

ITM-rapport 91

Kartläggning av inandningsbara partiklar i svenska tätorter och identifikation av de viktigaste källorna

Resultat 1 september 1999 – 31 augusti 2000

**Hans Areskoug, Torbjörn Alesand, Hans-Christen
Hansson, Emma Hedberg, Christer Johansson, Vaclav
Vesely och Ulla Widequist**

ITM Luftlaboratoriet, Stockholms universitet

Tula Ekengren
Naturvårdsverket

Februari 2001

Kartläggning av inandningsbara partiklar i svenska tätorter och identifikation av de viktigaste källorna

Resultat 1 september 1999 – 31 augusti 2000

Hans Areskoug, Torbjörn Alesand, Hans-Christen Hansson, Emma Hedberg,
Christer Johansson, Vaclav Vesely, Ulla Widequist och Tula Ekengren.

Delrapport från ett projekt finansierat av Energimyndigheten, Vägverket och Naturvårdsverket.

I samarbete med Miljö-och byggnadsförvaltningen i Lycksele kommun, Miljökontoret i Umeå kommun, Miljöförvaltningen i Stockholms stad, Miljöförvaltningen i Göteborgs stad, Miljö- och hälsoskyddskontoret i Växjö kommun, Miljöförvaltningen i Malmö stad och Fysiska institutionen vid Lunds Universitet.

Innehåll

1 Inledning 1

 1.1 Mätprogram 1

 1.2 Mätmetod för bestämning av PM₁₀/PM_{2.5}..... 3

2 Resultat PM₁₀ och PM_{2.5}..... 4

 2.1 Statistisk sammanfattning 4

 2.2 Användning av PM₁₀- och PM_{2.5}-resultat för att uppskatta olika källors inverkan..... 5

 2.2.1 Kvoten PM₁₀/PM_{2.5} 5

 2.2.2 Dygnsvariation..... 6

 2.2.3 Variationer under året..... 7

 2.3 Episoder som beror på den storskaliga meteorologin 8

 2.4 Lokala episoder 10

 2.5 Överskridanden av EU's gränsvärden 13

 2.6 Troliga orsaker till överskridanden av EU's gränsvärden för PM₁₀. 15

 2.7 Millenniumfirande – en sällan förekommande partikelkälla 15

Bilaga 1. Datatillgänglighet PM₁₀.

Bilaga 2. Datatillgänglighet PM_{2.5}.

Bilaga 3. Sammanfattande statistik PM₁₀ och PM_{2.5} 1 september 1999 - 31 augusti 2000.

Bilaga 4. 96-timmars bakåtrajektorier för Stockholm 22 - 26 oktober 1999.

1 Inledning

EU:s ministerråd beslöt 1998 att införa gränsvärden för inandningsbara partiklar, PM₁₀. Beslutet innebär bl. a. att medlemsländerna skall mäta partiklar i städer om det finns risk för att gränsvärdena överskrids. Beslutet skall föras in i den svenska lagstiftningen som en miljö kvalitetsnorm knuten till miljöbalken. Naturvårdsverket startade under 1998 arbetet med att ta fram miljö kvalitetsnormer för partiklar (PM₁₀, PM_{2.5}). Vid denna tidpunkt saknades dock ett tillräckligt underlag för att beskriva partikelhalterna på platser där människor stadigvarande vistas. Det underlag som fanns baserades främst på mätningar ovan tak och endast från de större städerna. Institutet för miljöforskning (ITM) vid Stockholms universitet fick därför i uppdrag att förbättra underlaget.

ITM luftlaboratoriet startade därför ett projekt under våren 1999 för att bestämma halterna av inandningsbara partiklar i svenska tätorter och i bakgrundsområden. Projektets syfte är dels att ge en representativ bild av partikelhalterna (PM₁₀ och PM_{2.5}) i de mest belastade delarna av landet, dels att identifiera de viktigaste källorna. Projektet syftar speciellt till att klargöra andelen av partikelhalten som beror på vägtrafik, väghållning, vedeldning och långväga transport. Projektet är finansierat av Naturvårdsverket, Vägverket och Energimyndigheten. Mätningarna skall avslutas i maj 2001 och slutrapporten kommer publiceras under hösten 2001.

1.1 Mätprogram

Partikelhalten mäts på 8 platser med totalt 14 mätstationer, se tabell 1. Två storleksfraktioner bestäms, halten av partiklar mindre än 10 µm (PM₁₀) och halten av partiklar mindre än 2.5 µm (PM_{2.5}). Mätplatserna är valda så att mätningar görs dels i storstäder (Stockholm, Göteborg och Malmö), dels i orter där uppvärmning till största delen sker med småskalig vedeldning (Växjö och Lycksele) och dels på landsbygden där inga lokala partikelkällor förekommer (Vavihill och Aspvreten). Platserna är också valda för att ge en bra geografisk spridning, se Figur 1. I storstäderna sker mätningar dels på trafikerade gator, dels på taknivå, det senare för att visa den urbana bakgrundshalten.

Partiklarnas kemiska sammansättning har undersökts genom kampanjmätningar vid en station med vedeldning (Lycksele), vid en station kraftigt påverkad av trafik (Göteborg-Gårda) och vid bakgrundsstationerna (Vavihill och Aspvreten), se tabell 2. Resultaten från dessa mätningar skall

Plats	Stationstyp	Kommentar
Umeå Storgatan-E4 Stadsbiblioteket	Gata Urban bakgrund	Taknivå i centrum
Lycksele	Urban bakgrund	Påverkad av vedeldning och trafik
Stockholm Hornsgatan Rosenlund	Gata Urban bakgrund	Påverkad av bygge i närheten Taknivå i centrum
Aspvreten	Landsbygd	
Göteborg Gårda-E6 Järntorget Femman	Gata Gata Urban bakgrund	Taknivå i centrum
Växjö	Urban bakgrund	I bostadsområde med vedeldning
Malmö Mätvagn ¹	Gata	Fågelbacksgatan 990316 – 991014 Nobelvägen 991022 – 000406 Kirseberg 000510 - 000911
Lernacken Rådhuset	Urban bakgrund Urban bakgrund	Påverkad av bygget av Öresundsbron Taknivå i centrum
Vavihill	Landsbygd	

1. Resultaten från dessa tre stationer har slagits samman i den fortsatta dataanalysen

Tabell 1 Mätstationer för PM₁₀/PM_{2.5} under kartläggningsprojektet 1999-2001.

utnyttjas för att identifiera de viktigaste källorna med hjälp av multivariata statistiska metoder (som t.ex. principal-komponentanalys och kemisk massbalans).

Mätningarna av PM₁₀ och PM_{2.5} startades under perioden från april till september 1999 och skall fortsätta till den 31 maj 2001. Här redovisas resultaten från mätningarna av PM₁₀ och PM_{2.5} för ett helt års mätningar (från den 1 september 1999 till den 31 augusti 2000). Datatillgängligheten för PM₁₀ och PM_{2.5} på de olika stationerna visas i bilaga 1 och 2. Analysen och utvärderingen av den kemiska karakteriseringen är inte färdiga f.n. (februari 2001) och kommer rapporteras separat.

I ett examensarbete (E. Hedberg, Meteorologiska institutionen, Stockholms Universitet) studerades möjligheten att använda förhållandet mellan kolisotoperna ¹³C och ¹²C i aerosolpartiklar för att kunna kvantifiera de relativa bidragen från vedeldning och förbränning av fossila bränslen. Analys av prover tagna direkt från källorna visade dock att isotopförhållandena vid vedeldning resp. fossil förbränning inte var signifikant skilda från varandra, varför metoden ej kan användas.



Figur 1. Stationsplacering

Kemisk förening	Provtagningsperiod och frekvens	Analytisk metod/analytiskt laboratorium
Grundelement Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb, As m.fl.	Period: 15 januari – 1 maj 2000 Provlängd: 12 h (Lycksele, Göteborg), 24 h (Vavihill)	PIXE (Proton Induced X-Ray Emission). Analys av Kärnfysik, Fysiska institutionen vid Lunds universitet
Polyaromatiska kolväten: Standard PAH's + 2-3 specifika för vedeldning	Period: Lycksele och Göteborg -25 januari – 5 februari 2000, 10 dagar i april 2000. Aspvreten – 10 dagar i februari - mars 2000. Provlängd: 12 h (Lycksele, Göteborg), 24 h (Aspvreten)	GC-MS. Analys av Miljölaboratoriet i Nyköping AB och Institutionen för Analytisk Kemi vid Stockholms Universitet
Aromater, alkaner C9-C16	Se ovan.	GC-MS. Analys av Institutet för tillämpad miljöforskning (ITM)
Organiska syror, aldehyder, guaiacol och levoglucosan (spårämnen för vedeldning)	Se ovan.	GC-MS. Analys av Institutet för tillämpad miljöforskning (ITM)

Tabell 2 Kemisk karakterisering av partiklar i Lycksele, Göteborg, Vavihill och Aspvreten under våren 2000.

1.2 Mätmetod för bestämning av PM₁₀/PM_{2.5}

Mätningarna av PM₁₀/PM_{2.5} genomförs med s.k. TEOM-instrument som kontinuerligt bestämmer halten partiklar i luften. Resultaten sparas som timmedelvärden. En kortfattad beskrivning av metoden ges i Textruta 1.

Flertalet av de TEOM-instrument som används i denna undersökning har utrustats med ett speciellt insug som växelvis provtar de båda storleksfraktionerna. Växling mellan de båda fraktionerna sker var 15 minut. Växlingen ger en störning under några minuter som måste tas bort vid beräkningen av timmedelvärdena. Detta innebär att varje timmedelvärde av PM₁₀/PM_{2.5} baseras på c:a 25 minuters mätning. Enskilda timmedelvärden är därför mer osäkra än i den ursprungliga TEOM-metoden med bara ett insug. Med utgångspunkt från tillverkarens uppgifter för precisionen i normalutförandet kan precisionen på de här uppmätta timmedelvärdena beräknas till bättre än 5 µg/m³. Precisionen för dygnsdata blir då c:a 1.5 µg/m³.

TEOM-tekniken skiljer sig från den referensmetod för PM₁₀ som har rekommenderats i Europa. I referensmetoden samlas partiklarna in på ett filter under en viss tid, ofta 24 timmar, och vägs efter provtagningen manuellt. Vägningen både före och efter provtagningen görs efter att filtret konditionerats vid 20 °C och 50% relativ fuktighet. Det finns f.n. ingen referensmetod för PM_{2.5}, men det är högst troligt att en metod som är identisk med referensmetoden för PM₁₀, förutom att insuget kommer provta PM_{2.5}-partiklar istället för PM₁₀-partiklar, kommer bli standard.

TEOM-tekniken skiljer sig från referensmetoden främst genom att det filter som används för att samla in partiklarna värms upp till en valfri temperatur, ofta 50 °C. Uppvärmning görs för att partiklarna skall bli torra vilket ger att instrumentet ger en mindre brusig utsignal. Uppvärmningen kan dock också medföra att flyktiga partikelbundna organiska ämnen och ammoniumnitrat avdunstar. Detta kan leda till att partikelhalten undervärderas i jämförelse med referensmetoden i de fall då halten av organiska lättflyktiga ämnen och/eller ammoniumnitrat är hög. Tillverkaren av TEOM-instrumenten rekommenderar en omräkningsalgoritm så att

$$PM(\text{ref}) = 1,03 \times PM(\text{TEOM}) + 3 \mu\text{g}/\text{m}^3.$$

Denna faktor har tagits fram i USA genom jämförelse mellan TEOM-instrumentet och referensmetoden. Det bör dock påpekas att andra faktorer också används. I Storbritannien rekommenderas att TEOM-resultaten beräknade enligt formeln ovan räknas upp med ytterligare 30% för att få överensstämmelse med referensmetoden vid halter runt 50 µg/m³ (som är det föreslagna riktvärdet i Storbritannien).

På orter med vedeldning har än större avvikelser uppmäts. Vid mätningar i USA i ett område med mycket vedeldning gav TEOM 35 – 45% lägre halter än referensmetoden. Detta kan speciellt påverka resultaten från Lycksele och i viss mån Växjö.

Norsk Institutt for Luftforskning (NILU) genomför för närvarande (februari 2001) en ambitiös studie där olika i Norden kommersiellt tillgängliga partikelmätare, bl.a. TEOM, jämförs med referensmetoden. Jämförelsen görs i flera olika miljöer, t.ex. på orter med vedeldning, på landsbygd och i tätorter dominerade av trafik. Resultaten från den undersökningen kommer ge bättre underlag för

Textruta 1

Kortfattad beskrivning av TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance)

Provluffen, vars halt av partiklar skall bestämmas, passerar först ett insug som provtar partiklar mindre än en viss aerodynamisk storlek. Normalt används 10 µm- eller 2.5 µm-insug, som då provtar PM₁₀ respektive PM_{2.5}.

Provluffen värms därefter upp för att eventuell fukt skall drivas av innan den passerar ett filter placerat på toppen av ett ihåligt smalt glassrör. Detta rör svänger med sin egenfrekvens. Egenfrekvensen är proportionell mot massan av glasröret plus filtret. Allteftersom partiklar ansamlas på filtret ökar massan och egenfrekvensen ändras. Genom att mäta ändringen av egenfrekvensen under en viss tid kan alltså massan av de partiklar som samlats in bestämmas. Halten kan sedan beräknas då luftflödet, och därmed luftvolymen, också mäts.

ev. omräkningsfaktorer. I denna undersökning har den av tillverkaren rekommenderade algoritmen använts, se dock kapitel 2.5.

