



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

Mätning och utvärdering av halten av ultrafina partiklar i relation till PM10 och NO₂

Rapportnr: 2009:50

ISSN: 1403-168X

Utgivare: Länsstyrelsen i Västra Götalands län, miljöskydds-enheten

Rapporten finns som pdf på www.lansstyrelsen.se/vastragotaland under Publikationer/Rapporter.

**Mätning och utvärdering av halten av ultrafina partiklar i relation till
PM10 och NO₂**

Mattias Hallquist & Claudia Hak

Institutionen för Kemi

Atmosfärsvetenskap

Göteborgs Universitet

S-412 96 Göteborg

SLUTRAPPORT

Länsstyrelsen i Västra Götaland

Naturvårdsverket

Sammanfattning

Syftet med detta projekt var att ta fram ett bättre underlag för hur antalet partiklar varierar över tid och rum i relation till etablerade luftkvalitetsindikatorer för att ge en större möjlighet att anpassade framtida luftkvalitetsförbättrande åtgärder. Mätningar av antalet partiklar (främst ultrafina partiklar) har genomförts under 13 månader (2007/2008) i en urban bakgrund i Göteborgs centrum. Dessutom gjordes en kortare mätning under 10 veckor (2008/2009) i kranskommunen Partille i närheten till en mycket trafikerad väg (E20). Uppmätta partikelhalter (antal) har jämförts med miljökvalitetsmåten PM10 och NO₂. Korrelationer och relationer har utvärderats för olika tidsperioder/frekvenser och väderpåverkan. Resultatet av mätningarna visar att en viss samvariation fanns mellan antalet partiklar och andra föroreningar i stadsmiljön. Starkast var detta för sambandet mellan NO₂ och antalet partiklar. Som förväntat kan inte PM10 användas som indikator för antalet partiklar. Däremot kan NO₂ användas som indikator för antalet för både månadsmedelvärden och dygnsvärden. Uppmätta sambanden är ca 300 miljoner partiklar per µg NO₂ (med en osäkerhet på ca 40%) med något lägre värde på uppmätt samband för timmedelvärde. Sambandet mellan NO₂ och antalet partiklar påverkades något av väder där nederbörd gav liten påverkan medan vindhastighet påverkade sambandet betydligt (300 till 550 miljoner partiklar per µg NO₂ för låga till höga vindhastigheter). För mätningarna i Göteborg centrum gjordes ett försök att använda så kallade väderindex för att kunna förutse sambandet mellan NO₂ och antalet partiklar. Dessa initiala försök verkade lovande men behöver ytterligare utvärdering för att kunna användas i kombination med till exempel modellerade NO₂ koncentrationer för att uppskatta partikelantalet.

Följande rekommendationer ges 1) Att behålla nuvarande miljömål med NO₂ som främsta indikator på antalet partiklar i urban bakgrundsmiljö. Det bör tydliggöras att NO₂ är en indikator för antalet partiklar i urban bakgrund och att NO_x är en mer generell indikator i högexponeringsområden från förbränningskällor 2) Att mätningar av antalet partiklar genomförs, om möjligt även med storleksupplöst mätteknik, som del av den lokala miljöövervakningen i Göteborgsområdet. 3) Att uppföljning av detta mätprojekt fokuserar på mätningar i miljöer där man kan identifiera tydliga källbidrag (förslagsvis vägtrafik, vedeldning och sjöfart) och i miljöer där människor generellt exponeras (förslagsvis gaturum och bostadsområden). 4) Att genomföra en uppföljande granskning av hur klimatet påverkar extrema luftföroreningssituationen i Göteborg för att kunna ge förutsägelse om hur lokala klimatförändringar kan komma att påverka miljömålsuppföljning samt exponering av ultrafina partiklar.

1 Bakgrund

I miljö kvalitetsmålet frisk luft "Luften skall vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas" används bland annat PM10 och NO₂ som indikatorer för förorenad luft i stadsmiljö. Det finns dessutom miljö kvalitetsnormer (MKN) för dessa båda luftföroreningsmått. I dagsläget ingår även PM2.5 i delmålet för partiklar under miljö kvalitetsmålet frisk luft. Inom en snar framtid kommer det även att finnas en miljö kvalitetsnorm för partikelmåttet PM2.5.

