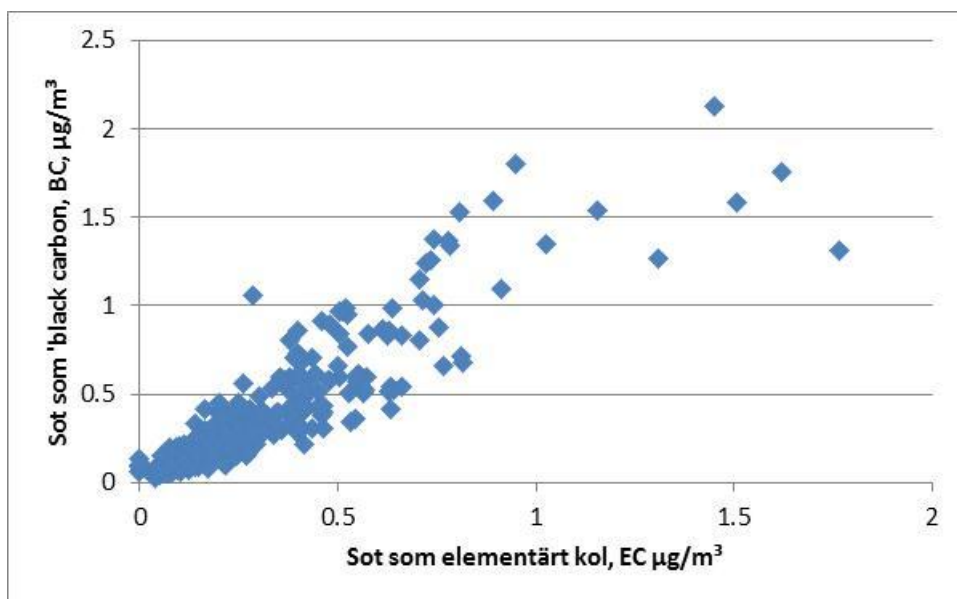


Figur 68 Partikelbundet organisk kol, OC, vid Vavihill och Aspvreten. Månadsmedelvärden april 2008 - december 2011.

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

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

Vid Aspvreten och Vavihill bestäms också sot som 'black carbon' (BC). Vid Aspvreten visar mätningarna av EC och BC, dvs. två metoder med helt olika principer för att mäta innehållet av sot, mycket god korrelation, se Figur 69.



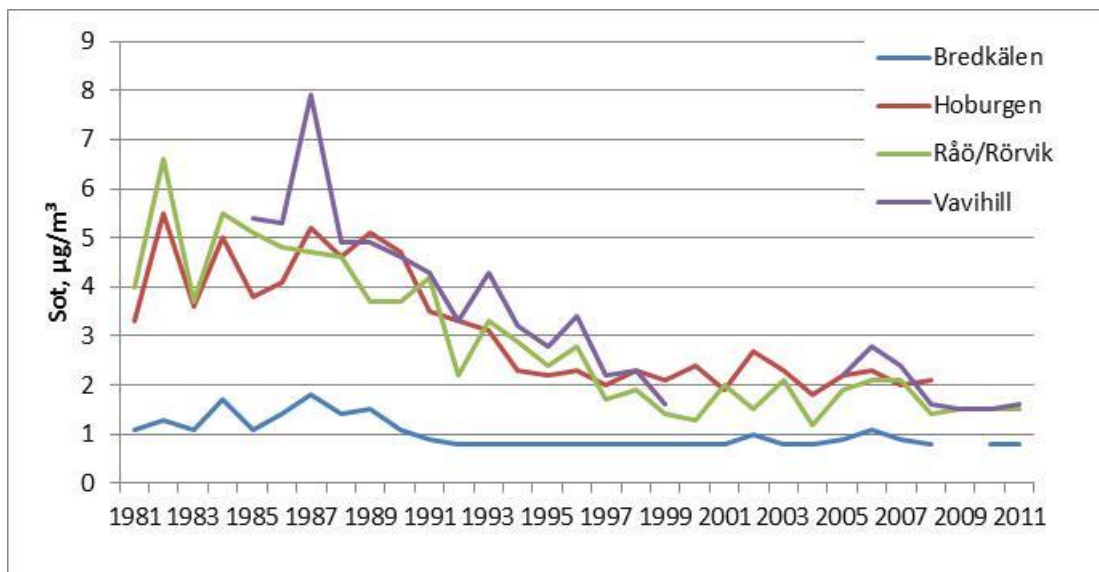
Figur 69 Sot som BC plottat mot sot som EC. Dygnsdata från Aspvreten.

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

Vid många av bakgrundstationerna (och i städer) har sot bestämts som 'black smoke' (BS), se ovan, under många år. Denna metod utvecklades under 1960-talet och fungerade bra så länge halterna av svarta partiklar i luften var höga. Idag, och framför allt i den regionala bakgrunden, är metoden alltför okänslig. Under 2011 var t.ex. halterna under detektionsgränsen för metoden under mer än 350 av årets dagar vid den nordligaste belägna stationen Bredkålen och på Vavihill i Skåne var halterna över detektionsgränsen under bara ca 25 % av årets dagar.

Årsmedelvärdena har sjunkit kraftigt sedan början av 1980-talet, se Figur 70. Halten sot som BS har vid de sydliga stationerna Vavihill, Rörvik/Råö och Hoburgen minskat från 4 – 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ under 1980-talet till 1,5 – 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ under senare år. Minskningen skedde i stort sett från mitten av 1980-talet till slutet av 1990-talet. Därefter har halterna varit i stort sett oförändrade.

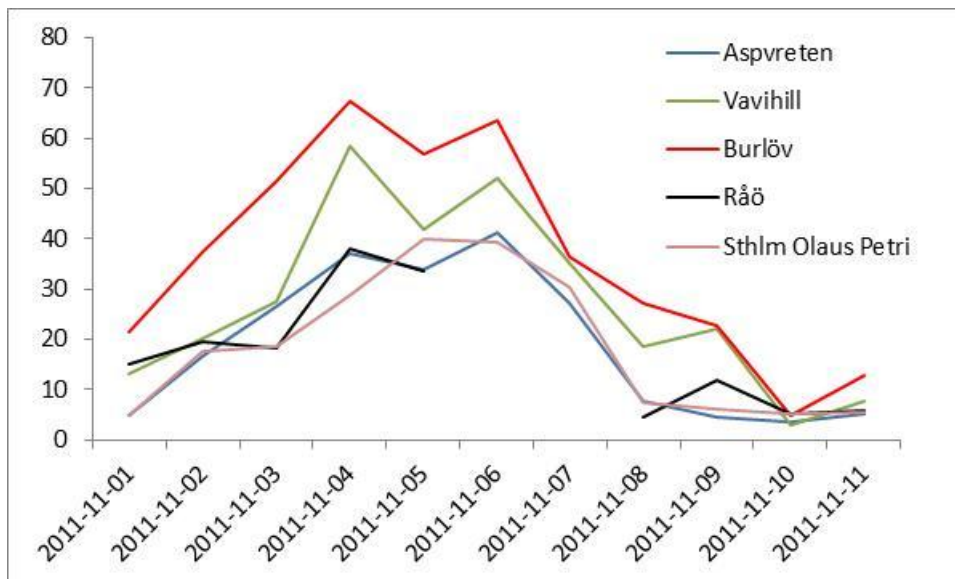
Vid Bredkålen syns inte någon minskning i samma omfattning. Under de allra första åren av perioden tycks en viss minskning ha skett, men sedan är halterna i stort sett oförändrade. En orsak till detta kan vara att haltnivåerna ligger i närheten av metodens detektionsgräns, vilket gör det svårare att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



Figur 70 Årsmedelvärden av sot, uppmätt som 'black smoke', vid svenska bakgrundsstationer 1981 – 2011.

3.4.2.3 Episod i november 2011

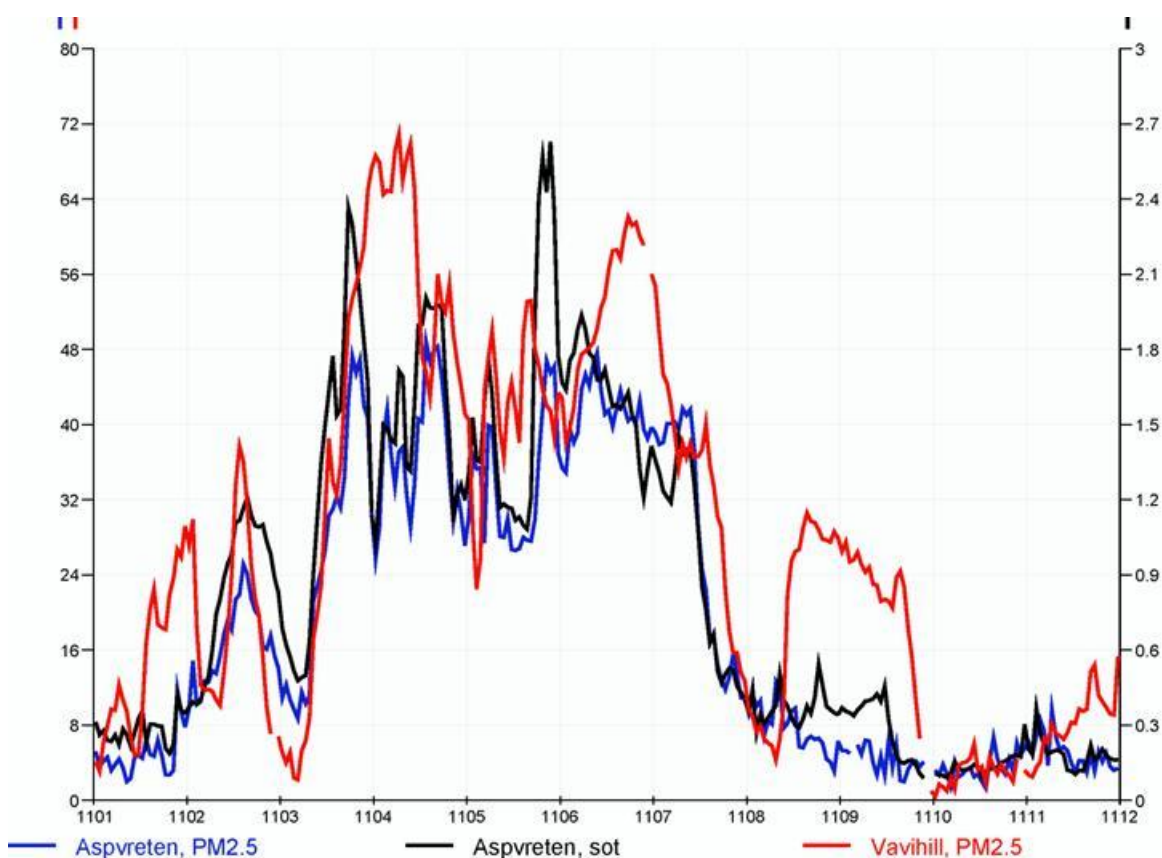
I början av november inträffade en ovanligt lång episod med höga halter av olika luftföroreningar i stora delar av södra Sverige. Halterna av PM_{2.5} var betydligt högre än normalt från den 2 till 8 november, se Figur 71. I figuren visas förutom halterna på de regionala bakgrundsstationerna Aspvreten, Råö och Vavihill, också halterna på de urbana bakgrundsstationerna Burlöv i Malmö och Olaus Petri i Stockholm.



Figur 71 Dygnsmedelvärden av PM_{2.5} (µg/m³) i södra Sverige på ett antal regionala och urbana bakgrundsstationer 1 – 11 november 2011.

De högsta halterna uppmättes längst i söder den 4 – 6 november och var då 60 – 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nästan 10 gånger högre än årsmedelvärdet. Även längre norrut var halterna som högst under dessa dagar, men var något lägre, 30 - 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

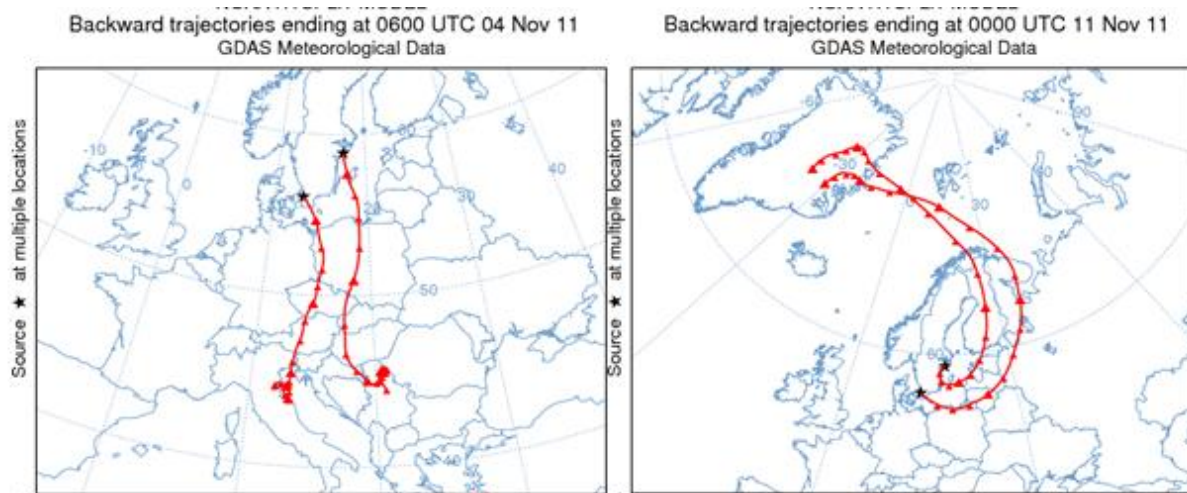
På Aspvreten och Vavihill sparas data som timmedelvärden, vilket gör att man kan studera episoden mer i detalj. På båda stationerna börjar episoden med att halterna stiger respektive sjunker snabbt under ett par timmar. Episoden börjar under morgontimmarna den 3 november på båda stationerna och avslutas mitt på dagen den 7:e; något senare på Vavihill än på Aspvreten, se Figur 72. På Vavihill 'återkommer' episoden därefter under ungefär en dag med start runt middagstid den 8:e.



Figur 72 Timmedelvärden av $\text{PM}_{2.5}$ och sot vid Aspvreten och $\text{PM}_{2.5}$ vid Vavihill i början av november 2011 (enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Under episoden kom luften från Centraleuropa. Detta exemplifieras i Figur 73. Luften som passerade stationerna på morgonen den 4 november hade under fem dagar sakta transporterats i nästan rakt nordlig riktning över Centraleuropa mot de båda stationerna.

Luften har ett betydligt nordligare ursprung då episoden avslutats. Luften som passerar de båda stationerna natten mellan den 10 och 11 november har från Grönland passerat norra Atlanten och gjort en sväng öster om Östersjön innan den anländer.

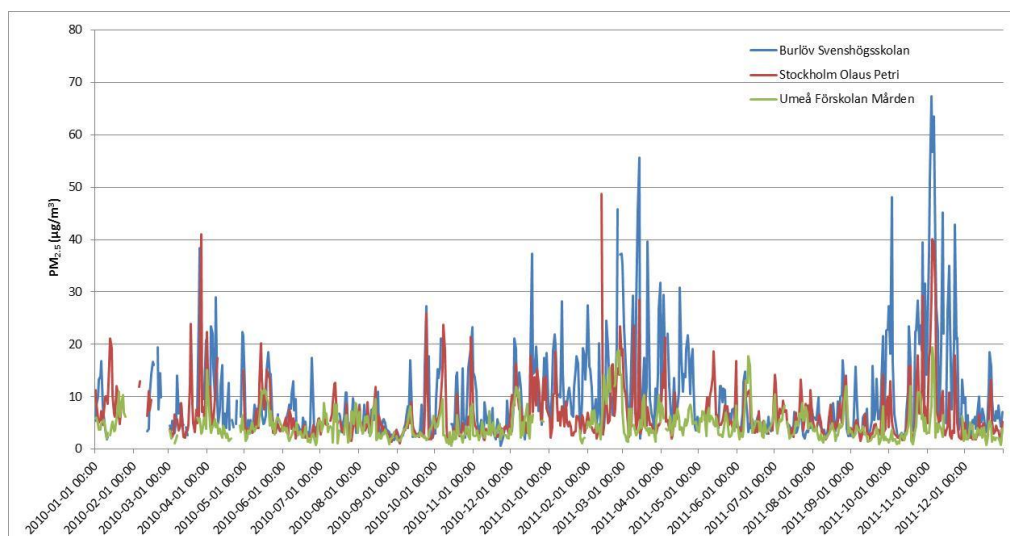


Figur 73 Trajektorier för Aspvreten och Vavihill den 4 november kl. 06:00 och den 11 november kl. 00:00 2011. Trajektorierna visar vilken väg luften färdats under fem dygn innan de passerar de båda stationerna.