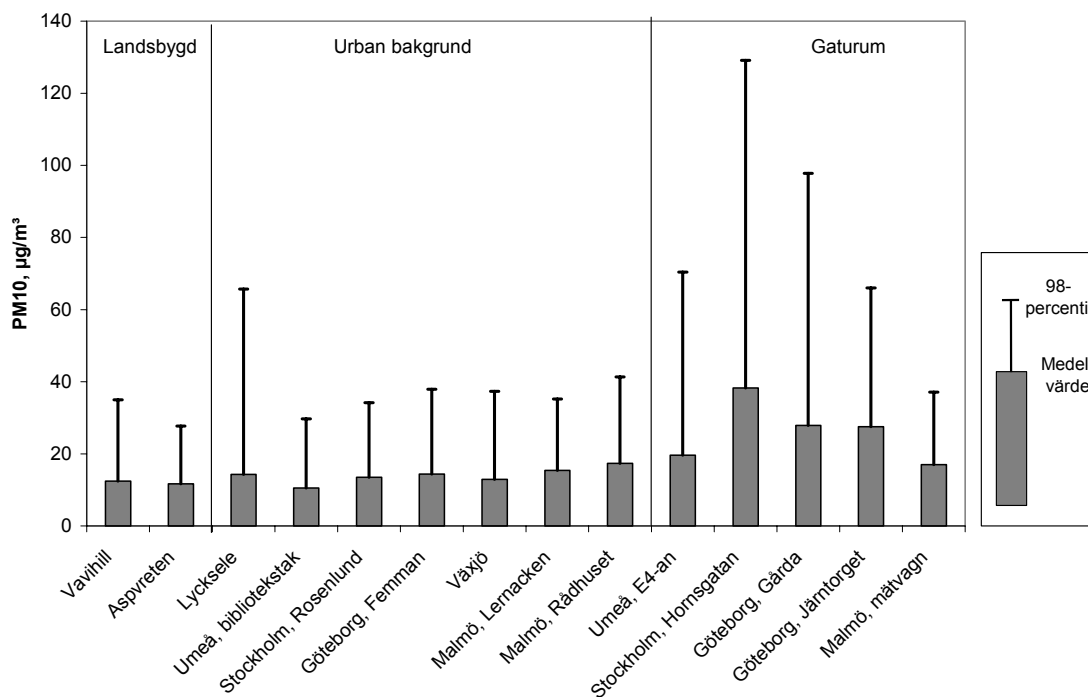
Orsaken till att vi har valt att använda TEOM-metoden istället för referensmetoden i denna undersökning är dels att det har gett möjlighet att använda de instrument som redan fanns i de större svenska kommunerna, dels TEOM-metodens förmåga att kontinuerligt registrera partikelhalten vilket ger möjlighet att studera t.ex. dygnsvariationen. Detta gör att det är möjligt att bättre studera betydelsen av källor vars källstyrka varierar under dygnet.

2 Resultat PM₁₀ och PM_{2.5}

2.1 Statistisk sammanfattning

Då de PM₁₀- och PM_{2.5}-data som resultatsammanfattningarna nedan är baserade på är preliminära och kan ev. ändras efter ytterligare datagenomgång är alla resultat som presenteras här också preliminära. Några förändringar av data är dock inte troliga, förutom för data från Malmöstationerna där felaktiga inställningar av TEOM-instrumentet har lett till att de uppmätta PM₁₀-halterna har blivit något för höga och PM_{2.5}-halterna något för låga.

PM₁₀-halten (medelvärdena) i den urbana och lantliga bakgrunden är i samma storleksordning, 10 – 17 µg/m³, se figur 2 och bilaga 3. De lägsta halterna uppmäts i norra Sverige. Extremhalterna av PM₁₀, 98-percentilerna¹, är dock högre i den urbana bakgrunden (30 – 65 µg/m³) än på landsbygden (25 – 35 µg/m³). Detta visar att den urbana bakgrunden normalt är relativt opåverkad av de lokala källorna, och påverkas signifikant av de närliggande källorna endast vid vissa tillfällen. Detta gäller speciellt i Lycksele, där 98-percentilen är betydligt högre än på övriga urbana bakgrundsstationer. I gatumiljö är PM₁₀-halterna högre. Medelvärdena är mellan 17 - 40 µg/m³ och 98-percentilen 40 – 130 µg/m³.

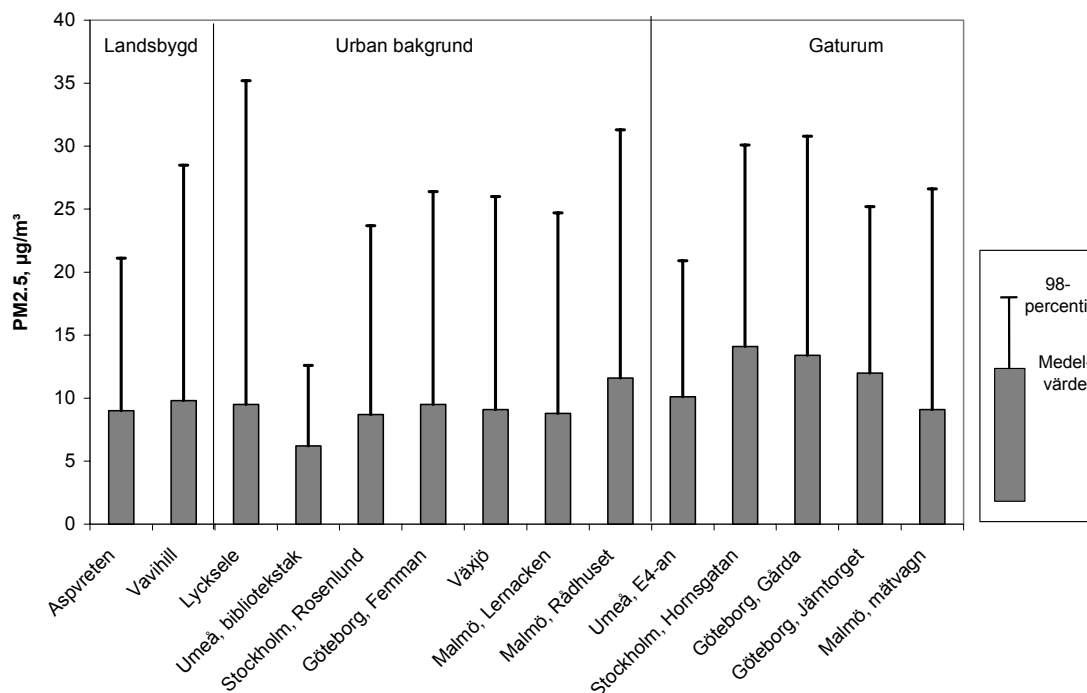


Figur 2. PM₁₀. Medelvärden och 98-percentil av dygnsmedelvärden 1 september 1999 – 31 augusti 2000

PM_{2.5}-halterna är relativt likartade på alla stationer oberoende av stationstyp se figur 3 och bilaga 3. Medelhalten är 6 – 12 µg/m³ på landsbygden och i den urbana bakgrunden. Det lägsta medelvärdet uppmäts i Umeå. I gatumiljö är halterna bara obetydligt högre än i bakgrunden, 9 – 14 µg/m³.

¹ 98-percentil av dygnsdata = 98 procent av de uppmätta dygnsmedelvärdena är lägre än denna halt.

98-percentilerna av dygnsmedelvärdena av PM_{2.5} är mellan 20 – 31 µg/m³ på 12 av de 14 stationerna och är i samma storleksordning oberoende av stationstyp (bakgrund, urban bakgrund resp. gaturum). På den urbana bakgrundsstationen i Umeå är dock 98-percentilen betydligt lägre, 13 µg/m³; i Lycksele något högre, 35 µg/m³.



Figur3. PM_{2.5}. Medelvärden och 98-percentil av dygnsmedelvärden 1 september 1999 – 31 augusti 2000

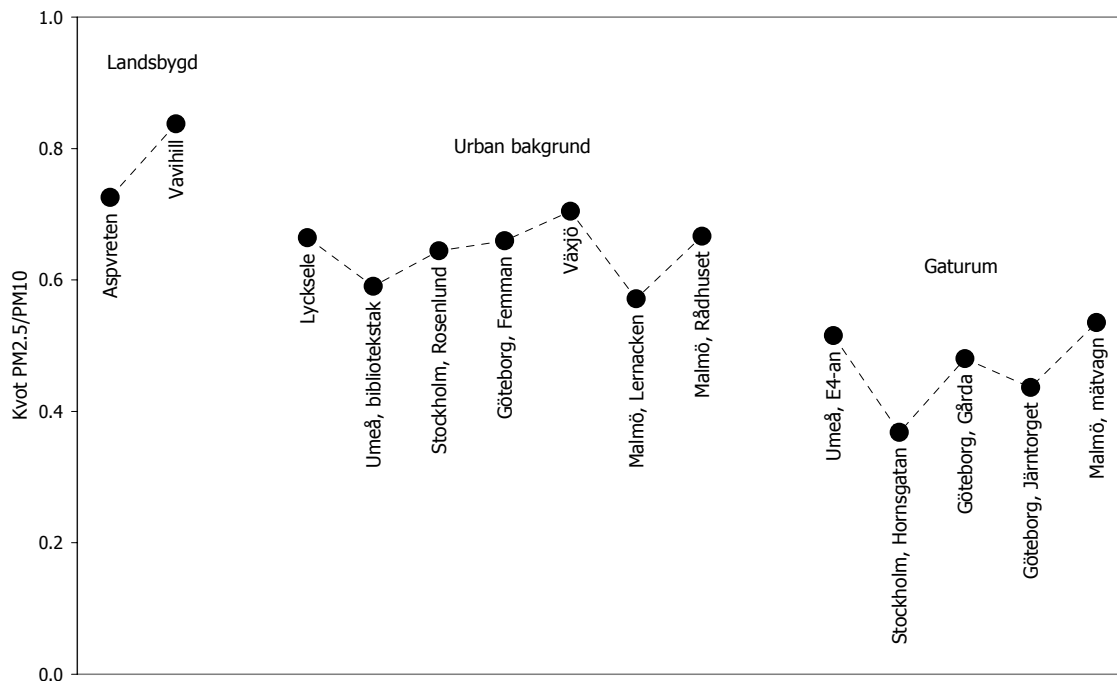
2.2 Användning av PM₁₀- och PM_{2.5}-resultat för att uppskatta olika källors inverkan

Genom att studera kvoten mellan uppmätta halter av PM₁₀ och PM_{2.5}, haltvariationer under dygnet, och under året kan man göra en bedömning av olika källors betydelse för halten partiklar i luften.

2.2.1 Kvoten PM₁₀/PM_{2.5}

Landsbygden domineras av långväga transport av partiklar. Då uppehållstiden för stora partiklar är betydligt kortare än för små, kommer andelen grova partiklar vara relativt låg. På Aspvreten och Vavilhill utgör den fina fraktionen PM_{2.5} ungefär 80% av PM₁₀, se figur 4. Städerna påverkas betydligt mer av källor som ger stora partiklar, t.ex. uppvirvling av damm p.g.a. trafik. I gatumiljön utgör PM_{2.5} 40 – 60% av PM₁₀ i genomsnitt under året, i den urbana bakgrunden som inte är lika påverkade av de lokala källorna är andelen PM_{2.5}-partiklar 60 – 70% av PM₁₀.

Kvoten PM_{2.5}/PM₁₀ varierar dock kraftigt under dygnet, se kapitel 2.2.2, och under året, se kapitel 2.2.3, speciellt i gaturummet.



Figur 4. Kvoten PM2.5/PM10 på landsbygden, i den urbana bakgrunden och i gaturummet.