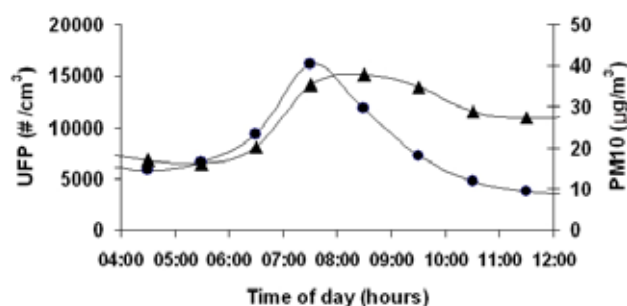
Miljö kvalitetsmålet frisk luft innebär enligt regeringen bland annat följande i ett generationsperspektiv:

- *Halterna av luftföroreningar överskrider inte lågrisknivåer för cancer eller riktvärden för skydd mot sjukdomar eller påverkan på växter, djur, material och kulturföremål.*
- *Riktvärdena sätts med hänsyn till personer med överkänslighet och astma.*

För både NO₂ och partiklar finns det uppsatta delmål till 2010 där syftet är att skydda människors hälsa. När det gäller halterna av partiklar bör dessa hållas så låga som möjligt, eftersom forskarna inte hittat någon lägsta nivå som är oskadlig (WHO 2005). Partiklar bedöms vara den luftförorening som medför störst hälsoproblem i svenska tätorter. Det är dock idag inte helt klarlagt om hälsoeffekten av partiklar är kopplad till massa, yta, sammansättning eller antal. Inom bland annat nanotoxikologi har ultrafina partiklar (<100 nm) nu uppmärksammas och det finns en hel del som tyder på att dessa små partiklar påverkar vår hälsa negativt (Oberdörster m. fl., 2005; WHO, 2005). En bättre kunskap om hur antalet partiklar varierar över tid och rum samt hur de genereras i urbana miljöer kan därmed ge en större möjlighet att anpassade eventuella åtgärder med fokus på de partiklar som bedöms vara mest hälsofarliga.

I atmosfären är antalet partiklar dominerat av partiklar mindre än 300 nm och i urban miljö dominerar partiklar mindre än 100 nm vilka tillhör fraktionen ultrafina partiklar. När det gäller totala massan av partiklar så domineras denna oftast av de grova partiklarna (2.5 µm -10 µm) och ibland av partiklar i den fina fraktionen (mindre än 2.5 µm) men där av partiklar större än 100 nm. Vid massbaserad mätning av partiklar används idag oftast måtten PM10 (partiklar mindre än 10 µm) och PM2.5 (partiklar mindre än 2.5 µm). Det har dock visat sig att båda dessa mått i Svenska urban miljöer främst påverkas av uppvirvat/mechaniskt genererat damm och långdistanstransport samt att PM2.5 till viss mån påverkas av förbränningspartiklar. (Johansson, 2007b). Dessa massbaserade mått påverkas däremot inte av koncentrationsvariationer i den ultrafina fraktionen (mindre än 100 nm). Inom miljö kvalitetsmålet frisk luft finns därför idag ingen etablerad indikator för dessa ultrafina partiklar. Frågan är om man istället för direkta mätningar av antalet partiklar kan använda existerande luftkvalitetsindikatorerna PM10 och NO₂ för att uppskatta effekter och planera skräddarsydda åtgärder för en frisk stadsluft.

Halterna av PM10 och NO₂ samvarierar i olika grad i förhållande till halten av ultrafina partiklarna beroende på klimat och avstånd till olika källor inom en tätort. Detta stöds av de relativt få studier som finns tillgängliga (se tex Hussain m fl., 2004; Johansson m. fl., 2007). Variationen beror på att källorna till NO₂, PM10 och ultrafina partiklar varierar men också på att hur utspädning och spridning (meteorologi) sker i olika miljöer (Puustinen m. fl., 2007). Man kan nu till viss del använda data från andra mätningar tillsammans med komplexa modeller för att ta fram nya samband för ett specifikt område. Dock är detta en relativt osäker metod och för t.ex. Göteborg, med sin specifika topografi och närhet till havet bör man säkerställa samband även med mätningar. Göteborg har relativt många temperaturinversioner som under vintertid ger förhöjda halter av luftföroreningar. Tidigare mätningar för dessa förutsättningar har visat att till exempel PM10 och antal partiklar ej samvarierade vid temperaturinversions dagar under vintertid (Figur 1).



Figur 1. Variation i antal av partiklar mindre än 100 nm (UFP) och PM10 vid inversionstillfällena i februari 2005. Data är från mätningar vid Femman i Göteborg (Janhäll m. fl. 2006).