3.4.3 PM_{2.5} i tätort

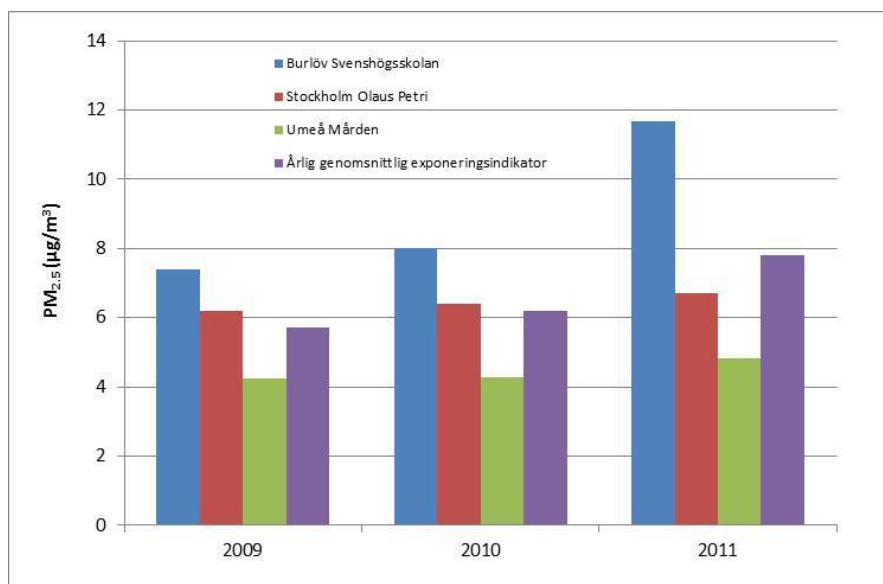
För uppföljning av det exponeringsminskningsmål som anges i Luftkvalitetsförordningen (SFS 2010:477) påbörjades under 2009 övervakning av PM_{2.5} i urban bakgrundsluft i tre tätorter i landet; med start i Burlöv (strax utanför Malmö) och Umeå under april samt i Stockholm i juli. Mätresultaten från dessa stationer ska sammantaget ge ett mått på befolkningens genomsnittliga exponering. Denna indikator ska beräknas som ett glidande tre-årsmedelvärde för koncentrationen av PM_{2.5} i samtliga mätpunkter som underlag 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.

I Figur 74 redovisas dygnsmedelhalter för respektive mätstation under 2010 och 2011. Halten av PM_{2.5} var generellt lägst under sommarhalvåret, medan det, framför allt i södra Sverige, uppmättes betydligt högre halter under tidig vår samt i slutet av året. Partikelhalterna var också högre under 2011 än under 2010. Liksom i den regionala bakgrundsluften avtar den genomsnittliga partikelbelastningen i urban bakgrund norrut i landet.



Figur 74 Dygnsmedelhalter av PM_{2.5} under 2010 och 2011.

I Figur 75 redovisas årsmedelhalter av PM_{2.5} under 2009-2011. Eftersom mätningarna kom igång först några månader in på 2009 så är det totala databortfallet för det året relativt stort. För att kunna beräkna en indikator för de tre åren har därför, för Stockholm och Umeå, gjorts en viss komplettering med PM_{2.5}-data från andra mätningar i urban bakgrundsluft i dessa städer. Beräkningar baserade på resultaten från mätningar under 2009 – 2011 ger då en indikator för genomsnittlig exponering på 6.6 µg/m³, vilket innebär att man i Sverige redan uppnått de krav som ställs för en acceptabel exponeringsnivå (<8.5 µg/m³) med avseende på PM_{2.5} år 2020.

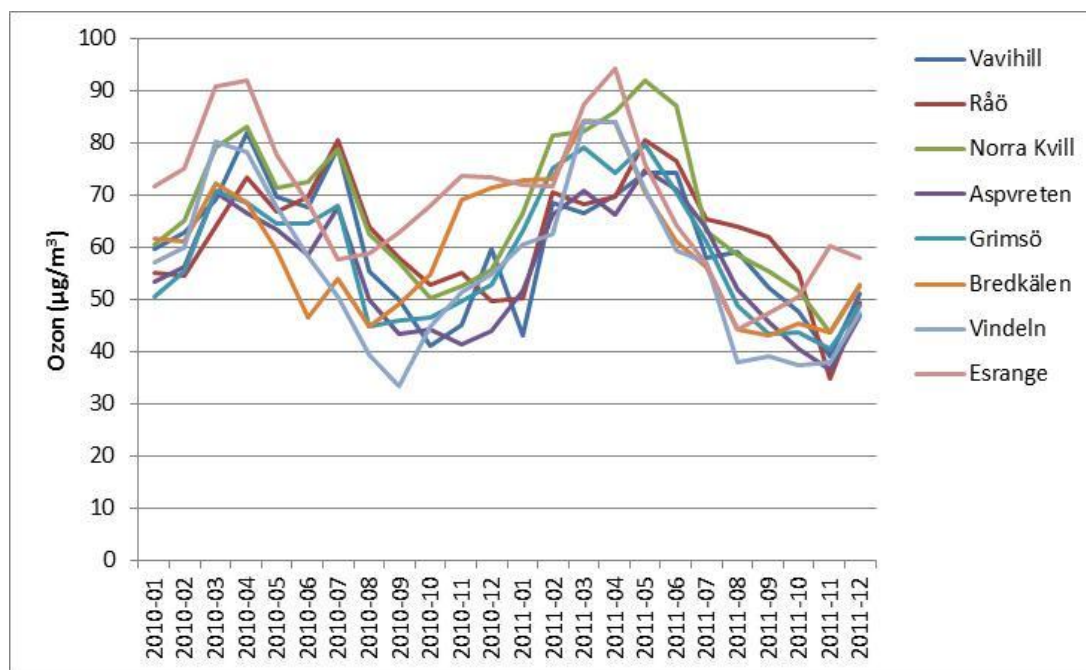


Figur 75 Årsmedelhalter av PM_{2.5} i urban bakgrundsluft under 2009 – 2010 samt årligt genomsnitt av exponeringsindikatorn. Observera att viss komplettering gjorts av mätdata för 2009 i Stockholm respektive Umeå.

3.5 Marknära ozon

Månadsmedelvärden under 2010 och 2011 för de åtta 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. Under perioden uppmättes månadsmedelhalter > 90 µg/m³ i Esrange (2010 och 2011) och i Norra Kvill (2011). Miljömålet för timmedelvärdet, 80 µg/m³, överskreds kraftigt vid samtliga mätstationer.

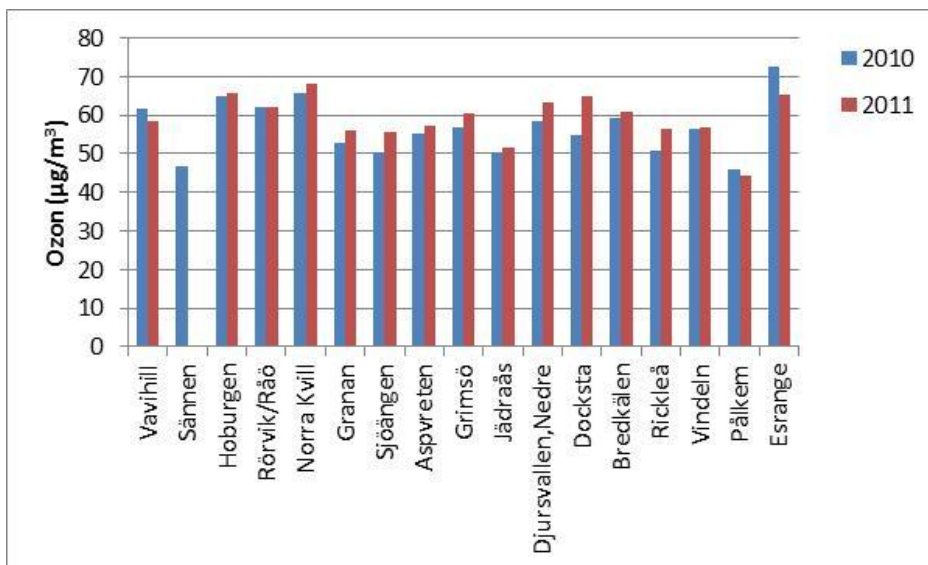
Av Figur 76 framgår också en viss förhöjning av ozonhalten i juli 2010. Under samma månad överskreds även informationsnivån, 180 µg/m³ som enskilt timmedelvärde, vid ett tillfälle. I samband med ett högtryck fördes förorenad luft från Centraleuropa in över Sverige och den 10 juli observerades höga halter av ozon i Vavihill (2 timmedelvärden) och i Norra Kvill (4 timmedelvärden). Även vid flertalet av de övriga stationerna noterades en viss förhöjning i ozonbelastningen, med upp till 3 dagars fördröjning i norr.



Figur 76 Månadsmedelhalter, baserat på mätningar på timbasis, vid de svenska bakgrundsstationerna under 2010-2011.

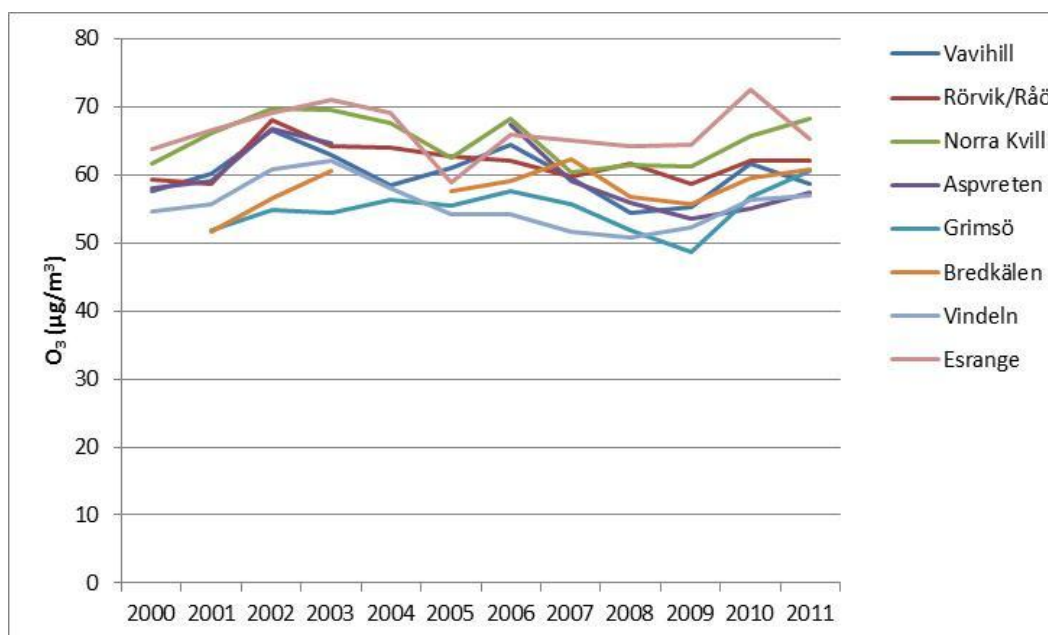
I Figur 77 visas belastningen av ozon i form av årsmedelhalter i bakgrundsluft under 2010 och 2011 vid samtliga de 17 mätstationer som ingår i den nationella övervakningen. Haltnivån varierade mellan 44 µg/m³ (Pålkem, 2011) och 72 µg/m³ (Esrange, 2010). Skillnaden i ozonhalten på årsbasis mellan dessa båda nordliga platser visar på betydelsen av placering i landskapet. Pålkem ligger 255 m.ö.h., medan Esrange är beläget på en höjd av 475 m.ö.h. Årsmedelhalten var något högre vid flertalet av mätstationerna under 2011 jämfört med 2010, men både vid den sydligaste och den nordligaste mätstationen var belastningssituationen den omvända. Det bör dock påpekas att differensen i flertalet fall är mycket liten och inom ramen för osäkerheten i mätningarna. Till skillnad från många andra

luftföroreningskomponenter finns det för årsmedelvärdet ingen tydlig geografisk haltgradient över landet.



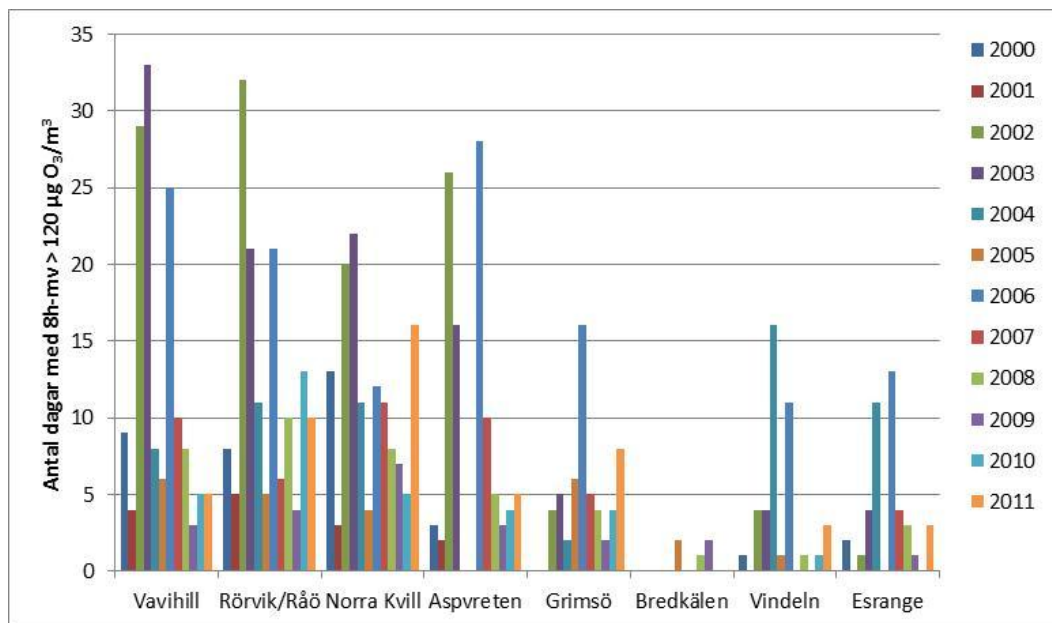
Figur 77 Årsmedelhalter i svensk bakgrundsluft under 2010 - 2011, från mätningar på både tim- och månadsbas.

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 vid de åtta EMEP-stationerna under perioden 2000-2011. Av figuren framgår också att Estringe och Norra Kvill, med undantag för några år i mitten av 2000-talet, genomgående uppvisat de högsta haltnivåerna.



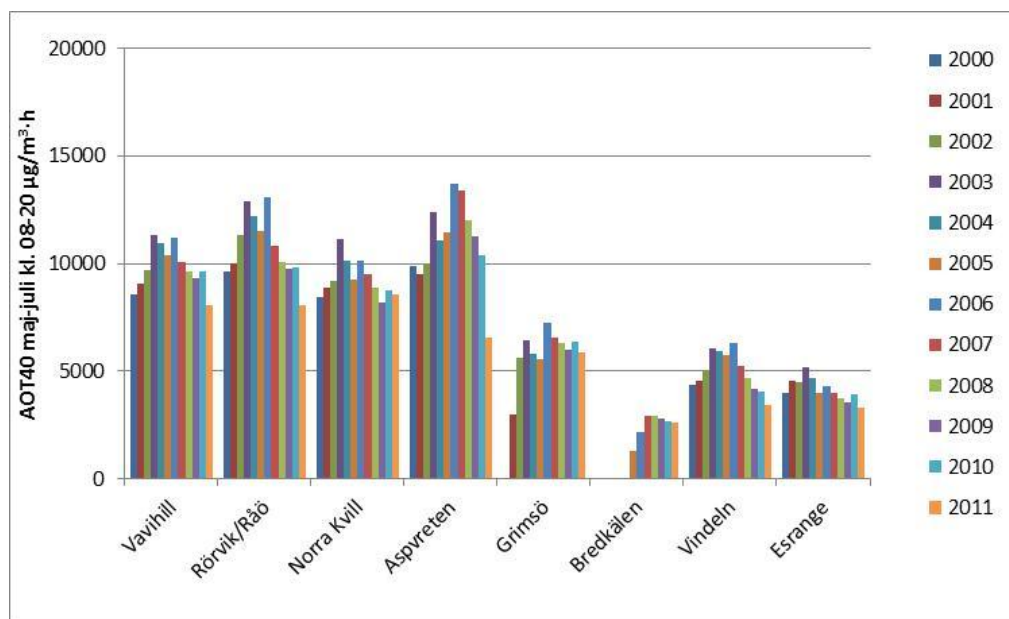
Figur 78 Årsmedelvärden av ozon, baserat på mätningar på timbas, i svensk bakgrundsluft mellan åren 2000 till 2011.

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 2010 i Råö (13 dygn) och under 2011 i Norra Kvill (16 dygn).



Figur 79 Antalet dygn med glidande 8-timmarsmedelvärden $> 120 \mu\text{g O}_3/\text{m}^3$ mellan åren 2000 och 2011.

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 under 2010 och 2011 som högst kring $10\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$, medan belastningen i norr 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 2011. Redovisat år anger slutår i medelvärdesberäkningen.