2.2.2 Dygnsvariation

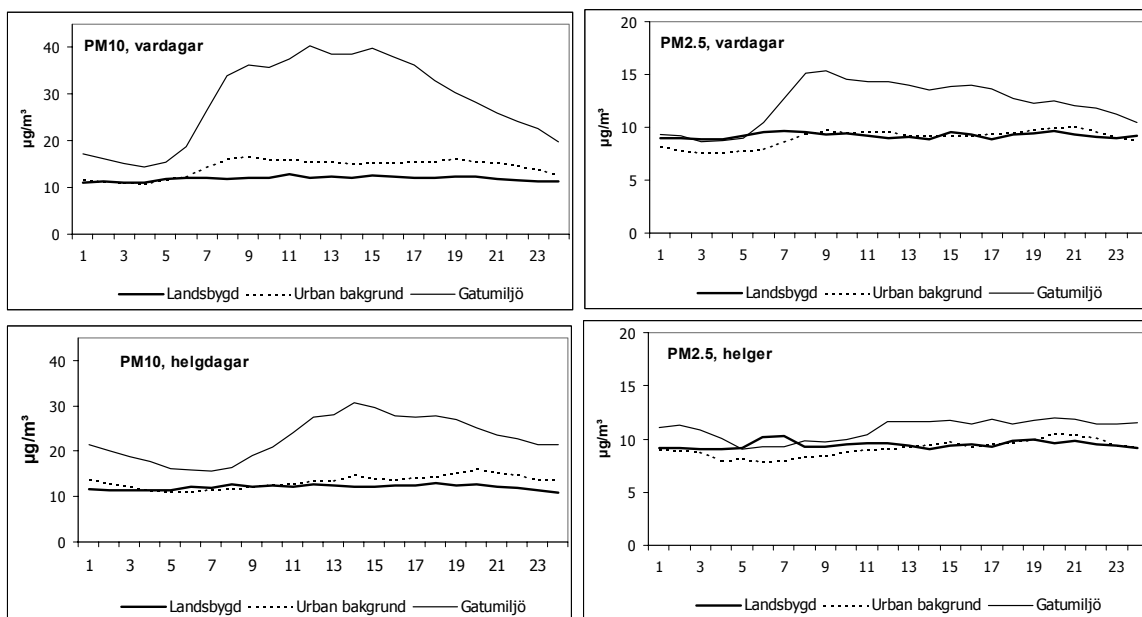
PM₁₀: På landsbygden varierar inte halterna av partiklar mycket under dygnet, men i gatumiljö är variationen av PM₁₀ betydligt kraftigare, se figur 5. Under morgontimmarna är PM₁₀-halten ungefär fem µg/m³ högre på gatan än på landsbygden¹. Mitt på dagen är halterna ungefär 30 µg/m³ högre under vardagar och ungefär 20 µg/m³ under helger. PM₁₀-halten stiger relativt snabbt under vardagsförmiddagarna, men betydligt långsammare under helgerna. Förändringen av halter speglar väl skillnaden i trafikrytm mellan vardagar och helger. Det lokala bidraget ökar dygnsmedelvärdet av PM₁₀-halten med 17 och 11 µg/m³ under vardagar resp. helger jämfört med halterna på landsbygdsstationerna.

Den urbana bakgrunden, dvs. ofta taknivå i städernas centrum, påverkas mycket lite av utsläppen i gatunivå. Under de tidiga morgontimmarna är PM₁₀-halterna på landsbygd och i den urbana bakgrunden i stort sett lika, under dagtid är PM₁₀ som mest ung. 5 µg/m³ högre i den urbana bakgrunden än på landsbygden. Det lokala bidraget ökar dygnsmedelvärdet av PM₁₀-halten i taknivå med knappt 3 och drygt 1 µg/m³ under vardagar resp. helger.

PM_{2.5}: PM_{2.5} har inte alls samma dygnsvariation som PM₁₀. Det är bara under vardagar och i gatunivå någon tydlig dygnsvariation kan ses. Som mest är gatuhalterna ung. 5 µg/m³ högre än på landsbygden. Det lokala bidraget i gatunivån ökar dygnsmedelvärdet av PM_{2.5} med 3 och 1½ µg/m³ under vardagar resp. helger.

På landsbygden och i den urbana bakgrunden är halterna i stort sett identiska. Det är t.o.m. så att halterna i den urbana bakgrunden är något lägre än på landsbygden under morgontimmarna. Detta kan bero på urvalet av stationer för att beräkna medelvärden för landsbygd och urban bakgrund, se fotnoten nedan.

¹ Här har skillnaden mellan medelvärden av halter uppmätta på de stationer som klassificerats som landsbygdsstationer, urbana bakgrundsstationer och gaturumsstationer, Tabell 1, använts för att beräkna det lokala bidraget från staden. Riktigare vore att använda landsbygdsvärden från de olika städernas närhet för att bedöma det lokala bidraget. Landsbygdsstationerna Aspvreten och Vavihill ligger båda i södra Sverige, varför den landsbygdshalt som det lokala bidraget beräknats från ovan är något för hög för stationerna i norra Sverige (Lycksele och Umeå). Detta ger en troligen en viss undervärdering av det lokala bidraget i avsnittet ovan.



Figur 5. Dygnsvariation av PM10 och PM2.5 under vardagar och helger på landsbygden, i den urbana bakgrunden och i gaturummet.

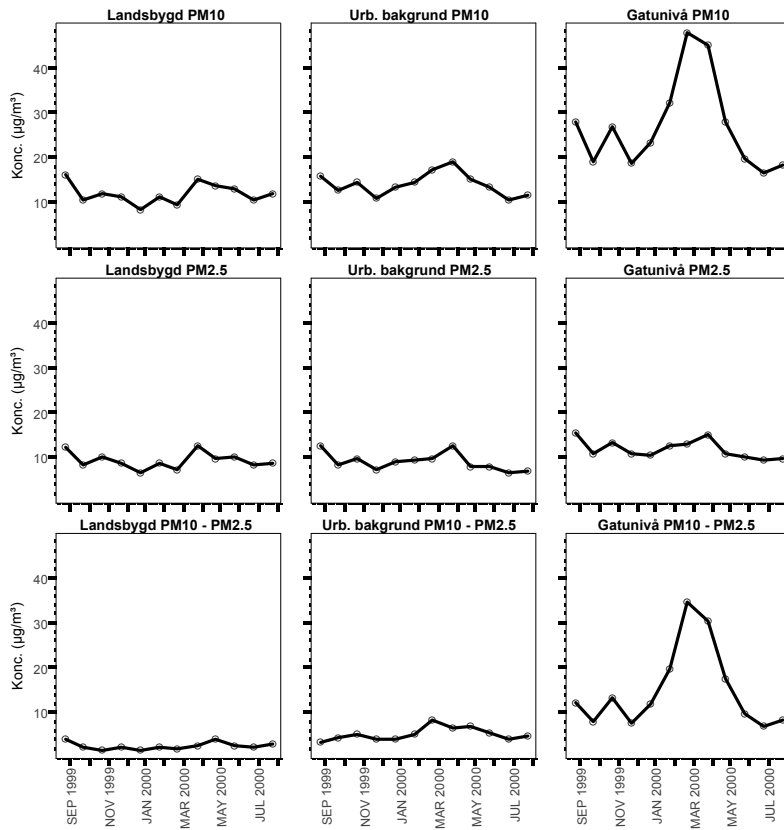
2.2.3 Variationer under året

Genom att studera variationerna under året kan man få reda på mycket om vilka källor som bidrar till halten partiklar. I figur 6 visas månadsmedelvärdena av PM₁₀, PM_{2.5} samt för fraktionen PM₁₀ – PM_{2.5}, det vill säga den andel av PM₁₀ som består av de grova partiklarna, för de olika typerna av stationer från september 1999 t.o.m. augusti 2000.

PM₁₀-halten i gatunivå stiger kraftigt under perioden februari till maj 2000. Det framgår också att denna ökning nästan helt kan förklaras av att halten av de grova partiklarna, PM₁₀ – PM_{2.5}, ökar under samma period. Detta stödjer teorin att denna ökning beror på att partiklar som samlats under vintern p.g.a. vägslitage och sandning virvlas upp av trafiken, resuspenderas, när vägarna torkar upp under våren. I perioden april – maj städas gatorna och halterna sjunker igen. Det ger också en indikation på hur mycket en tidigarelagd städning av gatorna under våren kan minska halterna.

Ur figuren framgår att halten PM_{2.5}-halten i stort sett är lika på landsbygden och i den urbana bakgrunden och bara något högre i gatunivå. Man kan också notera att månadsmedelvärdena av PM_{2.5} varierar på ungefär samma sätt oberoende av stationstyp. T.ex. uppmättes de högsta halterna i september 1999 och april 2000 på alla stationstyper. Detta kan tolkas så att PM_{2.5}-källan i huvudsak är densamma i alla tre fallen, det vill säga den långväga transporten.

Resultaten visar också att halten av de grova partiklarna, PM₁₀ – PM_{2.5}, är låg på landsbygden, och att månadsmedelvärdena är ungefär desamma under mätperioden. I den urbana bakgrunden är halten av de grova partiklarna något förhöjd under perioden mars till maj 2000, vilket kan förklaras genom att en del av de partiklar som emitteras i gatunivå under denna period sprids till den urbana bakgrunden, vilket i detta fall mestadels betyder taknivå i centrum av städerna.



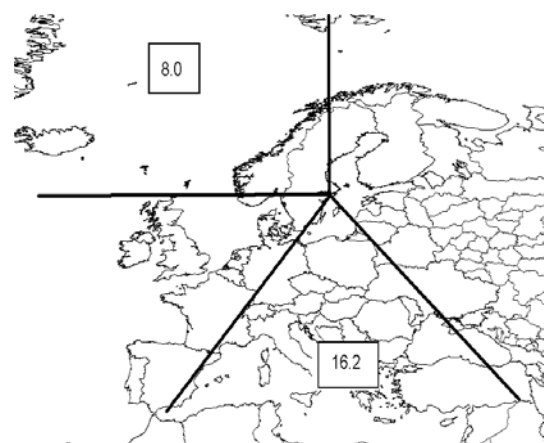
Figur 6. Månadsmedelvärden av PM10, PM2.5 och PM10 – PM2.5 på olika typer av stationer september 1999 t.o.m. augusti 2000.

2.3 Episoder som beror på den storskaliga meteorologin

Partikelhalterna i den urbana bakgrunden och på landsbygden består till stor del av långväga transport av partiklar som i stor utsträckning bestäms av den storskaliga meteorologin. Om luften transporterats från förorenade områden i Centraleuropa stiger halten av partiklar i luften samtidigt i stora delar av Sverige; om luft transporterats från renare områden norr och väster om Sverige sjunker halten.

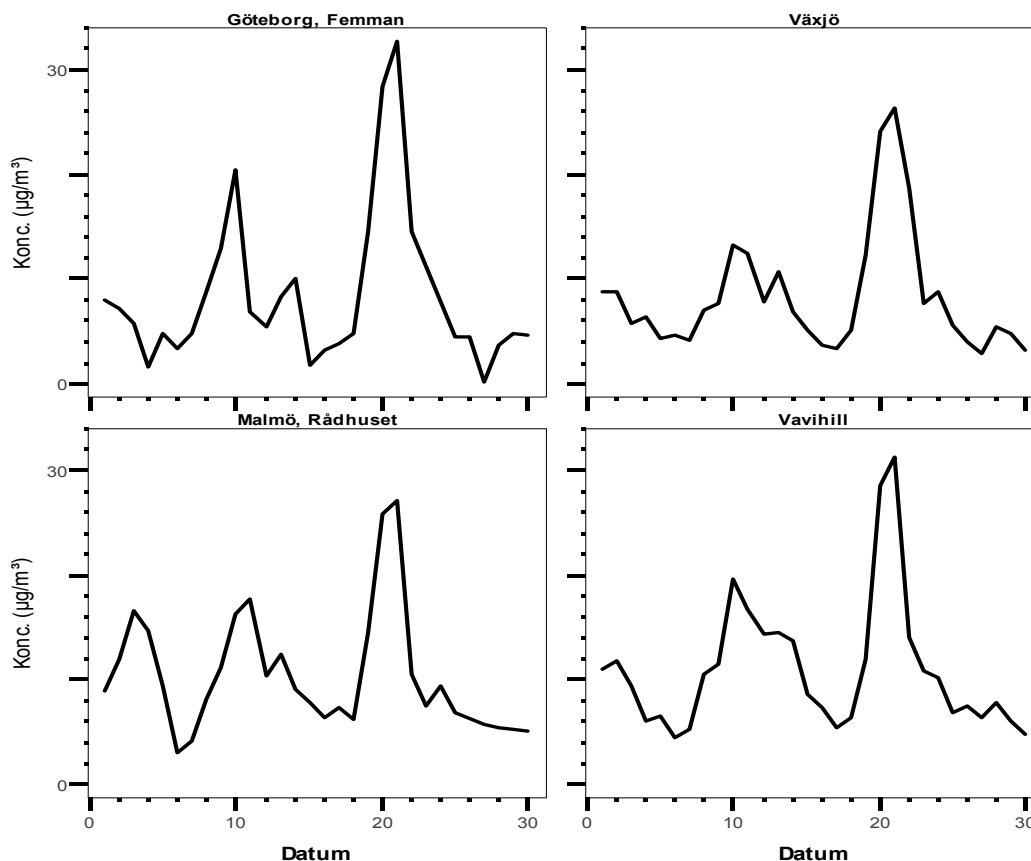
De luftmassor som har passerat Aspvreten under perioden 1 september 1999 och 31 augusti 2000 har klassificerats med avseende på sitt ursprung. I de fall då trajektorierna¹ för de fyra föregående dygnet befunnit sig i ett område nordväst om Aspvreten med få antropogena partikelkällor har ursprunget klassificerats som rent, i de fall då trajektorierna

passerat Centraleuropa har ursprunget klassificerats som förorenat, se figur 7. Klassificeringen är baserad på en trajectoria med ankomst till Aspvreten kl. 12:00



Figur 7. Dygnsmedelvärden av PM10 (µg/m³) på Aspvreten beroende på luftens ursprung under perioden 1 september 1999 – 31 augusti 2000.

¹ En trajectoria är en beräkning av vilken väg luften transporterats till eller från en plats vid en viss tidpunkt. Exempel på några trajektorier finns i bilaga 4.



Figur 8. Dygnsmedelvärden av PM_{2.5} på några stationer i Sydsverige juni 2000.