Man har tidigare i Göteborg mätt antal partiklar tillsammans med andra luftföroreningar (see tex Janhäll m. fl 2006; Olofsson m. fl 2008). Dessa mätningar har oftast varit begränsade till kortare kampanjer, 2-4 veckor, vilket gör det svårt att ta fram generella samband mellan PM10, NO₂ och ultrafina partiklar. För att mer explicit kunna studera årstidsvariationer och inverkan av olika vädertyper måste man genomföra längre mätserie. Fördelen med en längre mätserie är att man med den som grund även lättare kan anpassa och studera luftkvalitetseffekter av förändringar i samband med specifika åtgärder, t.ex. inom plan och trafikområdet.

2 Projektbeskrivning

Syftet är att via en längre sammanhållen tidsserie få bättre information om halter av antalet partiklar (främst ultrafina) i tätortsluft som möjliggör bättre bedömningar av hälsoeffekter av luftföroreningar. Parallella mätningar av NO_x, NO₂, PM10 som utförs av miljöförvaltningen medför att eventuella haltsamband kan studeras. Dels är det viktigt hur bra dessa samvariera, korrelerar, och dels för att kunna kvantifiera antalet partiklar är relationen mellan variablerna viktiga (till exempel en riktingskoefficient för ett linjärt samband=lutning på en x-y plot). Det primära målet var att ta fram dessa beskrivningar genom en lång tidsserie vid en etablerad mätplats. Detta för att kunna

använda dessa beskrivningar för att utvärdera och effektiviserar framtida luftkvalitetsförbättrande åtgärder. Dessutom var målet att genomföra mätningar vid ytterligare en mätplats med tydlig exponering från några typiska källor till partiklar (vägtrafik, vedeldning och långväga transport). Mätningarna utfördes därför på två olika mätplatser vid två olika tidpunkter. Göteborgs stads mätplats Femman användes som en mätplats som huvudsakligen representera urban bakgrundsluft medan Partille mätplatsen var en mer exponerad mätplats med trafik som den dominerande luftföroreningskällan. Användningen av en urban bakgrundsstation som Femman innebär att luftföroreningarna är något åldrade och där till exempel emissioner av NO från vägtrafik delvis hinner omvandlats till NO₂.

2.1 Göteborgs stads mätstation Femman

Denna mätstationen befinner sig på taket av Femmanhuset i centrala Göteborg. Mätningarna utförs på ca 30 m höjd, och stationen brukar betecknas som en urban bakgrundstation. Göteborgs miljöförvaltningen använder Femmanstationen sedan 1987 för kontinuerliga mätningar av PM10, gasformiga luftföroreningar såsom SO₂, CO, O₃, NO, NO₂ samt väderparametrar. De befintliga mätningarna av t.ex. NO₂ och PM10 kompletterades, inom detta projekt, med antalsmätningar av partiklar. Instrumentet som användes är en CPC-3775 (TSI) vilken mäter totala partikelantalet större än 4 nm och med en övre gräns runt 10 µm . Mätningarna utfördes under perioden 15 april 2007-15 maj 2008. Korrelationer mellan NO₂, PM10 och antal partiklar beräknades på olika tidsskalor och för specifika förhållanden. Genom att mätningarna utfördes under ett helt år så täcker mätningarna in dygns-, vecko- och årtidsvariationer både gällande väder och emissioner. Inom projektet testades även en typ av väderindex för att storskaligt kunna beskriva olika vädertyper.

2.2 Partille i närhet av E20

Göteborgs stads mobila mätvagn stod uppställd i Partille under perioden 15 september 2008 till 15 januari 2009. Utförlig beskrivning av miljöförvaltningens mätningar under perioden ges i rapporten ”Miljöförvaltning i Göteborg, 2009. Luftföroreningsmätningar i Partille 2008-09. Uppdragsrapport 2009:2”. Dessa mätningar kompletterades av ett antalspartikelinstrument (SMPS). Detta instrument baseras på CPC-3775 men kan även storleksbestämma partiklarna mellan 10 och 500 nm. Instrumentet var programmerat för att mäta ett storleksintervall var femte minut. På samma sätt som för femmanstationen så var ambitionen att ta fram korrelationer för antalet partiklar med PM10 och NO₂. Dessa mätningar påbörjades den 28 oktober och avslutades den 13 januari.