4 Modellresultat

4.1 Årlig kartläggning med MATCH-Sverigesystemet

Nedan visas utvalda resultatkartor från beräkningar av halter i luft och deposition till mark med MATCH-Sverigesystemet för 2009 och 2010. I övrigt hänvisas till SMHI:s hemsida <http://www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskem>, där resultat för åren 1998-2010 är tillgängliga. Då metodiken inte är konsistent för åren innan 2009 så görs ingen trendanalys. Däremot görs med hjälp av kartorna en jämförelse över hela landet mellan åren 2009 och 2010.

4.1.1 Halter i luft

I Figur 81 visas halter i luft för reducerat kväve ($\text{NH}_x\text{-N}$), i Figur 82 visas halter i luft för kvävedioxid och i Figur 83 visas halter i luft för svaveldioxid. I de två övre panelerna i varje figur visas beräkningar av de totala halterna, d.v.s. halter innehållande både bidrag från Sverige och övriga Europa (långväga transportbidrag) och i de två nedre panelerna visas Sveriges bidrag.

Då det gäller reducerat kväve kan man i Figur 81 se att de högsta halterna i bakgrundsluft finns i södra Sverige, speciellt i Skåne, Västra Götalands län, Östergötlands län samt Kalmar-Ölandregionen och Gotland. Norrland, speciellt norra Norrlands inland, har

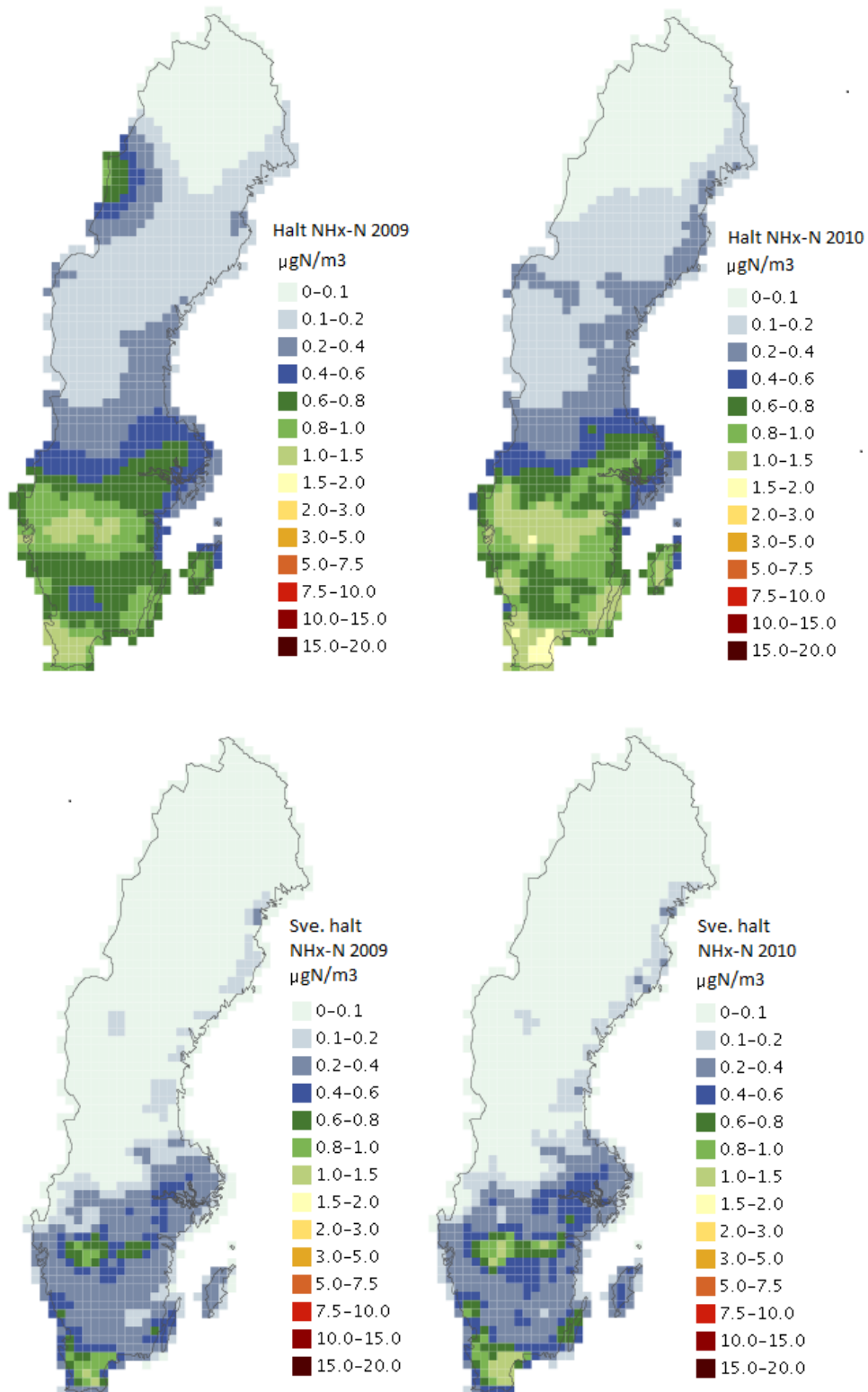
relativt låga halter av reducerat kväve. Halterna är något högre 2010 jämfört med 2009. Detta är särskilt tydligt över de områden där de högsta halterna återfinns. Genom att studera kartorna med Sveriges bidrag ser man att de högre halterna delvis kommer från ett större Sverigebidrag. Den norska fjällstationen Karvatn som tidigare orsakat höga värden vid den norska gränsen i Norrlands inland togs bort 2010 då den inte ansågs vara representativ för området.

Även halterna av kvävedioxid i bakgrundsluft (Figur 82) är något högre över vissa områden i 2010 års beräkningar jämfört med 2009, speciellt längs Norrlandskusten, Stockholms- och Göteborgsregionerna och i västra Skåne. I norra Norrlands inland är halterna något lägre 2010 jämfört med 2009. Genom att studera kartorna med Sverige-bidrag kan man se att de förhöjda halterna delvis kommer från förhöjda halter orsakade inom Sverige. De högsta halterna av kvävedioxid återfinns i storstadsområdena Stockholm och Göteborg samt i Västmanlands län, Södermanlands län, Västra Götalands län och i västra Skåne.

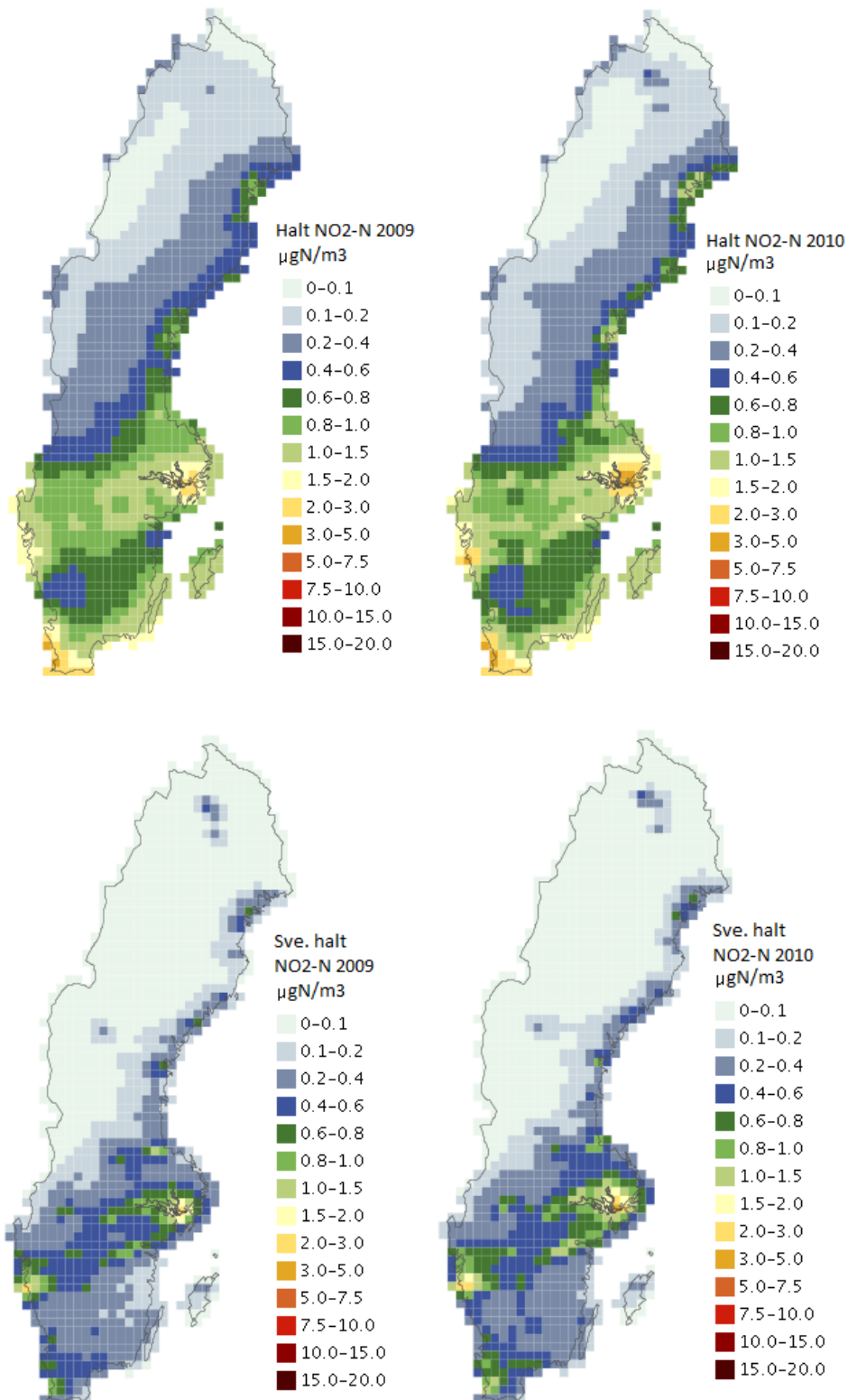
Precis som för kväve visar även svaveldioxid (Figur 83) en ökning av halter i bakgrundsluft 2010 jämfört med 2009. Det är stora delar av Norrland samt Stockholms- och Göteborgsregionerna som främst berörs av höjningarna. Det är i dessa storstadsregioner samt längs norrlandskusten och i västra Skåne som de högsta halterna av svaveldioxid i bakgrundsluft finns. I likhet med reducerat kväve och kvävedioxid är halterna av svaveldioxid små i Norrlands inland. Figurerna med Sveriges bidrag av halter i luft av svaveldioxid visar en liten ökning 2010 i Stockholms- och Göteborgsområdet, medan man t.ex. i Skellefteåområdet längs norra Norrlands kustland kan ana en minskning.

Skillnaderna mellan de två åren är primärt orsakade av variationer i meteorologi, både direkt och via påverkan på mängden utsläpp. Mönster och mängd nederbörd, temperatur och vindmönster 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. Förändrade förhållanden i oxidativ kapacitet mellan åren påverkar också lufthalten av kväve- och svavelhaltiga gaser och partiklar. Detta är kopplat till halten av långdistanstransporterad luftmassa innehållande t.ex. troposfäriskt ozon. För övrigt påverkar nederbörds mängden också lufthalten av svavel- och kvävehaltiga gaser och partiklar. För att kunna förklara skillnaderna mellan 2009 och 2010 krävs en djupare analys av meteorologisk och atmosfärskemisk situation under åren.

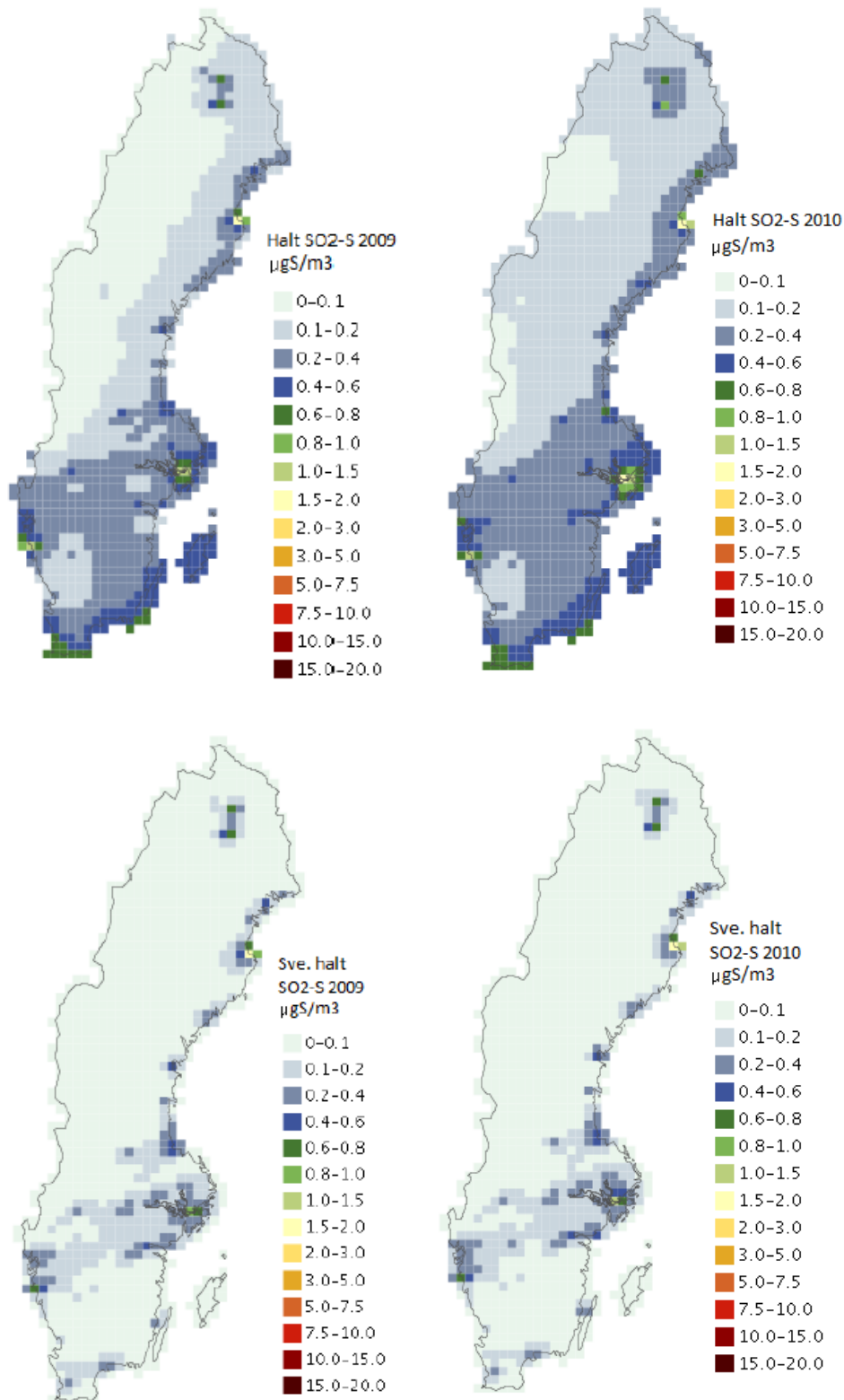
Under 2010 orsakade de svenska emissionerna i genomsnitt 8 % av totalhalterna för SO₂. Motsvarande siffra för NO₂ och reducerat kväve är 15 % respektive 13 %. Dessa siffror är sannolikt underskattade då totalhalten beräknats över hela det modellerade området, vilket förutom Sverige även inkluderar Norge, Finland, Danmark och delar av de baltiska staterna.



Figur 81 Halter av reducerat kväve i luft. Överst till vänster: Totala halter (inkluderar bidrag från Sverige och övriga Europa) för 2009. Överst till höger: Totala halter för 2010. Nederst till vänster: svenskt bidrag, 2009. Nederst till höger: svenskt bidrag, 2010.



Figur 82 Halter av kvävedioxid i luft. Överst till vänster: Totala halter (inkluderar bidrag från Sverige och från övriga Europa) för 2009. Överst till höger: Totala halter för 2010. Nederst till vänster: svenskt bidrag, 2009. Nederst till höger: svenskt bidrag, 2010.



Figur 83 Halter av svaveldioxid i luft. Överst till vänster: Totala halter (inkluderar bidrag från Sverige och övriga Europa) för 2009. Överst till höger: Totala halter för 2010. Nederst till vänster: svenskt bidrag, 2009. Nederst till höger: svenskt bidrag, 2010.