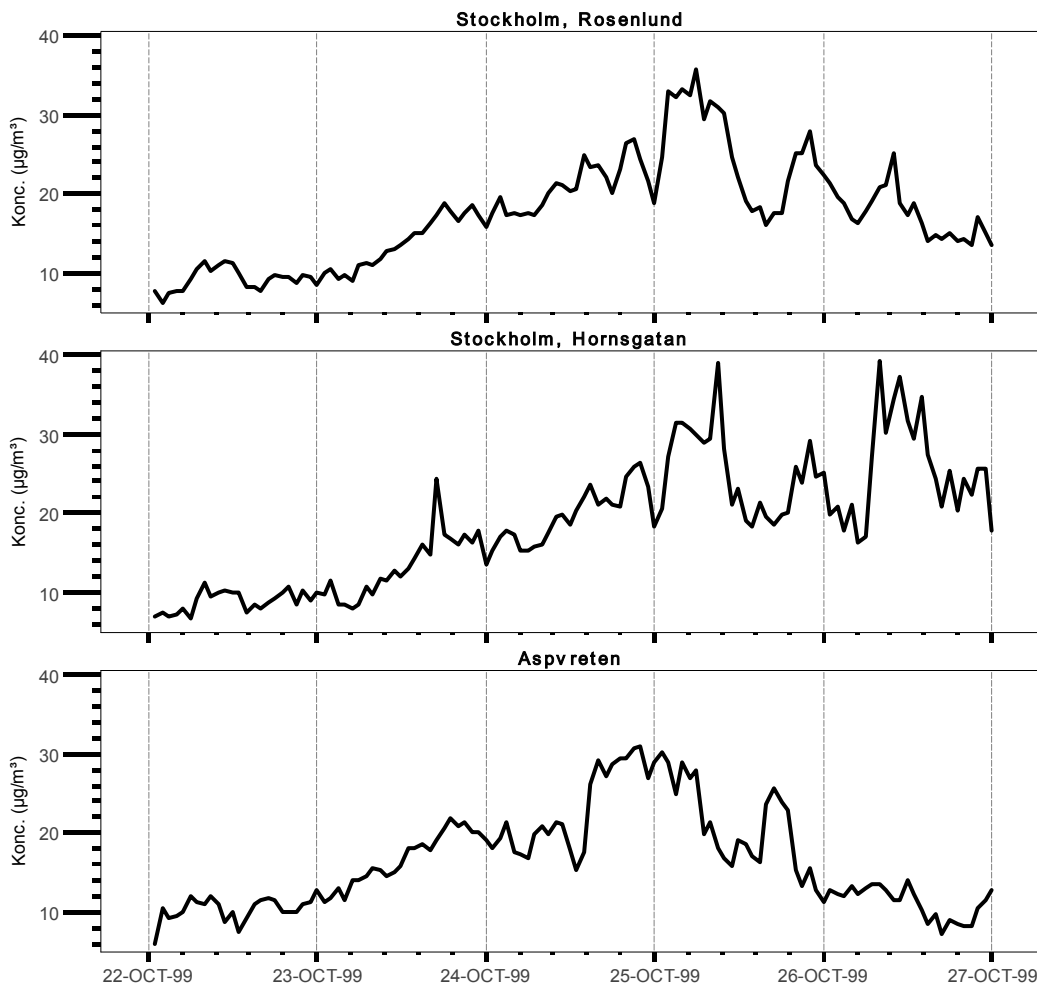
varje dag. I de fall luften har ett 'rent' ursprung är medelvärdet av PM₁₀-halten 8,0 µg/m³; om luften kommer från Centraleuropa är PM₁₀-halten dubbelt så hög, 16,2 µg/m³.

Att halten av framförallt de fina partiklarna, PM_{2.5}, är mycket beroende av den storskaliga meteorologin framgår tydligt av figur 8, som visar dygnsmedelvärden av PM_{2.5} på några av mätstationerna i Sydsverige under juni 2000. Runt den 10 och 20 stiger halten på samtliga stationer vilket kan förklaras med att luften under dessa perioder hade transporterats från Centraleuropa till mätstationerna.

TEOM-instrumentens förmåga att mäta partikelhalten kontinuerligt ger en möjlighet att studera episoder mer i detalj. I figur 9 visas halten av PM_{2.5} på tre stationer i Stockholmstrakten; Aspvreten, Rosenlund och Hornsgatan under tiden 22 – 27 oktober 1999. I början av episoden hade luften som passerade Stockholmstrakten sitt ursprung i norra Ryssland vilket gav relativt låga halter, se bilaga 4. Den förorenade luft som passerade i mitten av episoden kom däremot från Centraleuropa. Mot slutet av episoden då luften kom från Atlanten sjönk halten igen.

Man kan notera en mycket god korrelation mellan halterna på de olika stationerna framförallt under de fyra första dagarna. Det framgår också att den förorenade luften nådde Aspvreten innan den kom till Stockholm. Detta är speciellt tydligt den 24 då PM_{2.5}-halten på Aspvreten stiger från 15 till nästan 30 µg/m³ på ett par timmar mitt på dagen. Ungefär samma ökning av halten sker i Stockholm ungefär 12 timmar senare. Den 25 inträffar på samma sätt en 'topp' några timmar tidigare på Aspvreten än i Stockholm.

Av figuren framgår också den i allmänhet mycket goda överensstämmelsen mellan halterna i taknivå (Rosenlund) och i gatunivå (Hornsgatan) i Stockholm vilket visar hur stor betydelse långdistanstransporten av partiklar har för PM_{2.5}-halten även i gatumiljön.



Figur 9. Timmedelvärden av PM_{2.5} på tre stationer i Stockholmstrakten 22 – 27 oktober 1999.

2.4 Lokala episoder

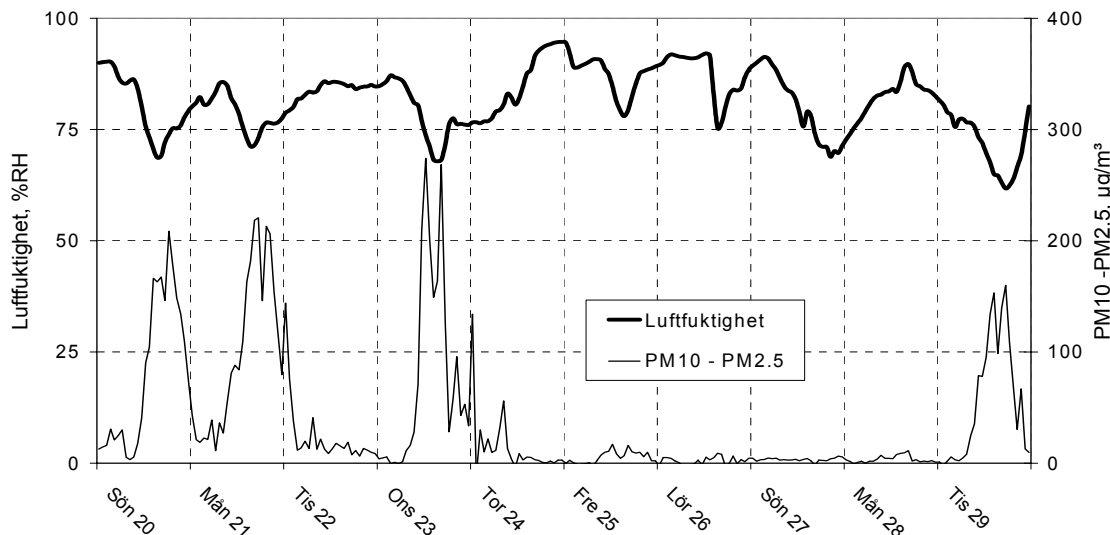
Två typer av lokala episoder har noterats under mätningarna:

- Höga halter av främst PM₁₀ p.g.a. uppvirvling av damm på gatustationerna
- Höga halter av både PM₁₀ och PM_{2.5} p.g.a. lokala källor och inversion främst i Lycksele

Som visats ovan, se kapitel 2.2.3, kan uppvirvlingen av damm ge mycket höga halter under vårmånaderna. På gatustationerna på Hornsgatan i Stockholm, Gårda i Göteborg och på Storgatan i Umeå har timmedelvärden på 400 – 500 µg/m³ uppmätts.

Halten partiklar styrs av trafikmängd, trafiksammansättning, hastighet och körsätt, andelen dubbdäck, om friktionsmaterial används och när gatorna sist städades. Dessutom påverkar vägbanans fuktighet, vindhastighet och vindriktning samt gaturummets utformning. Gator med höga hus längs båda sidorna har högre halter än då det är öppen terräng runt vägen. Se illustrationen i figur 10 där halten av grova partiklar (PM₁₀ – PM_{2.5}) på Hornsgatan i Stockholm och den relativa luftfuktigheten på en närbelägen meteorologisk station under perioden 20 – 29 februari 2000 visas.

Man kan notera den mycket stora variationen av de grova partiklarna och att luftfuktigheten sjunker till under 75% vid alla tillfällen då halterna är höga (på eftermiddagarna den 20, 21, 23 och 29). Man



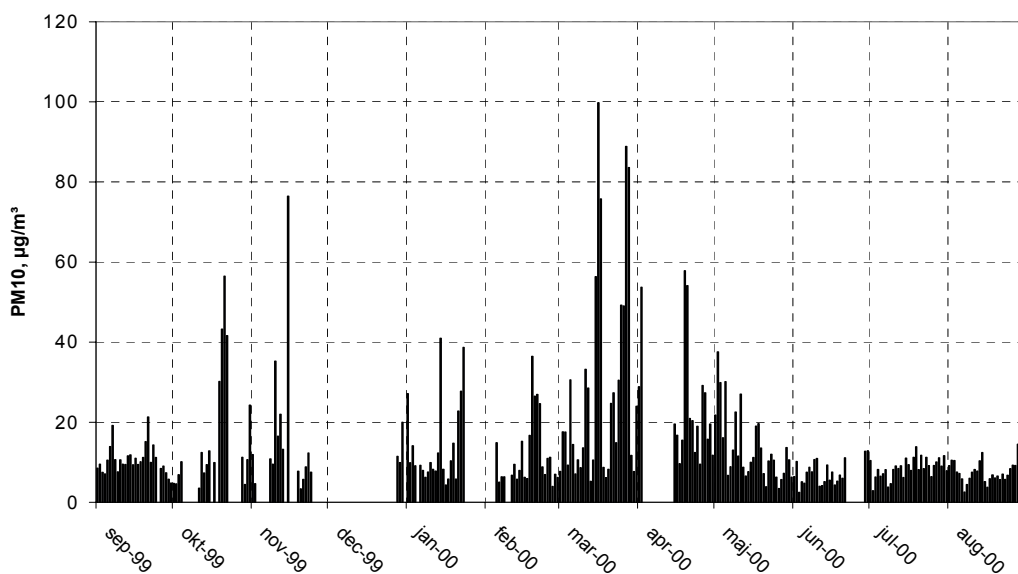
Figur 10. Luftfuktighet och grova partiklar (PM₁₀ – PM_{2.5}) på Hornsgatan 20 – 29 februari 2000.

kan också notera att en låg luftfuktighet i sig inte automatiskt ger höga partikelhalter; den 27 sent på kvällen är luftfuktigheten c:a 70% men detta ger inte någon förhöjning av koncentrationen av de grova partiklarna.

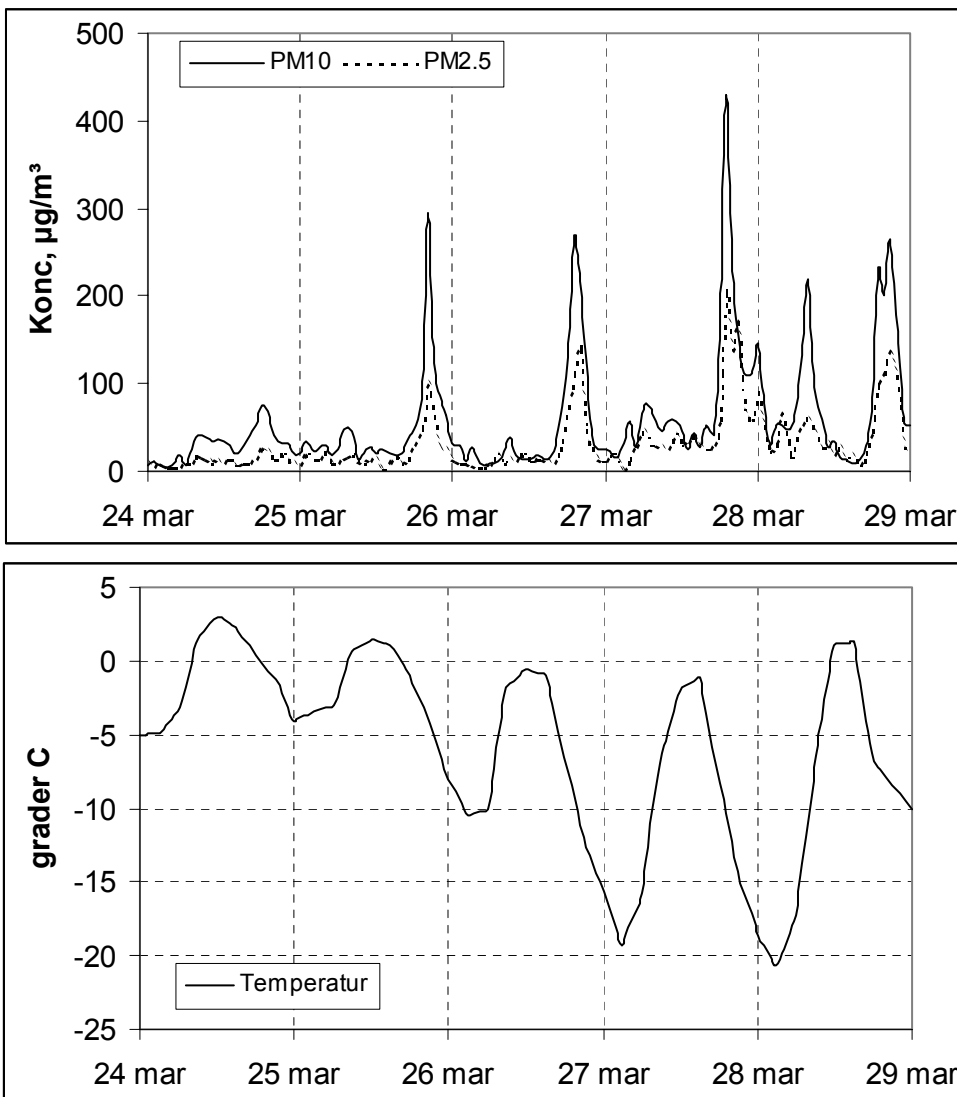
En annan typ av episoder har observerats i Lycksele. Under sommarhalvåret är halterna av PM₁₀ och PM_{2.5} normalt låga, se figur 11. Under vinterhalvåret kan dock halterna stiga till betydligt högre halter. Dagnsmedelvärdena kan vid dessa tillfällen bli ända upp mot 100 µg/m³. Orsaken till de höga halterna är en kombination av kraftig inversion och utsläpp från lokala källor som avgaser från trafik och vedeldning.