4.1.2 Deposition till mark

4.1.2.1 Svavel och kväve

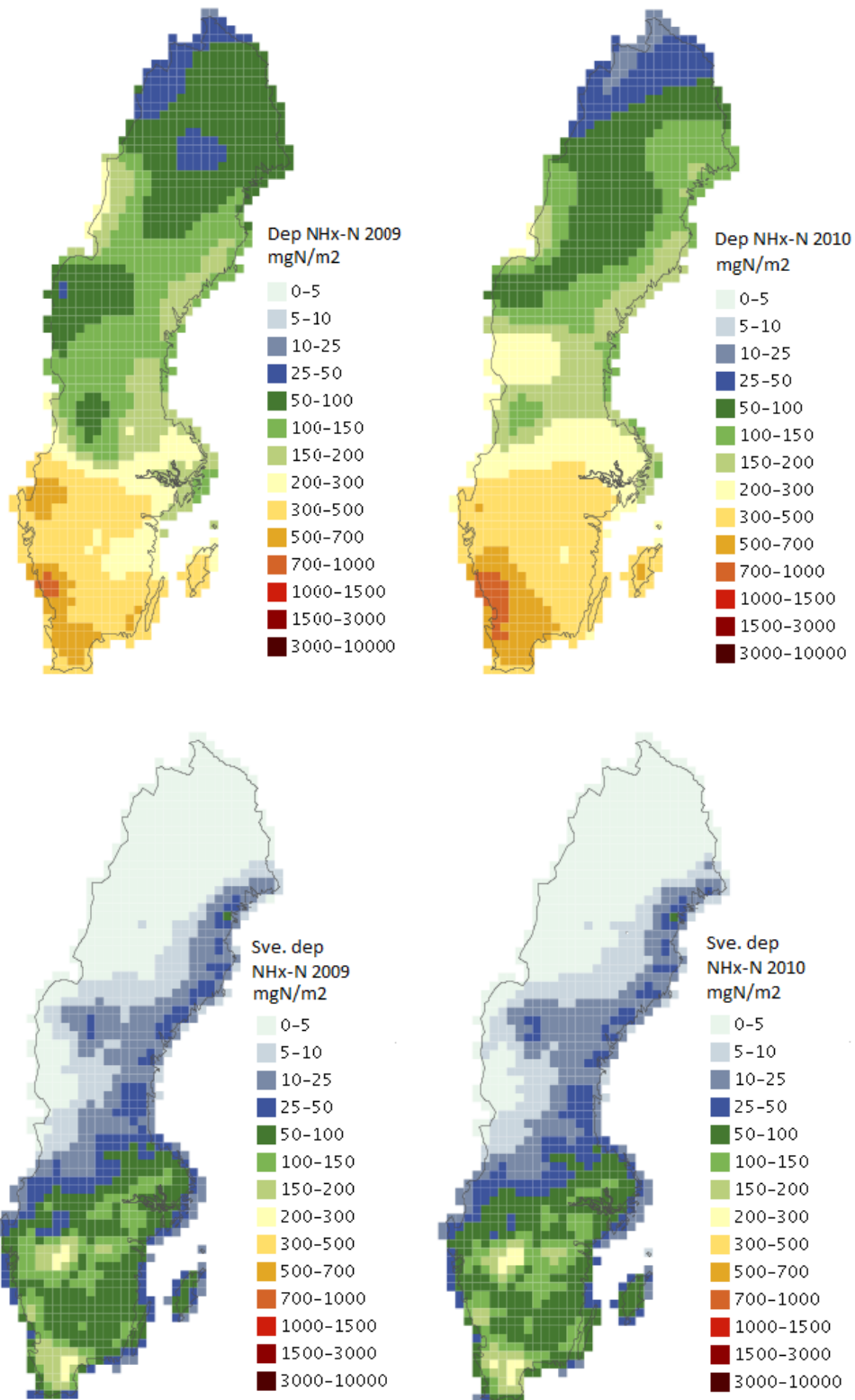
Figur 84, Figur 85 och Figur 86 visar totaldeposition (våt- och torrdeposition) av reducerat kväve (NH_x-N), oxiderat kväve (NO_x-N) och oxiderat svavel exklusive havssalt (XSO_x-S). De övre panelerna i respektive figur visar den totala depositionen, d.v.s. summan av Sverigebidrag och långdistanstransportbidrag (bidrag från resten av Europa) för åren 2009 och 2010. De nedre panelerna i respektive figur visar endast Sveriges bidrag för åren 2009 och 2010. På SMHI:s hemsida (<http://www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi>) presenteras depositionen uppdelat på våtdeposition samt torrdepositionsflöde till olika marktyper.

Den största depositionen av reducerat kväve (Figur 84) sker i sydvästra Sverige och de lägsta i norra Norrlands inland. Den totala depositionen är något högre 2010 jämfört med 2009 i södra och mellersta Sverige, speciellt på västkusten. Det svenska bidraget ökar något över västra Götaland, Östergötland och östra Skåne från 2009 till 2010. Det finns ett större långdistansbidrag under 2010 i sydöstra Sverige.

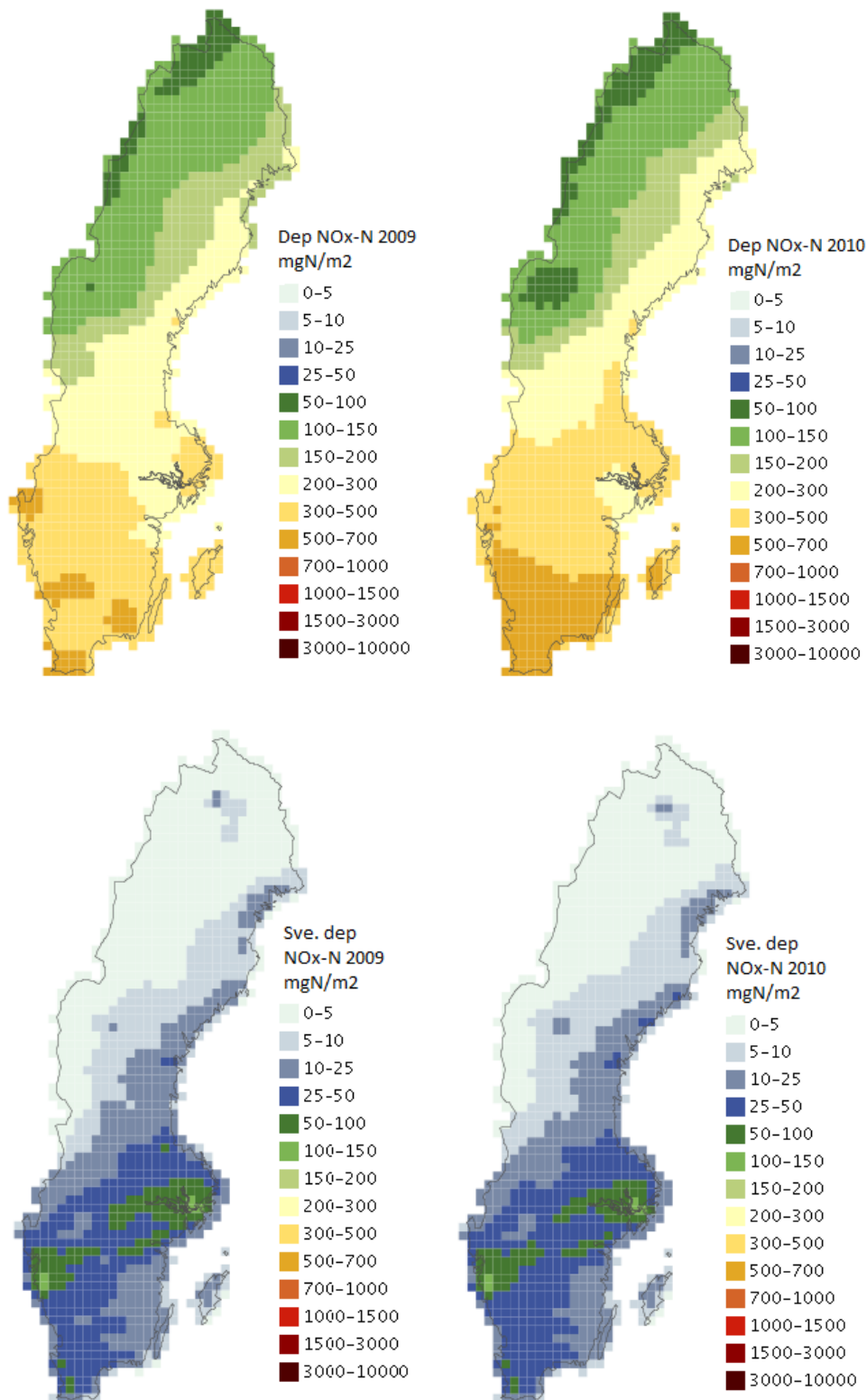
Den största depositionen av oxiderat kväve sker i södra Sverige, och den minsta i Norrlands inland. Figur 85 visar en ökning av deposition av oxiderat kväve i södra och mellersta Sverige, medan Sveriges bidrag är relativt oförändrat med små öknings över Småland och norrlandskusten.

Även depositionen av oxiderat svavel (exklusive havssalt) (Figur 86) ökar för 2010 jämfört med 2009. De totala depositionsvärdena ökar i hela Sverige, medan det svenska bidraget minskar på vissa ställen, framför allt i storstadsområdena Stockholm och Göteborg samt i Gävlebukten. Dock ökar det svenska bidraget till deposition av svavel något i Skellefteå- samt Kirunaområdena.

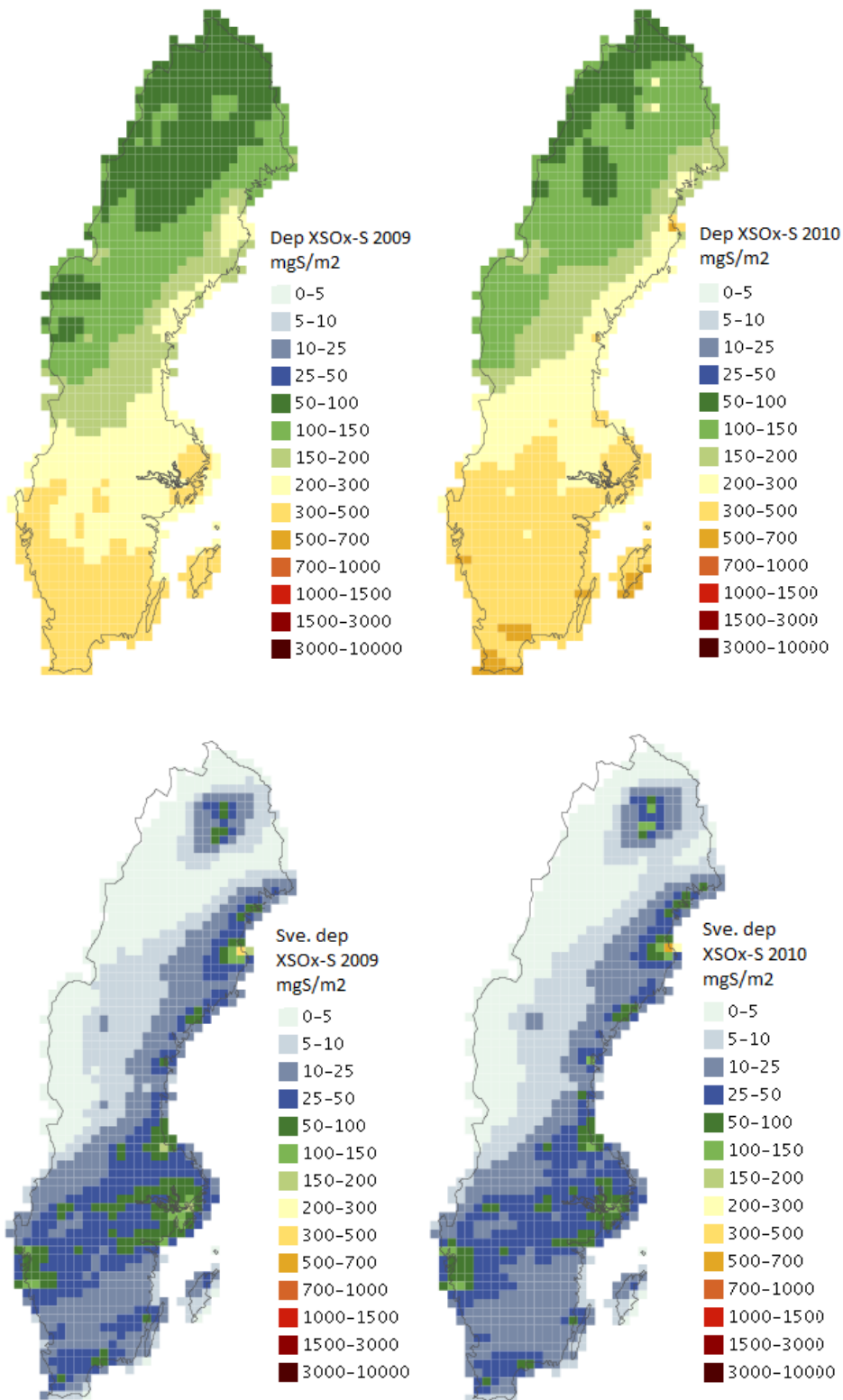
Depositionen under ett visst år beror, som för lufthalten, på mängden utsläpp samt meteorologiska förhållandena i Sverige ett visst år, samt intransporten utifrån resten av Europa som också påverkas av årets meteorologiska förhållanden och utsläppsnivåer. Depositionen sker i form av både torr- och våtdeposition. För våtdepositionen är nederbörds mängd och fördelning under ett visst år mycket viktig. För torrdepositionen är lufthalten viktig. Lufthalten, och därmed torrdepositionen, ökar om våtdepositionen minskar i en viss luftmassa, men sett över ett helt år över Sverige så kan såväl torr- som våtdeposition vara högre under ett visst år då intransporten är viktig för mängden depositionen inom landet. Förutom detta påverkar även fördelningen av kväve- och svavelämnena mellan gas- och partikelfas. Detta beror bl.a. på hur oxidativ atmosfären är ett visst år, vilket t.ex. är kopplat till halten av troposfäriskt ozon samt transport- och blandningsförhållanden.



Figur 84 Totaldeposition av reducerat kväve. Överst till vänster: Total deposition (inklusive bidrag från Sverige och övriga Europa) för 2009. Överst till höger: Total deposition för 2010. Nederst till vänster: svenskt bidrag, 2009. Nederst till höger: svenskt bidrag, 2010.



Figur 85 Totaldeposition av oxiderat kväve. Överst till vänster: Total deposition (inklusive bidrag från Sverige och övriga Europa) för 2009. Överst till höger: Total deposition för 2010. Nederst till vänster: svenskt bidrag, 2009. Nederst till höger: svenskt bidrag, 2010.



Figur 86 Totaldeposition av svavel exkl. havssalt. Överst till vänster: Total deposition (inklusive bidrag från Sverige och övriga Europa) för 2009. Överst till höger: Total deposition för 2010. Nederst till vänster: svenskt bidrag, 2009. Nederst till höger: svenskt bidrag, 2010.

Generellt sett betyder mer nederbörd mer våtdeposition där lufthalterna är höga, men en snabbare minskning (starkare gradient) av lufthalterna norrut i Sverige. Totalt sett var 2010 blötare än 2009 i nordligaste Norrland, i de sydligaste delarna av Sverige (Skåne och Blekinge) samt i östra Småland. 2009 föll mer regn över Västmanlands och Örebro län jämfört med 2010, vilket kan förklara minskningen av deposition av både kväve och svavel i området för 2010 jämfört med 2009.

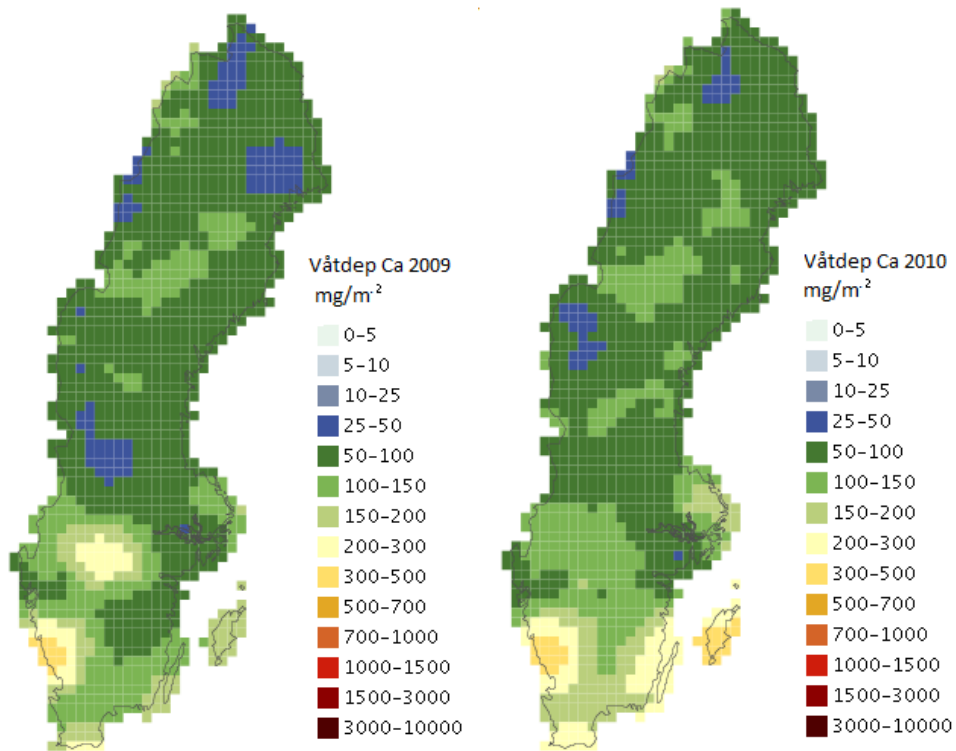
Under 2010 var andelen våtdeposition relativt totaldepositionen i genomsnitt över Sverige 69, 75 och 60 % för svavel (havssalt ej inkluderat), reducerat respektive oxiderat kväve.