Under de dygn då halterna är höga i Lycksele varierar koncentrationen kraftigt under dygnet. Detta framgår av figur 12 som visar sambandet mellan halterna av PM₁₀ och PM_{2.5} och temperaturen under en period i slutet av mars 2000.

På kvällarna den 25 – 29 mars stiger partikelhalterna från c:a kl. 17.00 till strax före midnatt till mycket höga värden, som högst 3 – 400 µg/m³ vid 19 – 20-tiden. Detta sker samtidigt som en



Figur 11. Dagnsmedelvärden av PM₁₀ i Lycksele 1 september 1999 – 31 augusti 2000



Figur 12. PM₁₀, PM_{2.5} och temperatur i Lycksele 24 – 29 mars 2000.

inversion bildas vilket visas av att temperaturen faller från runt noll grader vid tretiden till minus 10 – 20 grader strax efter midnatt. På morgonen den 28 sker också en kraftig ökning; de övriga morgnarna under perioden ökar dock halterna inte nämnvärt.

Den kraftiga ökningen på kvällarna, då inversionen bildats, beror troligen på utsläppen från någon/några källor ökar kraftigt under kvällarna. Tänkbara huvudkällor är vägtrafik och/eller vedeldning. Den hittills utförda kemiska karakteriseringen har inte kunnat peka ut någon huvudkälla.

2.5 Överskridanden av EU's gränsvärden

EU beslöt 1998 att införa gränsvärden för partiklar i utomhusluften. I ett första steg som skall gälla från 2005 införs ett dygnsmedelvärde för PM₁₀ på 50 µg/m³ som inte får överskridas fler än 35 gånger per år (vilket ungefär motsvarar 90-percentilen). I ett andra steg, som skall gälla från 2010 införs preliminärt ett helårsmedelvärde på 20 µg/m³, medan dygnsmedelvärdet skärps; gränsvärdet 50 µg/m³ får högst överskridas sju gånger per år (98-percentil). De värden som skall gälla från 2010 skall omvärderas baserat på den nya kunskap som erhålls dels m.a.p. partiklars hälsoeffekter, dels p.g.a. resultaten från den ökande övervakningen av partiklar som blir resultat av införandet av gränsvärden i steg 1. För PM_{2.5} införs inga gränsvärden för närvarande.

Institutet för miljömedicin (IMM) vid Karolinska institutet, har föreslagit än strängare värden för PM₁₀. IMM föreslår 15 µg/m³ som helårsmedelvärde och 30 µg/m³ som högsta dygnsmedelvärde. Dygnsmedelvärdet skall betraktas som ett högsta värde som inte bör överskridas vid något tillfälle

EU's gränsvärde för helår gällande från 2005 överskrids inte på någon station, se bilaga 3. IMM's föreslagna helårsmedelvärde överskrids på samtliga gatustationer och på bakgrundsstationerna i Malmö.

På alla stationer är dygnsmedelvärdet över IMM's riktvärde vid några tillfällen, se tabell 3. Om den föreslagna faktorn på 1.3, se kapitel 1.2, används för att räkna om de av TEOM uppmätta värdena för att få överensstämmelse med den föreslagna europeiska referensmetoden kan man notera att IMM's riktvärde överskrids mycket ofta på gatustationerna. På Hornsgatan t.ex. överskrids riktvärdet under 85% av årets dygn.

Om på samma sätt faktorn 1.3 används vid jämförelse med EU's gränsvärden kan man konstatera att riktvärdet för dygnsvärden som skall gälla från 2005 överskrids på gatustationerna i Stockholm och Göteborg. Det strängare EU-värdet som skall gälla från 2010 överskrids dessutom på gatustationen i Umeå, på bakgrundsstationen i centrala Malmö och i Lycksele.

Station – typ och plats		Antal dygn över 30 µg/m ³ (IMM's riktvärde)		Antal dygn över 50 µg/m ³ (EU's gränsvärde)		N
		TEOM	TEOM x 1.3	TEO M	TEOM x 1.3	
Bakgrund	Aspvreten	4	16	0	1	307
	Vavihill	10	19	0	0	202
Urban bakgrund	Lycksele	32	54	12	21	277
	Umeå, bibliotekstak	6	17	2	3	296
	Stockholm, Rosenlund	13	39	0	4	355
	Göteborg, Femman	12	42	0	5	267
	Växjö	12	31	2	5	283
	Malmö, Lernacken	14	34	0	2	287
	Malmö, Rådhuset	25	54	0	10	294
Gaturum	Umeå, E4-an	44	78	16	24	239
	Stockholm, Hornsgatan	153	310	75	141	366
	Göteborg, Gårda	81	172	41	62	253
	Göteborg, Järntorget	96	160	16	43	177
	Malmö, mätvagn	17	52	0	4	316

N = Antalet dygnsmedelvärden statistiken är baserad på.

1. Ett värde i fetstil anger att värdet överskrider EU's preliminära värde som skall gälla från 2010, ett värde i fetstil och understruket anger att värdet överskrider EU's gränsvärde som skall gälla från 2005.
2. TEOM x 1.3. De av TEOM uppmätta halterna har multiplicerats med 1.3, se kapitel 1.2.
3. Antalet överskridanden har räknats upp för att kompensera för låg datatillgänglighet. I princip har det antagits att antalet överskridanden under de perioder då mätningar inte finns är lika många som under de perioder då mätningar finns. Eftersom överskridandena inte är jämnt fördelade under året (många fler under våren) har hänsyn tagits till datatillgängligheten under olika perioder genom att göra separata beräkningar av överskridandena under årets fyra kvartal.

Tabell 3. Antal dygn då halten av PM₁₀ överstigit IMM's respektive EU's gränsvärden.

2.6 Troliga orsaker till överskridanden av EU's gränsvärden för PM₁₀.

Ett försök har gjorts att bestämma huvudorsakerna till att PM₁₀-dygnsmedelvärdet har varit högre än 50 µg/m³, se tabell 4.

Orsakerna har delats in i de tre typer som beskrivits ovan:

- Resuspension av partiklar främst på gatustationer
- Inversion och lokala källor
- Långväga transport

I en övervägande majoritet av fallen har dygnsmedelvärden över 50 µg/m³ inträffat på gatustationerna och huvudorsaken är resuspension. Som visats i kapitel 2.2.3 är det främst de grova partiklarna som ger upphov till de höga halterna.

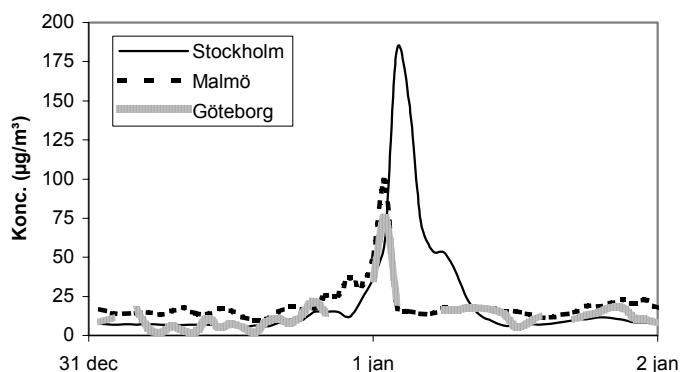
De fall då de lokala källorna och inversion har varit huvudorsak har nästan samtliga inträffat i norra Sverige och främst i Lycksele.

Station	Resuspension	Lokal källa och inversion	Långväga transport	Okänt	Totalt antal
Umeå, bibliotekstak	0	1	0	0	1
Växjö	0	0	0	2	2
Lycksele	0	11	0	0	11
Umeå, E4-an	10	5	0	0	15
Göteborg, Järmtorget	13	1	0	1	15
Göteborg, Gårda	30	0	1	2	33
Stockholm, Hornsgatan	66	0	1	8	75

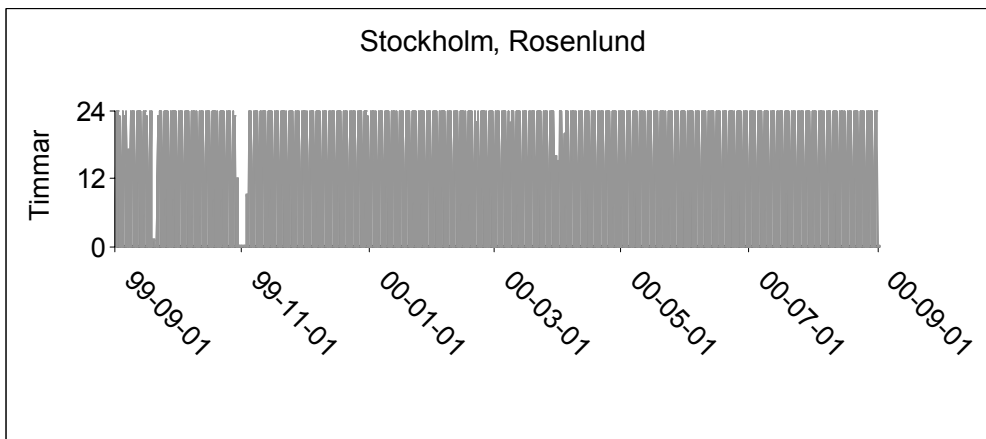
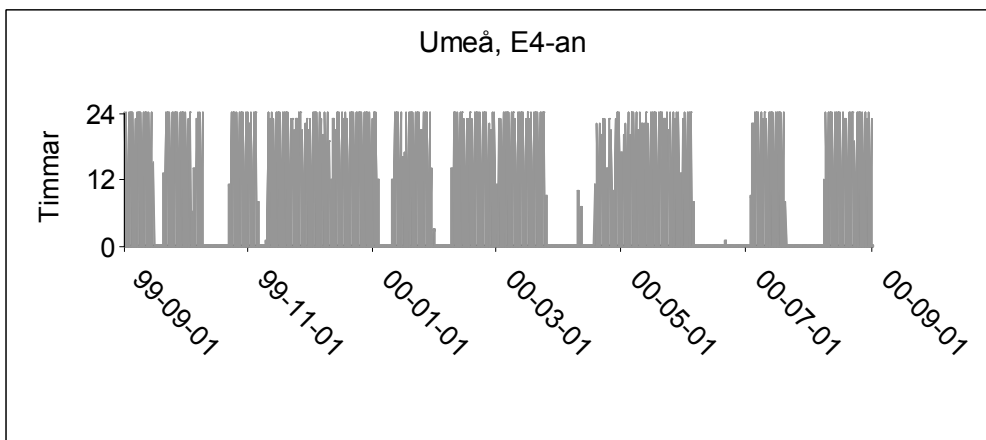
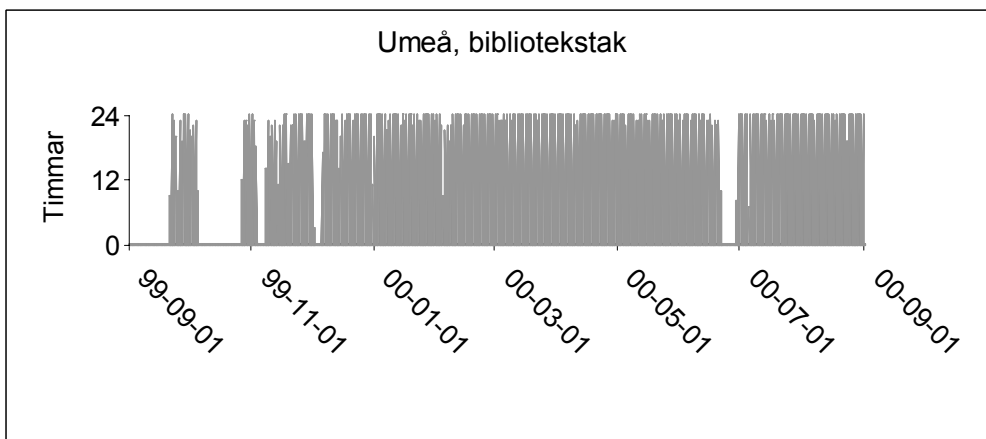
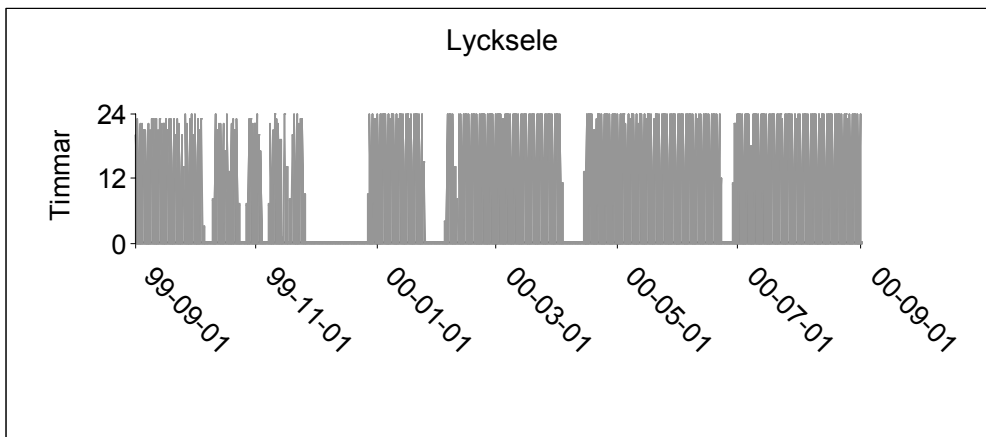
Tabell 4. Antal dygn då medelvärdet av PM₁₀ överstigit 50 µg/m³ samt huvudsaklig orsak till överskridandet.

2.7 Milleniumfirande – en sällan förekommande partikelkälla

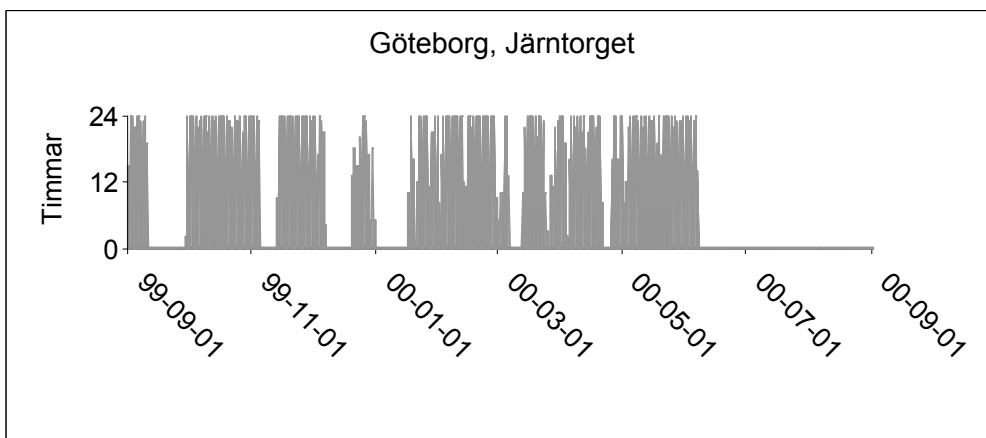
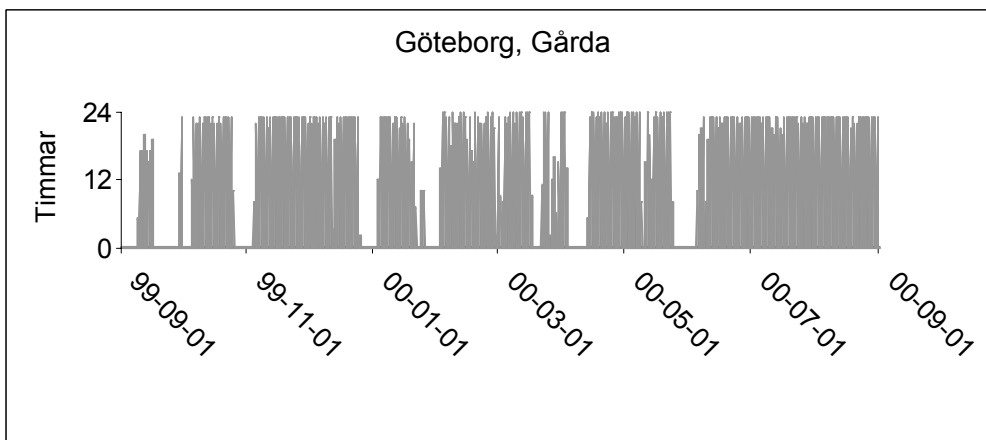
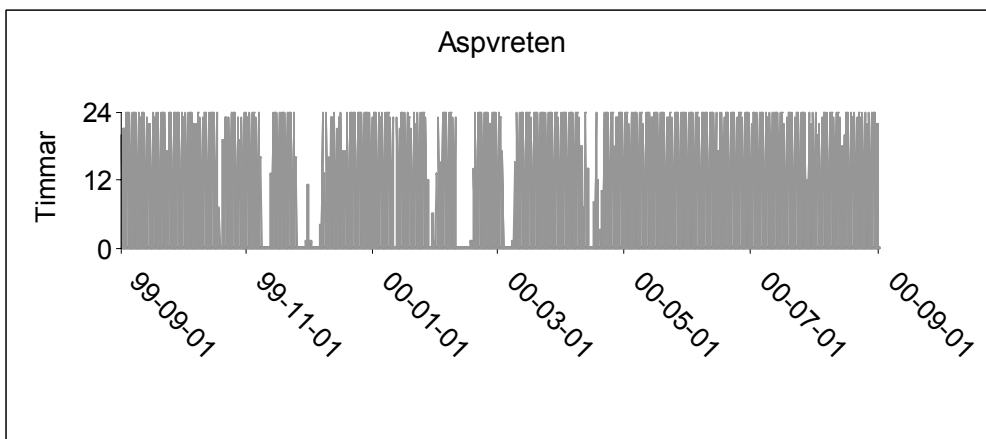
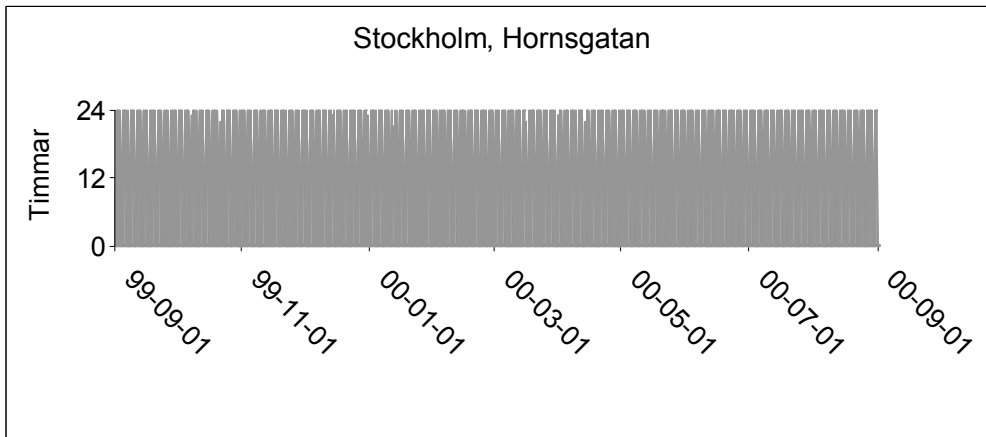
Under natten till nyårsdagen 2000 steg partikelhalterna i Stockholm, Göteborg och Malmö till mycket höga halter, figur 13. Orsaken är alla fyrverkerier och smällare som fyrades av i avsikt att höja feststämningen till rekordnivåer. Huruvida så blev fallet är osäkert, däremot är det helt klart att partikelhalterna nådde rekordvärden.



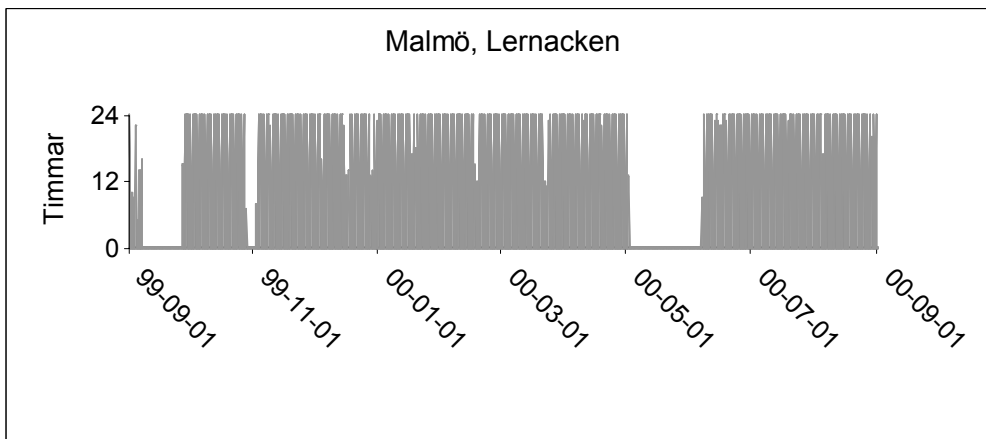
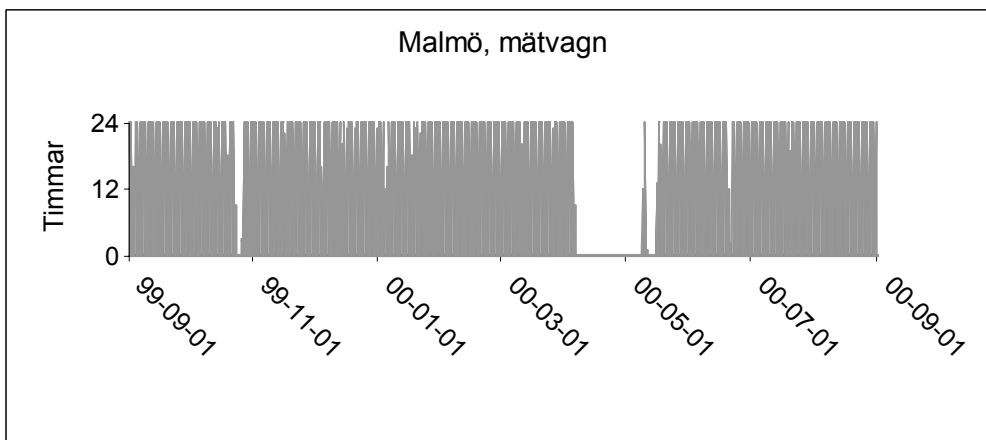
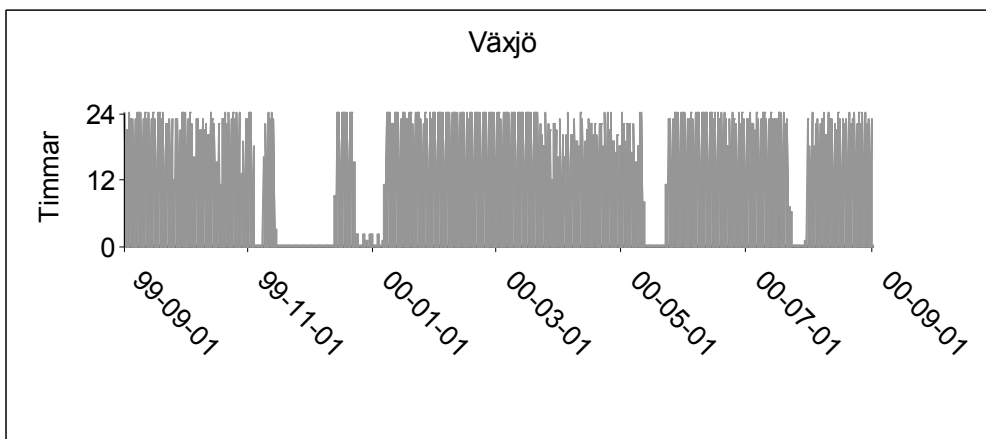
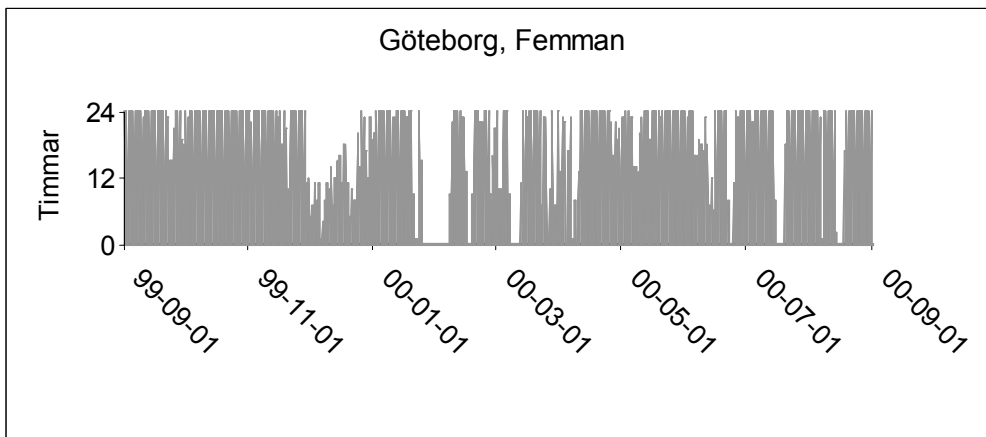
Figur 13. PM₁₀ i centrala Stockholm, Göteborg och Malmö 31 december 1999 –1 januari 2000