4.1.2.2 Baskatjoner

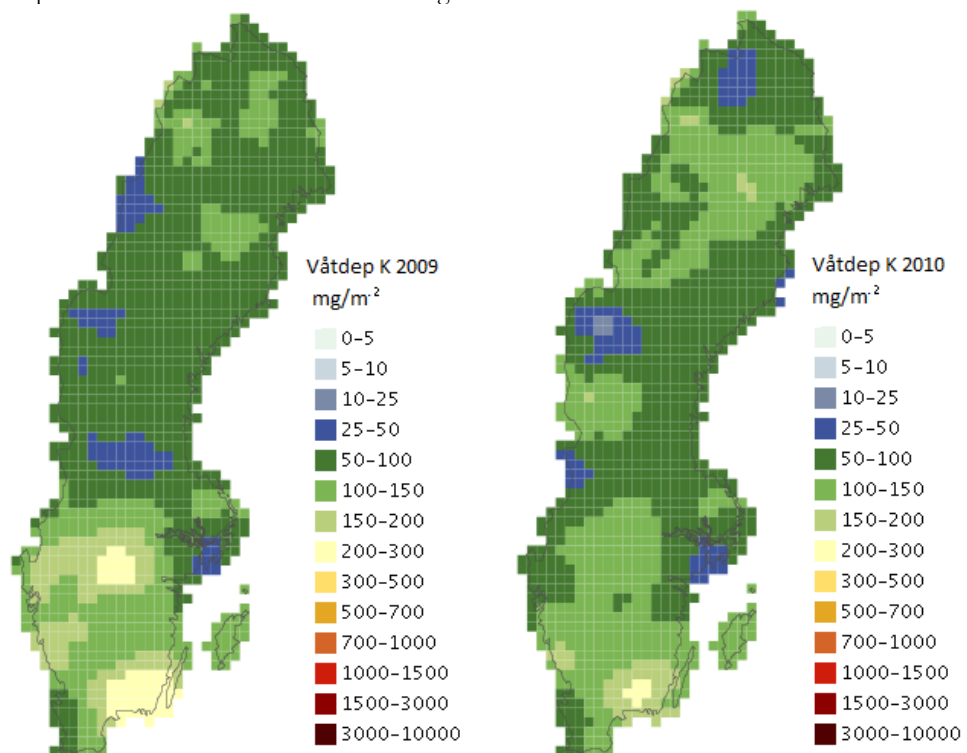
För baskatjoner ingår för tillfället endast beräkning av våtdeposition eftersom det tidigare inte funnits mätningar av halter i luft. I Figur 87 till Figur 90 nedan visas resultat för våtdepositionsberäkningar av baskatjoner.

Den största våtdepositionen av kalcium (Ca) återfinns främst över södra Sverige, speciellt över Gotland, Skåne och västkusten (Figur 87). Kalium (K) uppvisar den största våtdepositionen runt västkusten och Blekingeområdet samt norra Götalands inland (Figur 88). Våtdeposition av magnesium (Mg) är störst utmed västkusten, vilket inte är förvånande eftersom det absolut största bidraget kommer från havssalt (Figur 89). Det gör även, som väntat, natrium som också återfinns i höga depositioner framför allt längs västkusten (Figur 90). Våtdepositionen av natrium utmed gränsen mot Norge är en effekt av mycket höga natriumhalter i nederbörd utmed Norges kust.

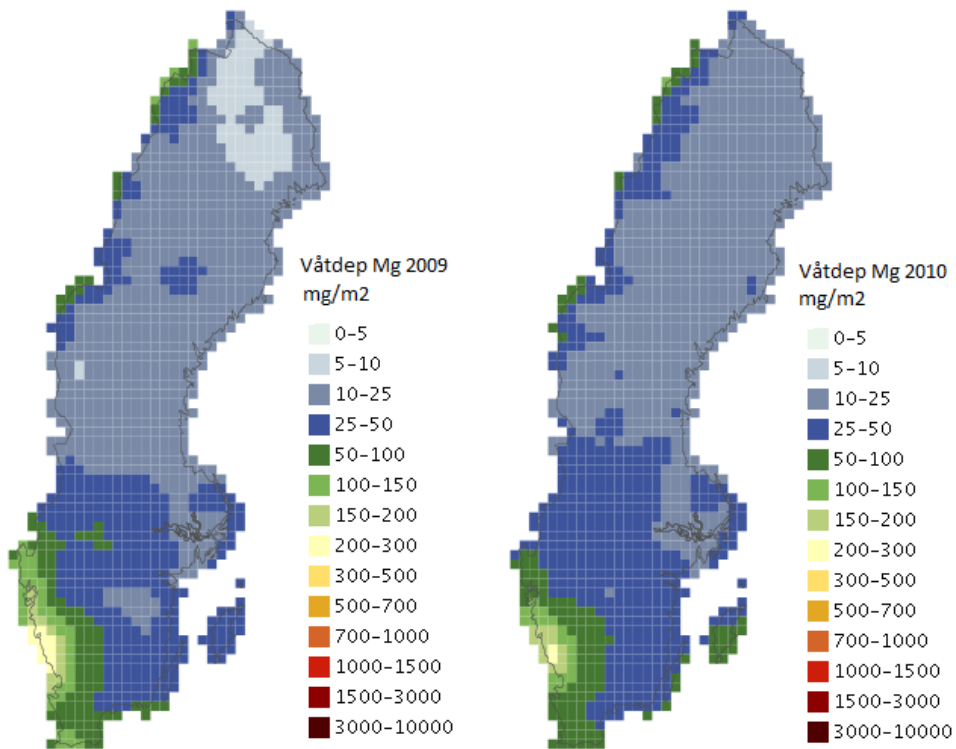
2010 var det marina bidraget till baskatjonernas våtdeposition lägre än 2009. Detta orsakas av att färre saltaerosoler blev intransporterade över Sverige. Det har speciellt stor påverkan på magnesium och natrium där havssaltsbidraget är relativt stort. Våtdepositionen av kalcium var däremot större 2010 över sydostkusten inklusive Gotland, Kalmarregionen och Blekinge.



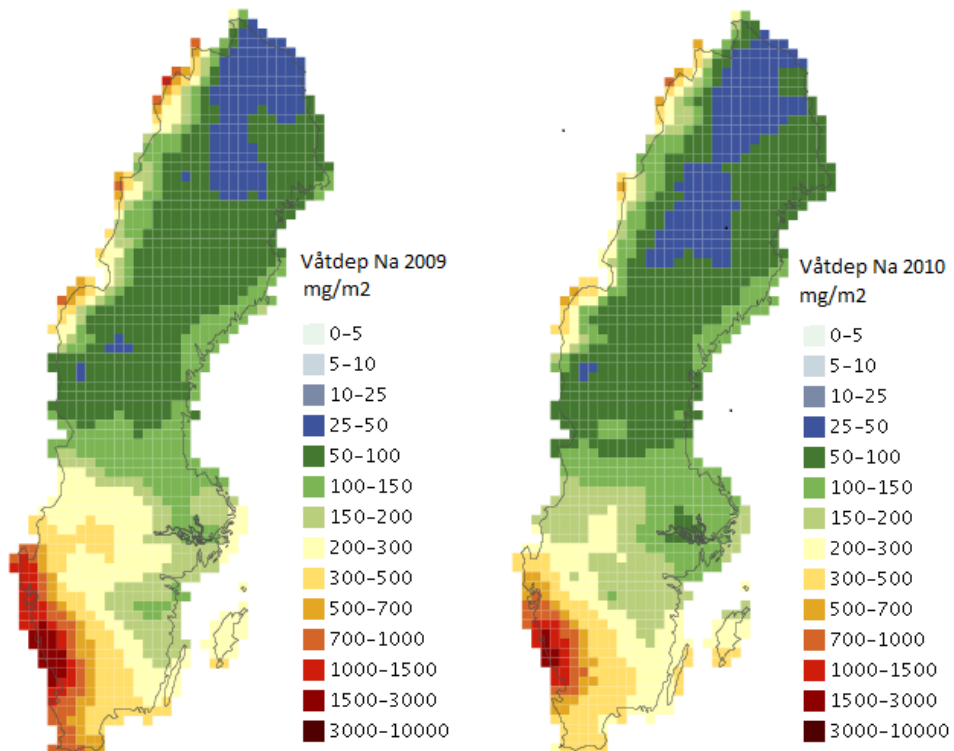
Figur 87 Våtdeposition av kalcium. Vänster: 2009. Höger: 2010.



Figur 88 Våtdeposition av kalium. Vänster: 2009. Höger: 2010.



Figur 89 Våtdeposition av magnesium. Vänster: 2009. Höger: 2010.



Figur 90 Våtdeposition av natrium. Vänster: 2009. Höger: 2010.

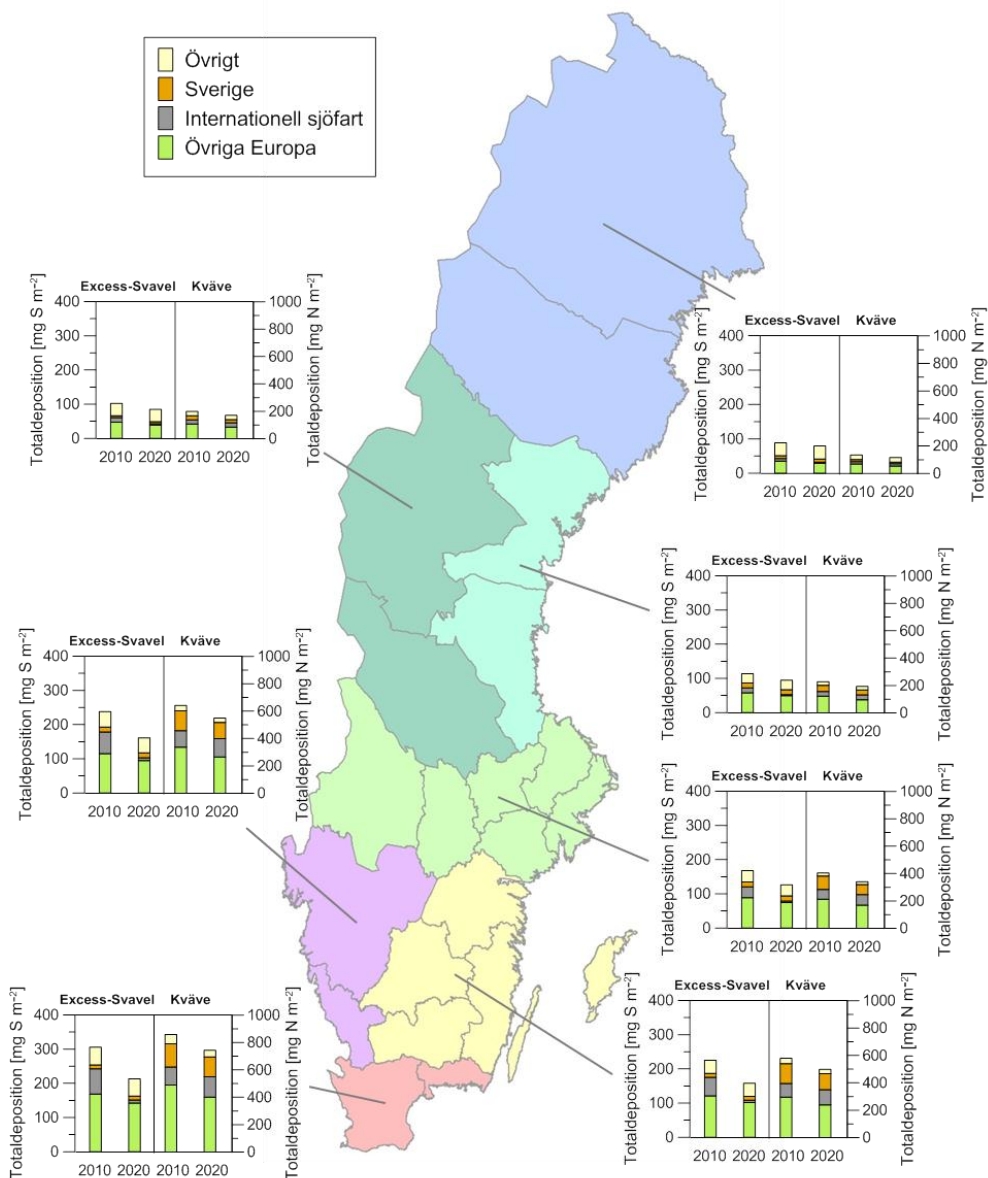
4.2 Fördjupad utvärdering – kartläggning av nutid och scenarier

Nedan presenteras de viktigaste slutsatserna i tidigare beskrivna projekt inom fördjupad utvärdering. För mer detaljerad information om resultat och slutsatser i projektet hänvisas till projektens respektive slutrapporter (Omstedt m.fl. 2012, Andersson m.fl. 2011 respektive Segersson m.fl. 2012).

4.2.1 Halter och deposition av luftföroreningar – Förändring över Sverige från 2010 till 2020 i bidrag från Sverige, Europa och internationell Sjöfart.

Huvudresultaten i studien är:

- Landbaserade utsläpp av svaveldioxid, kväveoxider, partiklar, kolmonoxid och volatila organiska ämnen förväntas minska i Europa såväl som i Sverige, medan utsläppen av ammoniak förväntas öka till 2020 i Europa.
- Internationell sjöfart förväntas minska sina utsläpp av svaveldioxid på grund av IMO-beslut, men förväntad ökning i trafiken medför ökade utsläpp av NO_x.
- Såväl deposition som lufthalter fortsätter vara högst i södra Sverige.
- Utsläppsminskningarna till 2020 medför minskat nedfall av svavel och kväve i Sverige.
- Bidraget till kvävedeposition från internationell sjöfart ökar i hela landet till 2020, övriga bidrag minskar.
- Luftkvaliteten i regional bakgrundsluft i Sverige förbättras för såväl marknära ozon som för SIA.
- De högsta halterna av marknära ozon beräknas minska som en följd av utsläppsminskningar i Europa.



Figur 91 Beräknad total (våt + torr) deposition av excess-svavel och kväve i nutid (2010) och framtid (2020) medelvärdesbildat över aggregerade län i Sverige. Staplarna innehåller även information om bidrag från Sverige, Internationell sjöfart, övriga Europa samt övriga källor. Figuren är tagen ur Andersson m.fl. 2011. Enhet: mg S/N m⁻³.

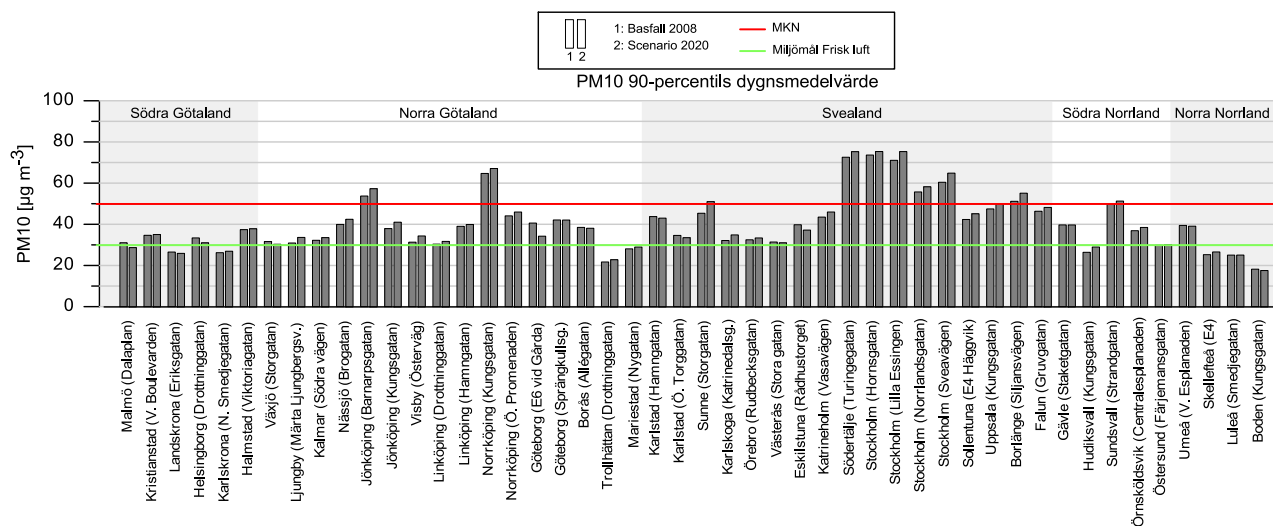
4.2.2 Luftkvaliteten i Sverige år 2020. Uppföljning av miljökvalitetsmålet Frisk luft för trafikmiljöer i svenska tätorter

Miljömålet Frisk luft bedöms inte uppfyllas till år 2020 för flera av de trafikmiljöer som studerats i denna rapport. För att uppfylla det krävs kraftfulla åtgärder för att minska emissionerna från vägtrafiken.

Nedan listas några av de viktigaste slutsatserna, indelat efter typ av luftförorening.

- För år 2008 överskreds miljö kvalitetsnormen av PM_{10} i Jönköping (Barnarpsgatan), Norrköping (Kungsgatan), Södertälje (Turingegatan), Stockholm (Hornsgatan, Lilla Essingen, Norrlandsgatan, Sveavägen), och Borlänge (Siljansvägen). Halterna ökar något till år 2020 beroende på antagandet om en generell ökad trafik varvid också Sunne (Storgatan), Uppsala (Kungsgatan) och Sundsvall (Strandgatan) beräknas överskrida miljö kvalitetsnormen. Miljö kvalitetsmålet Frisk luft överskreds för år 2008 i 45 av 48 trafikmiljöer för PM_{10} , vilket också beräknas ske år 2020. I Figur 92 visas resultaten för 90-percentils dygnsmedelvärde för PM_{10} . För att uppfylla miljö kvalitetsmålet Frisk luft i alla de trafikmiljöer som studerats behövs kraftfulla åtgärder. Enskilda åtgärder som minskning av den lokala trafiken och minskning av dubbdäcksandelarna förbättrar situationen, men behöver kombineras även med andra åtgärder för att klara miljö kvalitetsmålet.
- Halterna av $PM_{2.5}$ är väl under miljö kvalitetsnormen för samtliga trafikmiljöer. Miljö kvalitetsmålet Frisk luft beräknas överskridas år 2008 i 17 av 48 trafikmiljöer. Halterna minskar något till år 2020, men fortfarande beräknas miljö kvalitetsmålet Frisk luft överskridas i 10 av de 48 studerade trafikmiljöerna.
- För år 2008 beräknas miljö kvalitetsnormen för NO_2 överskridas i Malmö (Dalaplan), Helsingborg (Drottninggatan), Göteborg (Gårda, Sprängkullsgatan), Borås (Allégatan), Västerås (Stora gatan), Södertälje (Turingegatan), Stockholm (Hornsgatan, Norrlandsgatan, Sveavägen), Sollentuna (E4 vid Häggvik), Uppsala (Kungsgatan) och Umeå (Västra Esplanaden). Miljö målet Frisk luft överskreds år 2008 i 39 av de 48 studerade trafikmiljöerna. Halterna av NO_2 beräknas minska till år 2020. Miljö kvalitetsnormen förväntas dock fortfarande överskridas i Göteborg (Gårda) och Stockholm (Hornsgatan, Norrlandsgatan, Sveavägen). Miljö kvalitetsmålet Frisk luft beräknas att överskridas år 2020 i 14 av de 48 studerade trafikmiljöerna. För att uppnå miljö kvalitetsmålet Frisk luft till år 2020 för NO_2 i alla de trafikmiljöer som studien innefattar behövs kombinerade åtgärder för att minska NO_x - och NO_2 -emissionerna, såsom minskningar av den lokala trafiken, minskningar i antalet dieselfordon och förbud av den tunga trafiken.
- Halterna av bensen ligger väl under miljö kvalitetsnormen. Halterna minskar något till år 2020, men det är den urbana bakgrunden som dominerar totalhalten. Miljö kvalitetsmålet Frisk luft är dock betydligt svårare att uppnå; år 2020 beräknas 22 av 48 trafikmiljöerna överskridas. Eftersom det är den urbana bakgrunden som dominerar, är det åtgärder riktade på regional- eller tätortsnivå som huvudsakligen kommer att påverka haltnivåerna.
- Exponeringsberäkningar har gjorts för Umeå och visar att halterna av PM_{10} varierar kraftigt i tätorten med de högsta haltnivåerna i de mest trafikerade gatorna. Halterna avklingar relativt snabbt och är i bostadsområden lägre, vilket gör att miljö kvalitetsmålet Frisk luft med avseende på PM_{10} uppfylls till 92 % av befolkningen på bostadsadresser redan för år 2008. För att miljö kvalitetsmålet Frisk luft skall uppfyllas till 100 % krävs en relativt kraftig generell sänkning av PM_{10} -

halterna med ca 40 %. En generell sänkning av PM₁₀-halterna med ca 40 % i Umeå medför en hälsovinst som uppskattas till att ca 8 personer färre per år beräknas dö för tidigt på grund av luftföroreningar.

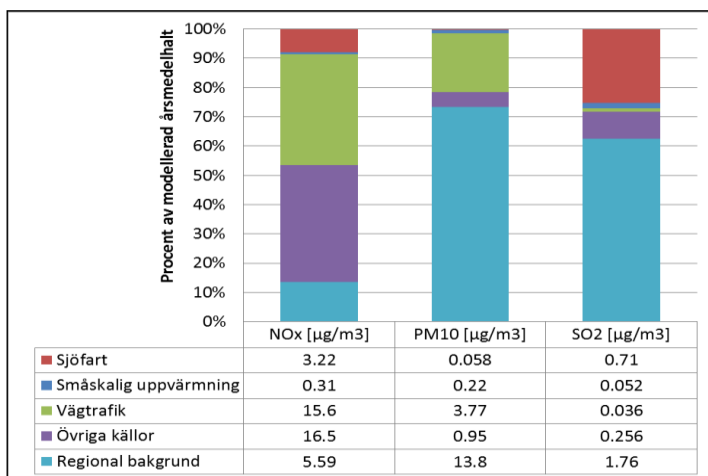


Figur 92 Beräknade halter av PM₁₀ (90-percentils dygnsmedelvärde) i olika gator år 2008 och 2020, kalibrerade mot mätningar. Gränsvärdena enligt MKN (röd linje) och miljökvalitetsmålet Frisk luft (grön linje) är också angivna. Figuren är tagen ur Omstedt m.fl. 2012.

4.2.3 Sjöfartens bidrag till luftföroreningshalter i Göteborg

De viktigaste slutsatserna ur studien är:

- Årsmedelhalten av NO_x i centrala Göteborg består till 9 % av sjöfartsemissioner vilket motsvaras av 3.22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Motsvarande siffra för SO₂ är 25 % (0.71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Dock ligger den totala halten av SO₂ långt under miljökvalitetsnormen. För PM₁₀ är haltbidraget från sjöfart i centrala Göteborg försumbart då endast 0.3 % av årsmedelhalten beräknas komma från sjöfarten (0.058 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), se Figur 93.
- Emissionerna av NO_x i det undersökta området kommer till knappt 30 % från sjöfarten. Motsvarande siffror från PM₁₀ och SO₂ är drygt 10 % respektive drygt 50 %.
- En ökning respektive minskning av sjöfartsemissionerna med 25 % beräknas ge en förändring av årsmedelhalten i centrala Göteborg för NO₂ med 0.1-0.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. För 98-percentilen för dygnsmedelhalterna, vilken är jämförbar med miljökvalitetsnormen, är förändringen ungefär densamma i centrala Göteborg men något högre (1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) i områden med mycket sjöfart.



Figur 93 Sektorsfördelning av årsmedelhalterna av NO_x, PM₁₀ och SO₂ i centrala Göteborg fördelat på sjöfart, småskalig vedeldning, vägtrafik, övriga källor och regional bakgrund.

5 Sammanfattande bedömning

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

För de flesta de ämnen som det finns MKN respektive miljömål för ligger halterna avsevärt lägre än angivna gräns- och målvärden. Halterna av O₃ överskrider i dagsläget MKN för hälsa. För såväl O₃ som bensen (i urban bakgrund) finns risk för haltnivåer som överstiger miljömålets preciseringar.

Försurande och övergödande ämnen

Luft

En jämförelse mellan uppmätta halter i luft av SO₂-S på 1980-talet och 2000-talet visar att årsmedelhalterna har minskat med cirka 90 % på EMEP-stationerna. Den regionindelade jämförelsen visar att halterna under 2000-talet varit högst i Götaland-kust och Skåne samt Svealand-Stockholmsregionen och lägst i Norrland-västra. Årsmedelhalter i luft av SO₄-S, som mäts på EMEP-stationerna, har minskat med 60-70 % mellan 1980-talet och 2000-talet.

En jämförelse mellan uppmätta halter i luft av NO₂-N på 1980-talet och 2000-talet visar att årsmedelhalterna inom EMEP-nätet minskat med 40 % i södra Sverige (Vavihill och Rörvik/Råö) och 70 % i Bredkålen i norra Sverige. Uppmätta halter i Bredkålen har dock varit låga, < 1 µg/m³, under hela perioden. Den regionindelade jämförelsen visar att halterna under 2000-talet varit absolut högst i Svealand-Stockholmsregionen och lägst i Norrland-västra. Årsmedelhalter i luft av NO₃-N, som mäts vid EMEP-stationerna, under 1986-2011 visar en tendens till att ha minskat något i södra Sverige (Vavihill). Mätningarna på övriga stationer uppvisar ingen märkbar trend. För NH₄-N-halten i luft har årsmedelvärdet minskat med 20-30 % under motsvarande tidsperiod vid samma stationer.

Halter i luft av Cl, Na, Mg, Ca och K har mätts vid EMEP-stationerna under 2009-2011. Generellt har årsmedelhalterna varit högst vid Råö (Hallands län) och lägst vid Bredkålen (Jämtlands län).

Med hjälp av modelleringar kan föroreningshalterna i Sverige delas upp i halter orsakade av svenska emissioner och halter orsakade av emissioner utanför Sverige. Föroreningshalterna kan även undersökas ur ett sektorsperspektiv för att få en överblick av varje sektors bidrag.

Över det modellerade kartområdet, som förutom Sverige även inkluderar Norge, Finland, Danmark och delar av de baltiska staterna, står Sveriges bidrag till totalhalterna för en förhållandevis liten del. För SO₂ är det svenska bidraget till totalhalterna 8 %, för NO₂ 15

% och för NH_x 13 % år 2010. Dessa siffror är sannolikt underskattade då Sverigebidraget beräknats för ett mindre område än det området som långtransportbidraget summerats för.

Nederbörd

Uppmätta halter av olika ämnen i nederbörd över öppet fält består till största delen av våtdeposition, men i södra Sverige kan torrdepositionen uppgå till 40 % av den samlade depositionen (Karlsson m. fl., 2011). Ju längre norrut i Sverige desto lägre torrdepositionsandel. Den statistiska analysen har för nederbörd har koncentrerats till 2000-2011 uppdelat på tre olika områden: sydvästra, sydöstra respektive norra Sverige.

När det gäller nederbörds mängderna syns ingen statistisk säkerställd trend i något område i Sverige. Svaveldepositionen har minskat med 35-55 % under perioden 2000-2011 i alla tre områdena. 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 minskat i norra samt sydvästra Sverige sedan år 2000.

Depositionen av nitratkväve har minskat med ca 34 % i sydvästra Sverige sedan år 2000. I övriga Sverige finns inga statistiskt säkerställda förändringar vare sig för nitratkväve, ammoniumkväve eller totalt oorganiskt kväve (nitrat + ammonium).

Med modeller kan uppdelningen av den totala depositionen i våt- och torrdeposition göras över hela landet och inte bara i de punkter där mätstationer finns. Beräkningar över det aktuella kartområdet visar en högre andel våtdeposition jämfört med data från mätstationerna. Våtdepositionens andel var för år 2010 för svavel (havssalt ingår ej) 69 %, för NH_x 75 % och för NO_y 60 %. Mängden deposition på olika marktyper kan också beräknas.

Tungmetaller

Halterna av tungmetaller i luft och nederbörd, med viss reservation för kvicksilver, är 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 nickel, kadmium och arsenik i luft i södra Sverige är 8 till 16 gånger lägre än de tröskelvärden som anges i EU-direktivet. 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

Under perioden 2006 till 2011 var den atmosfäriska koncentrationen av PAH och PCB högre i södra Sverige jämfört med norra Finland, medan α -HCH låg på ungefär samma nivå vid samtliga stationer.

Under 2011 har pesticiderna aldrin, heptaklor, diuron och atrazin inte kunnat bestämmas i detekterbara halter i några luftprover från Råö. Sedan starten av mätningarna har den atmosfäriska koncentrationen av BDE (47, 99, 100) vid Pallas minskat för att nu ligga ungefär i samma storleksordning som vid Råö. Under 2009-2011 uppmättes högre halter

dioxiner/furaner på den svenska västkusten jämförts med östkusten, medan halten klorparaffiner var högre vid Aspvreten jämfört med vid Råö.

Pesticiderna aldrin, heptaklor, atrazin och diuron som mättes vid Råö 2011 kunde inte påvisas i några depositionsprover. Med undantag för klordaner (Aspvreten) detekterades övriga POP i depositionsprover från alla tre stationerna (Råö, Pallas och Aspvreten).

Växtskyddsmedel (pesticider)

Resultaten visar att en rad vanligt använda pesticider förekommer regelbundet i depositionen i södra Sverige. Flera av dessa är inte tillåtna i Sverige, vilket indikerar att även pesticider som inte ansetts vara långlivade i atmosfären uppvisar en gränsöverskridande transport. Vissa pesticider som förbjudits inom EU under senare år uppvisar en minskande deposition. Halterna i nederbörden överskrider i vissa fall de riktvärden som tagits fram till skydd för ytvatten och även EU:s dricksvattengränsvärde på 0,1 µg/l, men i huvudsak ligger halterna på ng/l-nivå. Depositionen vid Vavihill har under åren 2002-2011 varierat mellan 84 och 553 mg/ha*mån (räknat som månadsmedelvärde under ett enskilt år). En av de substanser som deponeras i störst omfattning (pendimetalin) är klassad som en endokrinstörande substans och med en hög potential för biokoncentration (BCF = 5 100). En betydande andel av den totala depositionen utgörs av substanser som inte längre är godkända för användning i Sverige.

Resultaten från luftprovtagningen (2009-2011) vid Vavihill visar att vissa av de pesticider som detekteras i depositionen även återfinns i luften. Högst halter i luft, precis som i nederbörd, uppmättes för det flyktiga ogräsmedlet prosulfokarb och näst högst halter uppmättes för pendimetalin. Totalt har mellan 15 och 26 enskilda substanser detekterats per år, varav 8 st har en användning inom Sverige.

VOC

VOC-halterna är för de flesta av de uppmätta ämnena högst under november till mars, d.v.s. under den kallaste tiden av året. Ingen årstidsspecifik variation av fördelningen mellan mer eller mindre flyktiga VOC påvisades för 2009-2011 då mätningar utfördes utspjutt under året, de mest volatila ämnena stod för den största andelen under alla årstider.

MKN för bensen är 5 µg/m³ som ett aritmetiskt årsmedelvärde som inte skall överskridas från år 2010. Med ledning av 36 veckomätningar av bensen vid bakgrundsstationen Råö och 18 veckomedel av uppmätta bensenhalter i urban bakgrundsluft i Göteborg, på taknivå sju våningar upp, överskreds sannolikt inte MKN på dessa platser under 2009-2011.

För 1,3-butadien och bensen finns preciseringar till miljömålet Frisk Luft som för butadien är 0,2 µg/m³ och för bensen 1 µg/m³ som årsmedelvärden. Medelhalter från de drygt 3000 uppmätta timmedelhalterna under 2009-2011, vid samma mätstation i Göteborg som för bensen ovan, var för 1,3-butadien < 0,11 µg/m³ och för bensen 1,0 µg/m³, vilket indikerar att det finns risk att miljömålets precisering för bensen överskrids på årsbas.

PAH i tätortsluft

Under mätperioden 2005-2010 överskreds inte något halvårsmedelvärde MKN på 1 ng/m³ för benso(a)pyren i urban bakgrundsluft i de tätorter som studerades. Tillgängliga

halvårsmedelvärden är uppmätta under den kalla årstiden med högre PAH-halter, därmed bör helårsmedelvärdet för samtliga orter hamna under uppmätta halvårsmedelvärden.

Miljömålet precisering för benso(a)pyren (0.1 ng/m^3) som årsmedelvärde kan för vissa stationer överskridas, men eftersom mätningarna genomfördes under vinterhalvåret kan det vara svårt att avgöra. För de stationer som under mätperioden 2008/09 och 2009/10 genomförde mätningar jämnt spridda över året var halvårsmedelhalterna mycket nära eller under preciseringen till miljömålet.