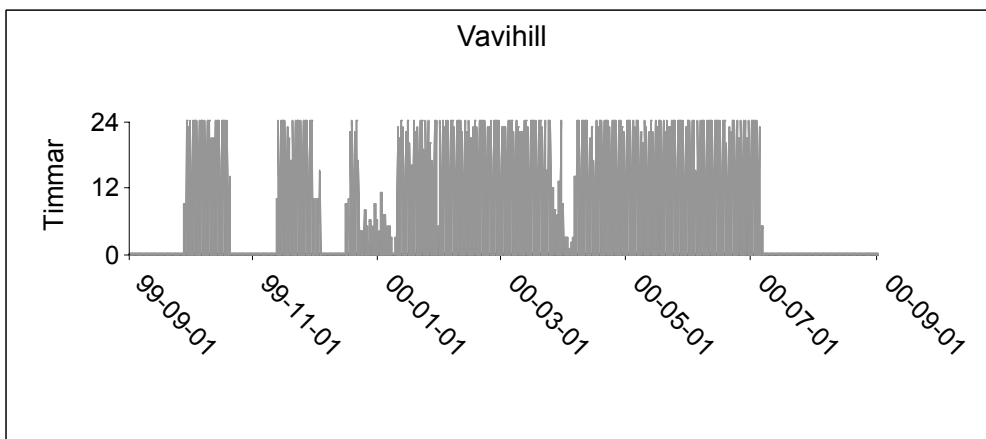
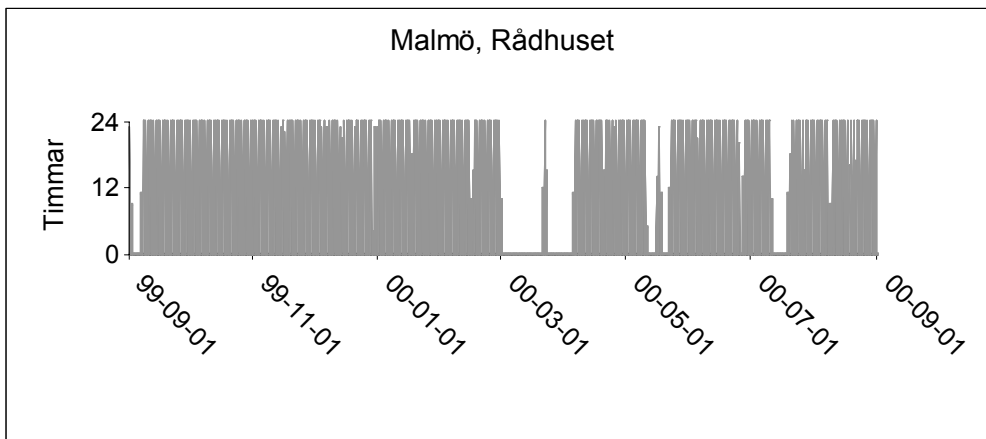
Bilaga 1. Datatillgänglighet PM₁₀. Timmar = Antal godkända timmedelvärden per dygn

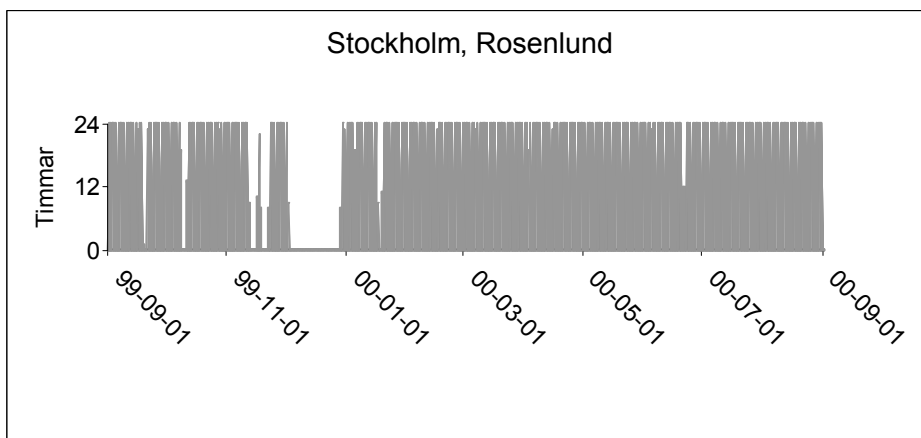
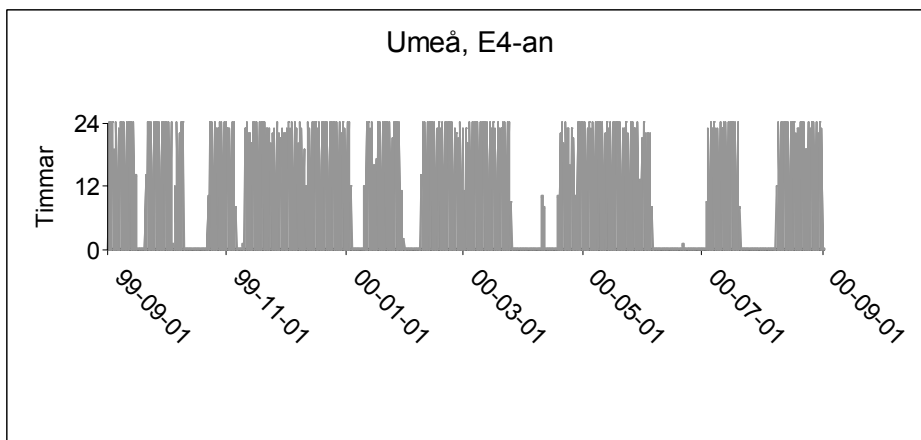
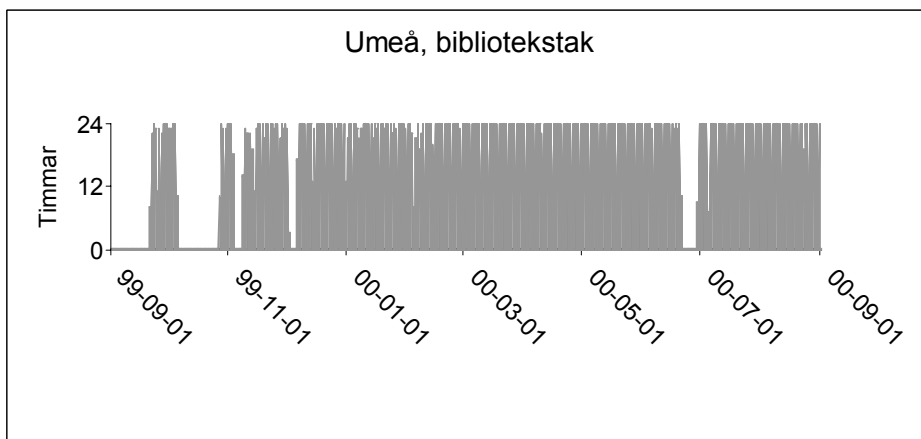
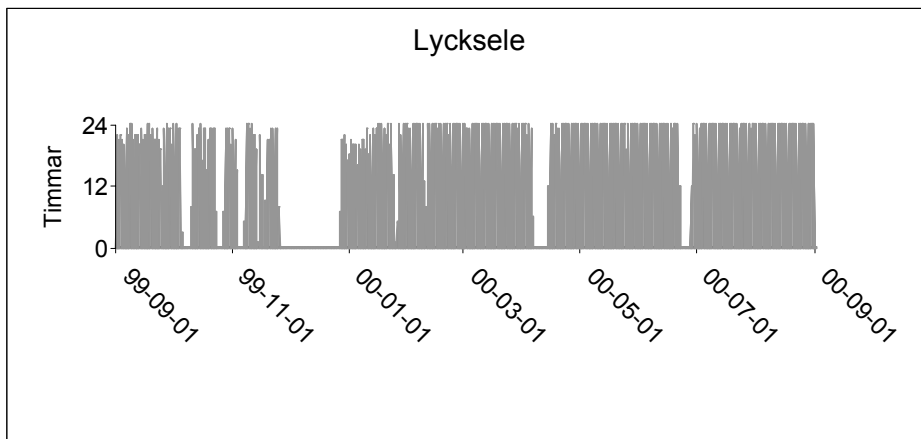


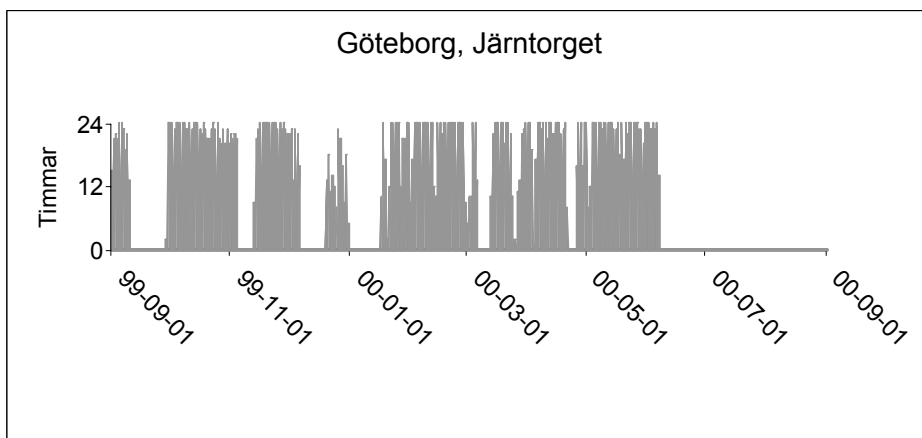
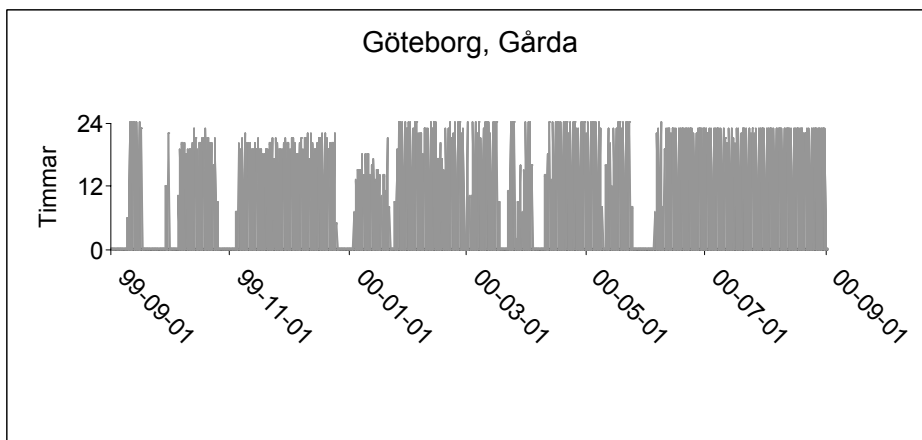
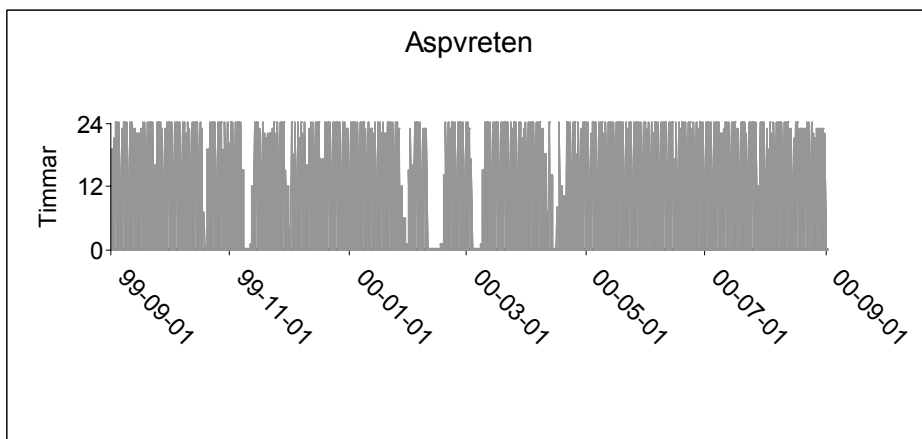
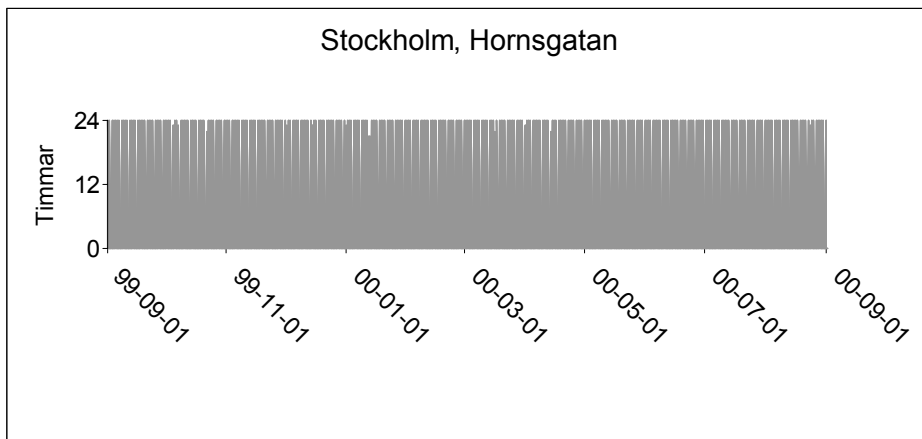
Bilaga 1. Datatillgänglighet PM₁₀. Timmar = Antal godkända timmedelvärden per dygn