Partiklar

Halten av PM_{10} i den regionala bakgrunden är ungefär $15 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ i södra Sverige (Vavihill och Råö), ungefär 8 i Mellansverige (Aspvreten) och 4 i norra Sverige (Bredkålen). Halten av $\text{PM}_{2.5}$ i den regionala bakgrunden är $8\text{--}9 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ i södra Sverige (Vavihill), $6\text{--}8 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ i mellersta Sverige (Råö och Aspvreten) och cirka $2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ i norra delen av landet (Bredkålen). Halterna av $\text{PM}_{2.5}$ i urban bakgrundsluft i Burlöv, Stockholm och Umeå under åren 2009-2011 ger en nationell indikator för genomsnittlig exponering på $6.6 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, vilket innebär att man i Sverige redan uppnått de krav som ställs för en acceptabel exponeringsnivå ($<8.5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$) med avseende på $\text{PM}_{2.5}$ år 2020.

Vid Aspvreten i Mellansverige, där mätningar av PM_{10} har pågått sedan 1990, har halten sjunkit från nästan 20 till $8 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ idag. Vid Vavihill i Skåne, där mätningarna startade 2000, finns ingen tydlig trend. Efter cirka 2005 har halten stabiliserats på dagens nivå vid båda stationerna. Denna tendens bekräftas av resultaten från Råö och Bredkålen, där mätningarna påbörjades 2007 respektive 2009.

$\text{PM}_{2.5}$ vid Aspvreten har sedan 1998 sjunkit från 11-12 till cirka $6\text{--}7 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 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 vid Aspvreten.

Halten av sot, mätt som organiskt kol (OC) i PM_{10} -fraktionen, är i södra och mellersta delen av Sverige (Vavihill och Aspvreten) ungefär $1,5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ utan någon tydlig årstidsvariation. Halten av elementärt kol (månadsmedelvärden) är cirka $0,2\text{--}0,5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ under vintern och $0,1\text{--}0,2$ under sommarhalvåret. Mätningar har gjorts sedan april 2008. Inga mätningar görs i norra Sverige.

Sot har mätts med en indirekt metod som 'black smoke' (BS) på flera bakgrundsstationer sedan början av 1980-talet. Sedan dess har halten i södra Sverige minskat från $4\text{--}7 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ till cirka $2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ idag. I norra Sverige (Bredkålen) är halten nu under $1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Sedan mitten av 1990-talet är halterna i stort sett oförändrade. 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) och AOT40 (MKN för växtlighet). Under 2010 uppmättes vid ett tillfälle i juli timmedelhalter över

informationsnivån, $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dessutom 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 de 8 mätstationerna i bakgrundsluft under både 2010 och 2011.

6 Tack

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

7 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 B* 59 (1), 77-98. doi: 10.1111/j.1600-0889.2006.00196.x
- 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, S. och Omstedt, G. (2009): *Validering av SIMAIR mot mätningar av PM10, NO2 och bensen. Utvärdering för svenska tätorter och trafikmiljöer avseende år 2004 och 2005*. SMHI Meteorologi, Nr. 137, 125 pp.
- 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 rapport i Meteorologi nr 147.
http://www.smbi.se/polopoly_fs/1.17092!meteorologi_147.pdf
- Areskoug H., (2007). *Bestämning av PM10 – En jämförelse av de vanligaste mätmetoderna använda i Sverige och den europeiska referensmetoden*. ITM rapport 168.
(www.itm.su.se/reflab/dokument/ITM_Rapport_168.pdf)
- Boström C-E., Gerde P., Hanberg A., Jernström B., Johansson C., Kyrklund T., Rannug A., Törnqvist M., Victorin K. och Westerholm R., (2002): "Cancer Risk Assessment, Indicators, and Guidelines for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Ambient Air" *Environment and Health Perspectives Vol 110 suppl 3*.
- Bradl H. *Heavy metals in the environment: origin, interaction and remediation*. (2005). Elsevier Ltd. ISBN-13: 978-0-12-088381-3. MAR-2005.
- Brorström-Lundén E., Lindskog A and Mowrer J. (1994): "Concentrations and Fluxes of Organic Compounds in the Atmosphere of the Swedish west coast". *Atmos. Environ.* 28, 3605-3615.
- Bylin G, Cotgrave I, Gustafsson L, Nyberg F, Pershagen G, Sundell J, Viktorin K & Zuber A. (1996). *Health risk evaluation of ozone*. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 22 suppl 3.
- 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.
- Engardt, M., Andersson, C. och Bergström, R. (2010). *Modellering av marknära ozon. Regionala och högupplösta tillämpningar av MATCH*. SMHI rapport i meteorologi nr 145.
- EMEP Status Report 2/2012. "Long-term changes of Heavy Metal Transboundary Pollution of the Environment (1990-2010)"
- Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG av den 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område.

- 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.
- Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1107/2009 av den 21 oktober 2009 om utsläppande av växtskyddsmedel på marknaden.
- Gidhagen, L., Johansson, H. and Omstedt, G. (2009): SIMAIR - Evaluation tool for meeting the EU directive on air pollution limits. *Atmospheric Environment*, 43, 1029-1036, doi:10.1016/j.atmosenv.2008.01.056.
- Hansson K., Palm Cousins A., Brorström-Lundén E., IVL och Leppanen S., Finnish Meteorological Institute, FMI, Finland (2006): "Atmospheric concentrations in air and deposition fluxes of POPs at Rää and Pallas, trends and seasonal and spatial variations", Statusrapport, IVL U1967.
- Heck WW, Tingey DT, Taylor OC. (Eds) (1988). *Assessment of crop loss from air pollutants*. Elsevier Applied Science, London.
- Hellsten, S., Westling, O. (2006). Försurande och övergödande nedfall i skog – Delprogram Krondropp inom programområde Luft, Sakrapport 2006 06 01, För Naturvårdsverket, Avtal 211 0411.
- IMM-rapport (1992): Hälsorelaterad miljöövervakning - ett programförslag, rapport nr 7/92.
- 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.
- Johansson C., Hedberg E., Olivares G., Gidhagen L., Karlsson H., Wideqvist U., Vesely V., Swietlicki E., Kristensson A., Zhou J., Rissler J., Brohammer P., Brorström-Lundén E., Petersson K., Remberger M., Potter A., Junedabl E., Persson K., Sjöberg K., Sellin-Lindgren E., Jacobsson J., Tranefors C., Andersson L., Eltabir E., Omstedt G., Lagner J., Foltescu V., Pettersson M., Ahlander R., Sjövall B., Norberg B. och Burman L., (2004) "Mätningar och beräkningar av vedeldningens påverkan på luftföroreningshalter, Del I. Lycksele" Delredovisning av resultat från programmet Biobränsle, hälsa och miljö. ITM-rapport 124.
- Karlsson P.E., Pleijel H., Belhaj M., Danielsson H., Dablin B., Andersson M., Hansson M., Munthe J. & Grennfelt P. (2005). Economic assessment of the negative impacts of ozone on crop yields and forest production. A case study of the estate Östads säteri in southwestern Sweden. *Ambio Vol 34, No 1*.
- Karlsson, P.E., Martin Ferm, Hans Hultberg, Sofie Hellsten, Cecilia Akselsson, Gunilla Pihl Karlsson. (2011). Totaldeposition av kväve till skog. IVL Rapport B1952.
- Miljödepartementet (2012). Svenska miljömål – preciseringar av miljökvalitetsmålen och en första uppsättning etappmål. Rapport Ds 2012:23.
- NFS 2010:8. Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet. Beslutade den 23 juni 2010.
- Omstedt, G., Andersson, S., Gidhagen, L. and Robertson, L. (2011): Evaluation of new model tools for meeting the targets of the EU Air Quality Directive: A case study on the studded tyre use in Sweden. *International Journal of Environment and Pollution*, Vol. 47, No. 1/2/3/4, 79-96, DOI: 10.1504/11.47328.
- Omstedt, G., Andersson, S., Asker, C., Jones, J., Kindell, S., Segersson, D. och Torstensson, M. (2012): Luftkvaliteten i Sverige år 2020. Uppföljning av miljökvalitetsnormen Frisk luft för trafikmiljöer i

svenska tätorter. SMHI Meteorologi, Nr. 150, 86 pp.

http://www.smbi.se/polopoly_fs/1.22579!meteorologi_150.pdf

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, Karin (2010). Luftkvaliteten i Sverige 2009 och vintern 2009/2010 – Resultat från mätningar inom Urbanmätnätet. IVL Rapport B1940.

Pleijel H., Ojanperä K., Mortensen L. (1997). Effects of tropospheric ozone on the yield and grain protein content of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) in the Nordic countries. *Acta Agric. Scand. Sect B. Soil and Plant Sci.* 47:20-25.

Potter, A., Junedahl, E., Persson, K., Brorström-Lundén E. (2006). Mätningar av flyktiga organiska ämnen (VOC) och polycykliska aromatiska kolväten (PAH) i tätorter. Sakrapport till Naturvårdsverket. IVL Rapport U1968.

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

Segersson, D., Asker, C., Engardt, M., Holmin Fridell, S. (2012). Sjöfartens påverkan på luftmiljön i Göteborg, SMHI Rapport nr 19.

Sjöberg, K., Pihl Karlsson, G., Svensson, A., Wängberg, I., Brorström-Lundén, E., Potter, A., Hansson, K., Rebnegren, E., Persson, K., Areskog, H., Kreuger, K. (2011). Nationell Miljöövervakning – Luft. Data t.o.m. 2009. För Naturvårdsverket. IVL Rapport B1968.

SFS 2010:477. Luftkvalitetsförordning. Utfärdad den 27 maj 2010.

Slemr F., Brunke E-G., Ebinghaus R., Temme C., Munthe J., Wängberg I., Schroeder W., Steffen A., Berg T. (2003). Worldwide trend of atmospheric mercury since 1977. *Geophys Res. Lett.* Vol 30, NO. 10, 1561.

Trafikverket (2012). Transportsystemets behov av kapacitetshöjande åtgärder – förslag på lösningar till år 2025 och utblick mot år 2050. Rapport 2012:101.

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.

Aktuella hemsidor

<http://chm.pops.int/default.aspx>

<http://www.e3mlab.ntua.gr/e3mlab/>

<http://www.ivl.se>

<http://www.krondroppsnetet.ivl.se>

<http://www.miljomal.nu>

<http://www.naturvardsverket.se/sv/Tillstandet-i-miljon/Miljoovervakning/Handledning-for-miljoovervakning/Metoder/Undersokningstyper/>

<http://www.slu.se>

www.smbi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi

Bilaga 1 Beskrivning av mätprogram

EMEP

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.

Tabell 1:1 Aktuellt mätprogram 2010-2011 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; Esränge
	O ₃	Månad	Djursvallen, nedre; Docksta; Granan; Jädraås; Pållem; Rickleå; Sjöängen; Sannen; Hoburgen
	NO ₂	Månad	Norra Kvill; Grimsö; Vindeln; Esränge
Partiklar och sot			
	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; Stockholm; Umeå	

¹⁾ Drivs av ITM

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 2011 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 2011.

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

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 - 200912
Djursvallen, nedre	199601 - 200912	198801 - 200912
Docksta	199603 - 200912	198301 - 200912
Esränge	-	199009 - 200912
Granan	199401 - 200912	198309 - 200912
Hoburgen	200901 - 200912	-
Jädraås	199401 - 200912	199408 - 200912
Majstre	-	198709 - 200912
Norra Kville	-	198301 - 200912
Pålkem	199601 - 200912	198301 - 200912
Rickleå	199408 - 200912	198301 - 200912
Ryda Kungsgård	-	199211 - 200912
Sandnåset	-	198301 - 200912
Sjöängen	199408 - 200912	199408 - 200912
Sännen	199601 - 200912	198301 - 200912
Tandövala	-	198801 - 200912
Tyresta	-	198801 - 200912

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 19 stationer (2011). 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 luftvårdsförbund, länsstyrelser, Naturvårdsverket, kommuner m.fl. Målsättningen är att utifrån depositions-, markvatten- samt lufthaltsmätningar uppskatta belastningen från luftföroreningar på skogsekosystemen och dess inverkan på växtlighet, mark och vatten. Mätningarna kompletteras med modellberäkningar för att möjliggöra ett samlat grepp främst för utvärdering av miljömålen *Bara naturlig försurning*, *Ingen övergödning* och *Frisk luft* på regional nivå. Förutom ovan nämnda miljömål berör aktiviteterna inom Krondroppsnätet även miljömålen: *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar* samt *Storslagen fjällmiljö*.

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 månadsvis inom Krondroppsnätet, dels över öppet fält, dels i skogen (krondropp). Mätningarna över **öppet fält**, speglar huvudsakligen våtdeposition, det vill säga föroreningarna som följer med nederbörden ner. **Krondroppsmätningarna** speglar, utöver

våtdepositionen, även torrdepositionen, det vill säga luftföroreningar som transporteras med vinden och fastnar i trädkronorna. För vissa ämnen finns en betydande intern cirkulation i trädkronorna, vilket gör att det som mäts upp via kron dropp skiljer sig från den totala de positionen. **Lufthaltsmätningar** av svaveldioxid, kvävedioxid, ammoniak och ozon sker med hjälp av diffusionsprovtagare som kvantitativt absorberar den gas som skall mätas. Lufthaltsmätningarna ger bl.a. underlag för effektbedömningar, trendanalyser och jämförelser med miljömålet *Frisk Luft*. **Markvattenmätningar** sker med undertryckslysometrar 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 miljö-tillståndet.

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

Tabell 1:4 Stationer inom Kron droppsnätet som ingår i den nationella miljöövervakningen, finansierade av Naturvårdsverket.

Stationskod	Namn
S 22 A-0	Blåbärskullen
L 18 A-0	Hissmossa
Y 07 A-0	Storulvsjön
BD02 A-0	Myrberg
AC04 A-0	Högbränna
O 35 A-0	Hensbacka
N 13 A-0	Timrilt
H 03 B	Rockneby
D 11 A-0	Edeby
F 23 A-0	Fagerhult
W 90 A-0	Fulufjäll
A 35 A-0	Farstanäs
E 22 A-0	Höka
Z 04 A-0	Sör-Digertjärn
K 11 A-0	Komperskulla
U 04 A-0	Kvisterhult
H 01 A-0	Ottenby
T 02 A-0	Greckssundet
G 22 A-0	Tagel

De parametrar som mäts över öppet fält inom Kron droppsnätet 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 små avrinningsområden. Ett sådant område är som en skål med ett helt ekosystem, där man kan mäta in- och utflöde av föroreningar och näringsämnen samt deras effekter i ekosystemet.

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

Deposition över öppet fält mäts vid alla de 4 IM-stationerna i Sverige inom IM: Gammtratten, Kindlahöjden, 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 Bredkälén sker på samma sätt men med en frekvens av ett dygnsprov per vecka. Partikulärt kvicksilver (TPM) mäts vid Råö (två dygnsprov per vecka) samt vid Pallas (kontinuerliga veckoprov) med hjälp av TPM-minifälla.

För provtagning av tungmetaller (exkl. Hg) i nederbörd samlas månadsvisa trippelprov in med bulkprovtagare. Totalkvicksilver (Hgtot) i nederbörd mäts månadsvis med bulkprovtagare, där dubbelprov samlas in. Samtliga analyser av kvicksilver genomförs vid IVL. Övriga metallanalyser utförs av NILU i Norge.

Tabell 1:5 Aktuellt mätprogram avseende tungmetaller inom EMEP.

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

Organiska miljögifter

IVL 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 (2009) och ämnen som ingår i delprogrammet.

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

Grupp	Parameter	Frekvens	Stationer			
			Råö	Pallas	Aspvreten	Vavihill
1	PAH	Månad	1994	1996	1995	2009
2	PCB	Månad	1994	1996	1995	
2	HCB	Månad	2009	2009	2009	
3	Pesticider HCH, klordaner, DDE	Månad	1996	1996	1995*	
3b	Endosulfan (α , β)	Månad	2009	2009		
3d	aldrin, heptaklor, atrazin, diuron, isoproturon	Månad	2009			
4	Bromerade flamskyddsmedel PBDE	Månad	2001	2003	2009	
4	BDE-209, HBCD	Månad	2009	2009		
5	PFAS (PFOS, PFOA)	Månad	2009			
6 (endast luft)	VOC ink bensen (diffusionsprovtaga re)	1 v/månad	2009			
	Dioxiner/furaner och klorparaffiner	4 månader/år	2009		2009	

* ej klordaner

År 2009 utökades den nationella miljöövervakningen av organiska ämnen i luft och nederbörd med flertal nya ämnen. Ämnen som har tillkommit är:

- pesticiderna: α - och β -endosulfan, aldrin, heptaklor, atrazin, diuron och heptaklor
- bromerade flamskyddsmedel: deca-BDE (BDE-209) och hexabromcyklododekan (HCBDD)
- PBDE (47, 99 och 100) tillkom vid stationen Aspvreten
- perflourinerade ämnen (PFAS) i luft och nederbörd, perfloroktansulfat (PFOS) och perfloroktansyra (PFOA) mäts vid Råö.

I syfte att kartlägga betydelsen av atmosfärisk deposition som källa till havsområden påbörjades år 2009 mätningar av dioxiner/furaner samt klorparaffiner vid Råö (Västkusten) och Aspvreten (Östkusten).