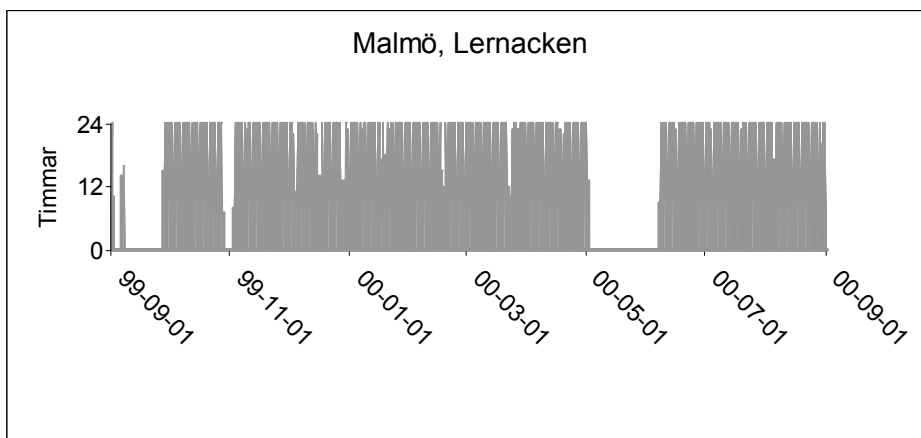
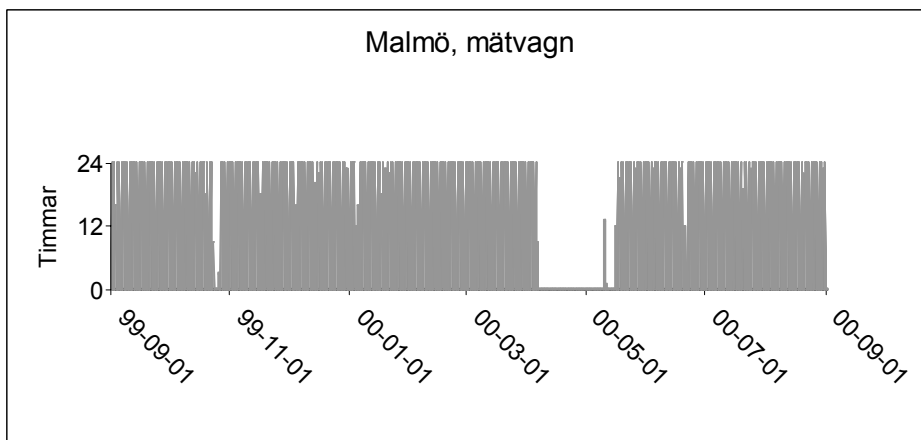
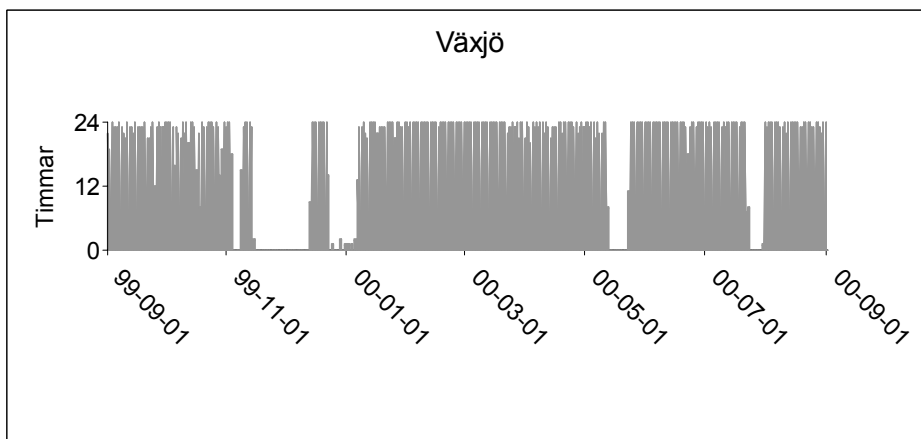
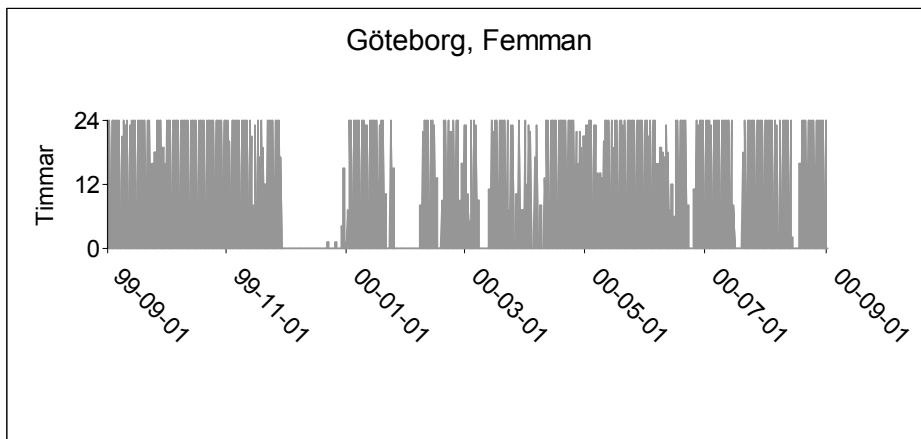


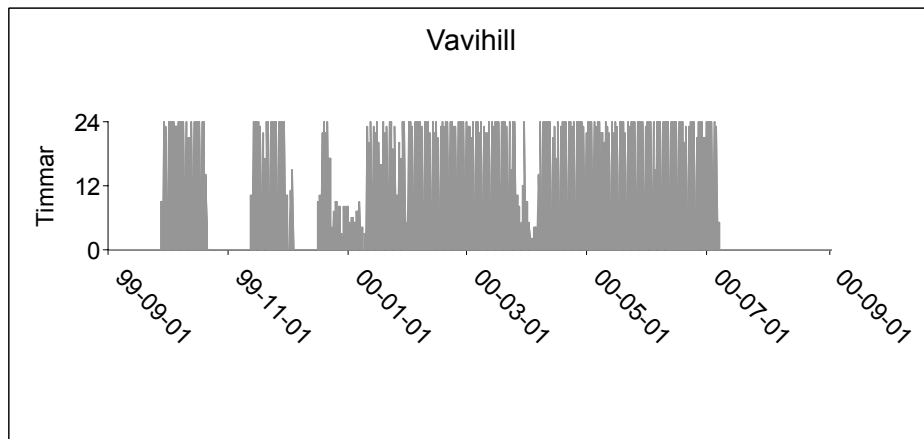
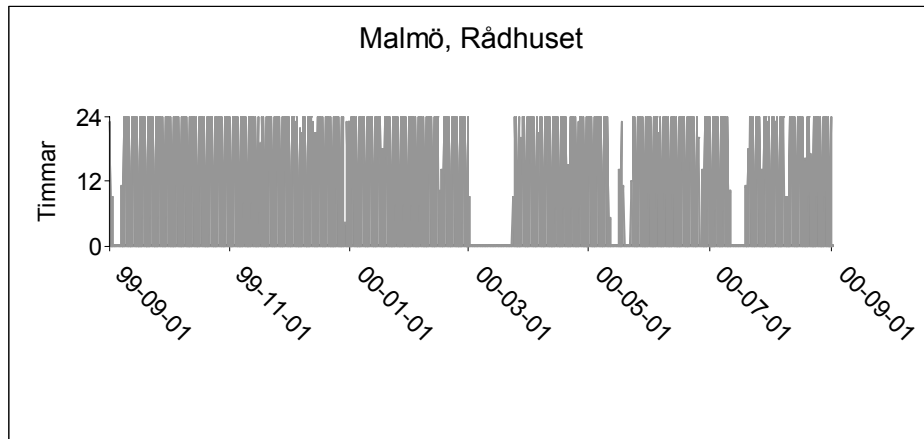
Bilaga 1. Datatillgänglighet PM₁₀. Timmar = Antal godkända timmedelvärden per dygn











Statistik för PM₁₀

Station – typ och plats	N	Median	Medel	90- percentil	98- percentil	Maximum
Bakgrund						
Aspvreten	307	10.6	11.7	17.4	27.7	42.2
Vavihill	202	11.4	12.4	19.4	35.0	38.4
Urban bakgrund						
Lycksele	277	9.9	14.3	28.9	65.7	99.8
Umeå, bibliotekstak	296	8.7	10.5	17.7	29.7	57.2
Stockholm, Rosenlund	355	11.4	13.5	23.8	34.2	47.9
Göteborg, Femman	267	12.9	14.4	23.7	37.9	40.9
Växjö	283	10.8	12.9	21.9	37.3	55.1
Malmö, Lernacken	287	14.6	15.4	22.8	35.2	41.3
Malmö, Rådhuset	294	16.0	17.4	27.0	41.3	48.7
Gaturum						
Umeå, E4-an	239	15.7	19.6	35.5	70.4	113.7
Stockholm, Hornsgatan	366	25.9	38.3	89.7	129.1	163.9
Göteborg, Gårda	253	21.6	27.9	52.3	97.8	149.7
Göteborg, Järntorget	177	24.3	27.5	43.3	66.0	83.3
Malmö, mätvagn	316	15.8	17.0	25.1	37.1	47.7

N = Antal dygnsmedelvärden statistiken är baserad på..

Median, medelvärde, percentiler och maximum är givet i sorten µg/m³.

Statistik för PM_{2,5}

3 Station – typ och plats	N	Median	Medel	90- percentil	98- percentil	Maximum
Bakgrund						
Aspvreten	319	8.1	9.0	13.5	21.1	32.3
Vavihill	201	9.0	9.8	14.5	28.5	32.6
Urban bakgrund						
Lycksele	287	7.7	9.5	15.8	35.2	51.6
Umeå, bibliotekstak	297	5.8	6.2	9.3	12.6	14.9
Stockholm, Rosenlund	318	7.5	8.7	13.5	23.7	32.1
Göteborg, Femman	255	8.1	9.5	15.5	26.4	32.7
Växjö	289	7.0	9.1	16.1	26.0	45.1
Malmö, Lernacken	286	7.9	8.8	15.3	24.7	32.9
Malmö, Rådhuset	306	10.1	11.6	20.2	31.3	40.5
Gaturum						
Umeå, E4-an	240	9.3	10.1	16.6	20.9	23.4
Stockholm, Hornsgatan	366	12.7	14.1	21.8	30.1	47.1
Göteborg, Gårda	254	12.4	13.4	19.6	30.8	35.7
Göteborg, Järntorget	173	11.5	12.0	17.5	25.2	30.2
Malmö, mätvagn	315	8.0	9.1	14.7	26.6	36.7

N = Antal dygnsmedelvärden statistiken är baserad på.

Median, medelvärde, percentiler och maximum är givet i sorten µg/m³.

<p>Ankomst till Stockholm 22 oktober 1999 kl. 02:00 (svensk normaltid)</p>	<p>NOAA AIR RESOURCES LABORATORY Backward Trajectory Ending 01 UTC 22 OCT 99</p> <p>Source Location * at 59.33 N 16.08 E</p> <p>PNL Meteorological Data Vertical Profile Method - OREGA</p> <p>Starting Height (meters AGL)</p>
<p>Ankomst till Stockholm 25 oktober 1999 kl. 04:00 (svensk normaltid)</p>	<p>NOAA AIR RESOURCES LABORATORY Backward Trajectory Ending 03 UTC 25 OCT 99</p> <p>Source Location * at 59.33 N 16.08 E</p> <p>PNL Meteorological Data Vertical Profile Method - OREGA</p> <p>Starting Height (meters AGL)</p>
<p>Ankomst till Stockholm 27 oktober 1999 kl. 00:00 (svensk normaltid)</p>	<p>NOAA AIR RESOURCES LABORATORY Backward Trajectory Ending 23 UTC 26 OCT 99</p> <p>Source Location * at 59.33 N 16.08 E</p> <p>PNL Meteorological Data Vertical Profile Method - OREGA</p> <p>Starting Height (meters AGL)</p>

Trajektorierna har erhållits på internet från The National Oceanic and Atmospheric Administration Air Resources Laboratory (NOAA ARL), Silver Spring, MD, USA. Trajektorierna har beräknats med HYSPLIT4 (HYbrid Single-Particle lagrangian Integrated Trajectory) Model, 1997.
Webb address: <http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.htm>

Bilaga 4. 96-timmars bakåtrajektorier för Stockholm 22 – 26 oktober 1999.



**INSTITUTET FÖR TILLÄMPAD MILJÖFORSKNING
VID STOCKHOLMS UNIVERSITET**

106 91 STOCKHOLM

Telefon 08-674 70 00 vx - Fax 08-674 72 39

•

**LUFTLABORATORIET
LABORATORIET FÖR AKVATISK MILJÖKEMI
LABORATORIET FÖR ANALYTISK MILJÖKEMI
LABORATORIET FÖR AKVATISK EKOTOXIKOLOGI**