Programmet har även utökats med en station, Vavihill, där månadsvisa PAH-mätningar i luft och deposition genomförs.

Från 2009 genomför man alla mätningar på månadsbasis.

Volatila organiska ämnen (VOC)

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

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

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

Etan	trans-2-Buten	n-Hexan	m+p-Xylen
Eten	cis-2-Buten	Isohexan	o-Xylen
Etyn	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

PAH i tätort

I delprogrammet PAH i tätort har det mätts på 10-14 orter regionalt spridda i Sverige. Programmet avslutades 2010.

Mätplatsen i Göteborg där VOC-mätningarna utförs har också används för mätning av PM₁₀ och PAH. För att få en kostnadseffektiv provtagning har de övriga orterna valts ut bland de kommuner som ingår i Urbanmätnätet (*Persson, K (2010). Luftkvaliteten i Sverige 2009 och vintern 2009/2010 – Resultat från mätningar inom Urbanmätnätet. IVL Rapport B1940*). Detta medför att mätplatserna ibland bytts ut inför nya mätsäsonger p.g.a. att kommunerna valt ett nytt mätprogram där PM₁₀ inte längre ingår.

Orterna har valts ut för att ge en så god geografisk spridning som möjligt över Sverige. Urvalet är också tänkt att visa på olika typer av haltbidrag, t ex från trafik eller från vedeldning, och för att kunna bedöma betydelsen av atmosfärisk långdistanstransport. Mätningarna skall visa belastningen av PAH i urban bakgrundsmiljö, varför provtagningsstationen bör väljas så att direktpåverkan från lokala källor undviks. Provtagningsplatsen skall dock representera ett belastat område i tätorten, där ett stort antal människor visats. Dessa kriterier uppfylls väl då de flesta mätplatserna ingår i Urbanmätnätet och därmed är placerade i urban bakgrund. En annan fördel med att använda mätplatser från Urbanmätnätet är att det finns möjlighet att få tillgång till andra variabler såsom PM₁₀, sot, NO₂ och SO₂. De orter som ingått i delprogrammet PAH i tätort under åren 2005-2010 presenteras nedan i Tabell 1:8.

Tabell 1:8 Valda orter från Urbanmätnätet 2005-2010

Mätsäsong				
2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Trelleborg	Trelleborg	Trelleborg	Trelleborg	Trelleborg
Landskrona	Landskrona	Landskrona	Landskrona gaturum	Landskrona
Landskrona Gaturum	Landskrona gaturum	Landskrona gaturum	Värnamo	Landskrona gaturum
Hässleholm	Kristianstad	Kävlinge	Göteborg	Värnamo
Värnamo	Värnamo	Kalmar	Jönköping	Göteborg
Västervik	Värnamo gaturum	Värnamo	Kalmar	Uppsala
Göteborg	Göteborg	Göteborg	Örebro	Timrå
Tidaholm	Tidaholm	Tranås	Uppsala	Östersund
Karlskoga	Karlskoga	Uppsala	Sunne	Boden
Uppsala	Uppsala	Timrå	Timrå	Kiruna
Ljusdal	Falun	Kramfors	Östersund	
Östersund	Östersund	Östersund		
Sollefteå	Timrå	Boden		
Övertorneå	Sollefteå	Jokkmokk		

De enskilda PAH:er som mäts i programmet och ingår i summa-PAH redovisas i Tabell 1:9.

Tabell 1:9 PAH:er som rapporteras i mätprogrammet

3-4 ringar	5 -6 ringar
Fenantren	Benso(b)flouranten
Antracen	Benso(k)flouranten
Flouranten	Benso(a)pyren
Pyren	Dibenso(ah)antracen
Benso(a)antracen	Benso(ghi)perylen
Krysen	Indeno(1,2,3-cd)pyren

Växtskyddsmedel (pesticider) i luft och nederbörd

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

Strategin var inledningsvis att samla in prov under den mest besprutningsintensiva perioden i Sverige, d.v.s. under försommar och höst. Sedan 2008 är dock provperioden utökad till hela sommarhalvåret (april-oktober), dels med tanke på att besprutningssäsongen på kontinenten både börjar tidigare och slutar senare än i Sverige, dels då många grödor (både i Sverige och i våra grannländer) behandlas under hela sommarsäsongen (främst fungicider och insekticider). Variabler som analyserats är aktiva substanser av bekämpningsmedel (pesticider) som främst används inom jordbruket och trädgårdsnäringen. De utvalda substanserna framgår av Tabell 1:10 och inkluderar tre grupper av pesticider: 1) pesticider som är förbjudna inom EU; 2) pesticider som är förbjudna i Sverige men används inom andra EU-länder; 3) pesticider som är tillåtna i Sverige. Listan inkluderar samtliga prioriterade pesticider inom EG:s ramdirektiv för vatten (2000/60/EG), även om alla utom en numera är förbjudna i Sverige. Sammanlagt ingår för närvarande cirka 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 1:10 Växtskyddsmedel (pesticider) som ingår i analyserna av nederbörd och luft (2011).

Substans	Typ [#]	Grupp*	Regn	Luft	Substans	Typ [#]	Grupp*	Regn	Luft
acetamiprid	I	C	X		heptakloreopxid	N		X	
aklonifen	H	C	X		hexaklorbensen	F,N	A	X	X
alaklor	H	A	X	X	imazalil	F	C	X	
aldrin	I	A	X	X	imidaklopid	I	C	X	
alfacypermetrin	I	C	X	X	iprodion	F	B	X	X
amidosulfuron	H	C	X						
atrazin	H	A	X	X	isoproturon	H	C	X	X
DEA	N		X	X	karbofuran	I	A		X
DIPA	N		X						
azoxystrobin	F	C	X	X	klopyralid	H	C	X	
benazolin	H	A	X		klordan-alfa	I	A		X
bentazon	H	C	X		klordan-gamma	I	A	X	X
betacyflutrin	I	C	X	X	klorfenvinfos	I	A	X	X
bifenox	H	C	X						
bifenox-syra	N		X						
bitertanol	F	C	X	X	kloridazon	H	C	X	
cyanazin	H	A	X	X	klorpyrifos	I	B	X	X
cyazofamid	F	C	X						
cyflufeniamid	F	C	X						
cyflutrin	I	C	X	X	kvinmerak	H	C	X	
cykloxidim	H	C	X						
cypermetrin	I	C	X	X	lambda-cyhalotrin	I	C	X	X
cyprodinil	F	C	X	X	lindan (HCH-gamma)	I	A	X	X
2,4-D	H	B	X		HCH-alfa	N		X	X
DDT-p,p	I	A		X	HCH-beta	N		X	X
DDD-p,p	N			X					
DDE-p,p	N			X	HCH-delta	N		X	X
DDT-o,p	N			X					
deltametrin	I	C	X	X	linuron	H	B	X	X
difenokonazol	F	C	X						
diflufenikan	H	C	X	X	MCPA	H	C	X	
diklobenil	H	B	X	X	mekoprop	H	C	X	
BAM	N		X		metalaxyl	F	C	X	X
diklorprop	H	C	X		metamitron	H	C	X	X
dimetoat	I	C	X	X	metazaklor	H	C	X	X
diuron	H	B	X	X	metribuzin	H	C	X	X
α-endosulfan	I	A	X	X	pendimetalin	H	B	X	X
β-endosulfan	I	A	X	X	penkonazol	F	C	X	X
endosulfansulfat	N		X	X	permetrin	I	C	X	X
epoxikonazol	F	B	X		pikoxystrobin	F	C	X	X
esfenvalerat	I	C	X	X	pirimikarb	I	C	X	X
etofumesat	H	B	X	X	procymidon	F	A	X	X
fenarimol	F	A	X	X	prokloraz	F	C	X	X
fenitroton	I	A	X	X	propikonazol	F	C	X	X
fenmedifam	H	C	X		propyzamid	H	C	X	X
fenoxaprop-P	H	C	X		prosulfokarb	H	C	X	X
fenpropidin	H	C	X						

Substans	Typ [#]	Grupp*	Regn	Luft	Substans	Typ [#]	Grupp*	Regn	Luft
fenpropimorf	F	C	X	X	quinoxifen	F	B	X	X
florasulam	H	C	X		simazin	H	A	X	X
fluazinam	F	C	X						
fludioxonil	F	C	X		tau-fluvalinat	I	C	X	X
flupyrsulfuronmetyl-Na	H	C	X						
fluroxipyr	H	C	X		terbutryn	H	A	X	X
flurprimidol	TV	A	X						
flurtamon	H	C	X	X	terbutylazin	H	B	X	X
flusilazol	F	B	X		DETA	N		X	X
flutriafol	F	B	X		tolklofosmetyl	F	C	X	X
foramsulfuron	H	C	X						
fuberidazol	F	C	X	X	trifluralin	H	A	X	X
heptaklor	I	A	X	X	vinklozolin	F	A	X	X

[#] = H – herbicid; F – fungicid; I – insekticid; N – nedbrytningsprodukt (alt. biprodukt).

* = A – förbjuden inom EU; B – förbjuden i Sverige, men godkänd inom EU; C – godkänd för användning i Sverige. Anger läget 2010.

Aktuella direktiv, konventioner, miljömål mm

Ramdirektivet för vatten (2000/60/EU), med tillhörande lista över prioriterade substanser (2455/2001/EC). I direktivet 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).

Handlingsprogrammet (SJV Rapport 2008:14) om en hållbar användning av växtskyddsmedel (Jordbruksverket, Kemikalieinspektionen och Naturvårdsverket).

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.

Tillgänglig data är sammanställd i Tabell 2:1. I rapporteringen ingår lufthalter av svaveldioxid (SO₂), kvävedioxid (NO₂) och ammoniak (NH₃) samt våt- och torrdeposition av oxiderat och reducerat kväve (NO_x och NH_x) och oxiderat svavel (SO_x) med och utan havssaltsbidrag. För dessa ämnen beräknas förutom torrdepositionens geografiska variation även torrdeposition till olika marktper. 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 SMHIs karttjänst.

MATCH-Sverige <i>Deposition</i>	SO _x inkl. havssalt	SO _x exkl. havssalt	NO _x	NH _x	Baskatjoner (Ca, Mg, K, Na) inkl. havssalt	Baskatjoner (Ca, Mg, K) exkl. havssalt
Total deposition (våt+torr, Sverige+LRT)	•	•	•	•		
<u>Total våtdeposition</u> (Sverige+LRT)	•	•	•	•	•	•
<u>Total torrdeposition</u> (Sverige+LRT) till:						
-blandad markanvändning		•	•	•		
-åkermark		•	•	•		
-lövskog		•	•	•		
-tall/gran		•	•	•		
-vatten		•	•	•		
<u>Sveriges bidrag till total deposition (våt+torr)</u>		•	•	•		
MATCH-Sverige <i>Halter i luft</i>	SO ₂	NO ₂	NH ₃			

Sveriges bidrag	•	•	•			
Långväga transport	•	•	•			
Totalt	•	•	•			

Halter och deposition av luftföroreningar – Förändring över Sverige från 2010 till 2020 i bidrag från Sverige, Europa och internationell sjöfart.

Syftet med projektet var att framställa en geografiskt upplöst kartläggning av nutid samt förändring till 2020. En sammanställning av data framtaget i projektet framgår av Tabell 2:2. Data finns i ECDS (<http://www.smhi.se/ecds>). Fullständig presentation av projektet och dess resultat presenteras i rapporten *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 rapport i Meteorologi nr 147.*

Tabell 2:2. Sammanställning av inom projektet producerad data. All data är geografiskt fördelade över hela Europa, förutom flödena av torrdeposition till marktyper, som enbart beräknades för ett mindre område täckande Sverige (tabellen är tagen ur Andersson m.fl. 2011).

Typ	Ämne	Geo- grafiskt område	Utsläppsbidrag	Utsläppsår	Meteorologiskt år	Upp- lösning	Tidsskala
Deposition -Våt -Torr -Total (våt+torr)	-Oxiderat svavel -Oxiderat kväve -Reducerat kväve	Europa	-Hela Europa -Sveriges bidrag -Övriga Europas bidrag -Internationell sjöfarts bidrag	-2010 -2020 Förändring 2020-2010	-2003 -2007 -2008	-44 km	-Dygnackumulerad deposition -Deposition ackumulerad till årstotaler och tre-års-medel av årstotaler
	-Havssaltsbidrag av oxiderat svavel		Modellerade naturliga utsläpp av havssalt	-2003 -2007 -2008	Som utsläppsår		
Torrdeposition-flöde till följande marktyper: -pasture -arable -beech/oak -deciduous -spruce/pine -wetland -mountain -urban -water	-Oxiderat svavel -Oxiderat kväve -Reducerat kväve -Havssaltsbidrag av oxiderat svavel	Sverige	-Hela Europa -Sveriges bidrag -Övriga Europas bidrag -Internationell sjöfarts bidrag	-2010 -2020 Förändring 2020-2010 (enbart tre-års-medel)	-2003 -2007 -2008	-44 km -22 km	-Dygnackumulerad deposition -Deposition ackumulerad till årstotaler och tre-års-medel av årstotaler
	-Havssaltsbidrag av oxiderat svavel		Modellerade naturliga utsläpp av havssalt	-2003 -2007 -2008	Som utsläppsår		
Lufthalt	SIA =sulfat, nitrat,	Europa	-Hela Europa -Sveriges bidrag -Övriga Europas	-2010 -2020	-2003 -2007 -2008	-44 km	-Dygnmedelhalt -Månadsmedel -Årsmedel

	ammonium		bidrag -Internationell sjöfarts bidrag	Förändring 2020-2010 (enbart tre- års-medel)			-3-årsmedel -Förändring i tre- års-medel (2020- 2010)
	Marknära ozon		-Hela Europa Effekten av 20% minskning i utsläpp från -Sverige -Övriga Europa -Internationell sjöfart				Ett urval presenteras: -Entimmes- medelvärde -Dygnsmedelvärde -Halvårsmedelvärde -Halvårsmedelvärde av dygnsmax -Sommarhalvårs- medel av dygnsmax 8h-timmarsmedel -Antal överskridande av 120 µg m ⁻³ -AOT40c (maj-jul) -AOT40f (apr-sept) Medel av ovanstående för tre meteorologiska år
	Ett 60-tal ytterligare gaser (t.ex. SO ₂ , NO _x , CO) samt havssalt						-Dygnsmedelvärde

Bilaga 3 Mätstationsindelning för utvärdering av lufthalter

Indelning av mätstationer i sex regioner för redovisning av halter i luft av SO₂-S och NO₂-N 2001-2011.

Region	Station	Mät nät
Norrland – västra	Pålkem Myrberg Högbränna Bredkålen Djursvallen, nedre	LNKN Krondropps nätet Krondropps nätet EMEP LNKN
Norrland – östra	Gammtratten Rickleå Docksta Storulvsjön Jädraås	IM LNKN LNKN Krondropps nätet LNKN
Svealand utan Stockholmsregionen	Blåbärskullen Onsjö ¹⁾ Kindlahöjden Kvisterhult	Krondropps nätet Krondropps nätet IM Krondropps nätet
Svealand – Stockholmsregionen	Sticklinge Ulriksdal ¹⁾ Farstanäs	Krondropps nätet Krondropps nätet Krondropps nätet
Götaland – inlandet	Granan Sjöängen Höka Risebo Fagerhult Aneboda	LNKN LNKN Krondropps nätet Krondropps nätet Krondropps nätet IM
Götaland – kust och Skåne	Hensbacka Gårdsjön Rörvik/Råö Timrilt Rockneby Hoburgen Vavihill Västra Torup Sännen Ottenby	Krondropps nätet IM EMEP Krondropps nätet Krondropps nätet EMEP EMEP Krondropps nätet LNKN Krondropps nätet

1) Mätdata finns endast för NO₂-N

Bilaga 4 Statistisk analys

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

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

Grupp	Parameter	Statistisk signifikans	Total procentuell förändring över hela perioden
norra Sverige	nb_mm		
sydvästra Sverige	nb_mm		
sydöstra Sverige	nb_mm		
norra Sverige	cl_kgha		
sydvästra Sverige	cl_kgha		
sydöstra Sverige	cl_kgha		
norra Sverige	NO3-N_kgha		
sydvästra Sverige	NO3-N_kgha	**	-34
sydöstra Sverige	NO3-N_kgha		
norra Sverige	NH4-N_kgha		
sydvästra Sverige	NH4-N_kgha		
sydöstra Sverige	NH4-N_kgha		
norra Sverige	NO3+NH4 kgha		
sydvästra Sverige	NO3+NH4 kgha		
sydöstra Sverige	NO3+NH4 kgha		
norra Sverige	H+	*	-35
sydvästra Sverige	H+	**	-56
sydöstra Sverige	H+		
norra Sverige	SO4-Sex	*	-36
sydvästra Sverige	SO4-Sex	***	-54
sydöstra Sverige	SO4-Sex	**	-47

Referens

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