3 Resultat femman

3.1 Generella iakttagelser

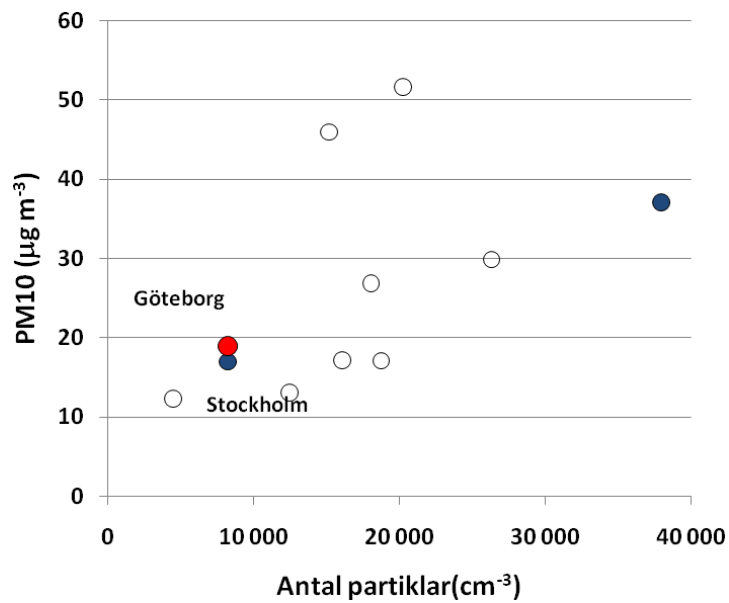
Tabell 1 ger medelvärden och meridian för uppmätta koncentrationer av NO₂, NO_x, PM10 samt antalet partiklar under mätperioden (april 2007 till maj 2008) tillsammans med data från liknande partikelmätningar genomförda i några Europeiska städer (Puustinen m. fl., 2007, SLB årsrapport). Medelvärdena i Tabell 1 för PM10 och antalet partiklar visas även i grafisk form i Figur 2. Medelvärdet för Göteborg i

taknivå överensstämmer relativt väl med uppmätta medelvärden i taknivå i Stockholm. Figur 3 visar partikelkoncentrationen (dygnsmedelvärden av antalet partikler) uppmätta vid Femman stationen från april 2007 till maj 2008. För Femman mätstationen ligger de lägsta värdena runt 5000 partiklar/cm³ vilket är relativt låga värden för en urban miljö. Detta kopplar till att Femman stationen tidvis exponeras för ”rena luftmassor” samt att den inte ligger i gatunivå. De högsta dygnsmedelvärdena uppgår till över 20 000 partiklar/cm³. Ingen tydlig årstidsvariation kunde påvisas.

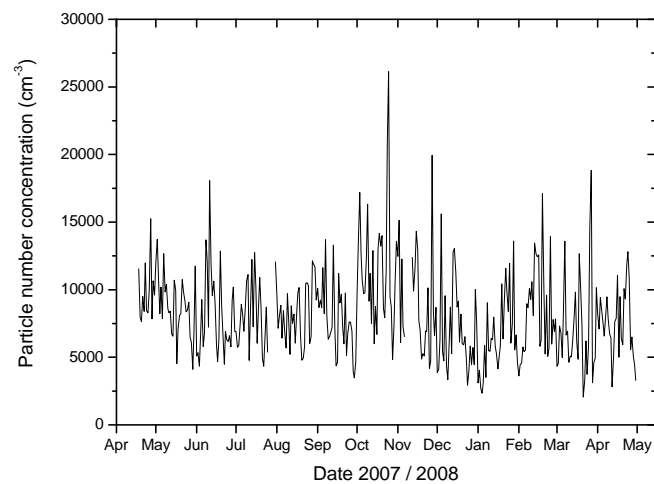
Variationen av antalet partiklar, NO₂, och PM10 under en genomsnittsvecka (uppmätt med en frekvens på 10 min) presenteras i Figur 4. Effekten av morgon och eftermiddagstrafikökningen under vardagar är tydlig. På samma sätt visar helgdata endast ett dygnsmaximum (tydligast för antalet partiklar). Noterbart är att halterna av antalet partiklar variera kraftigt över dygnets timmar där skillnaden mellan högsta och lägsta medelvärde kan vara mer än en faktor 2 (varje tidsvärde i Figur 4 är ett timmedelvärde från ca 365 dagar). Om variationen är stor över dygnets timma så kan man få höga extrema timmedelvärden utan att dygnsmedelvärdet behöver vara speciellt högt. Denna korttidsvariation kommer naturligtvis att påverka till exempel personlig exponeringen av antalet partiklar och medför att en god indikator helst bör uppvisa liknade dygnsvariation. PM10 och NO₂ uppvisar båda en liknande veckovariation som antalet partiklar dock har PM10 inte lika starka extremer medan NO₂ har en mycket kraftigare morgonextrem. Den månadsvisa variationen av antalet partiklar, NO₂, NO_x och PM10, baserade på dygnsmedelvärden, visas i Figur 4. Denna variation över årets månader är inte speciellt utpräglad vilket man inte förväntade sig då källorna till partiklarna förmodligen har en betydande årstidsvariation. Detta kan delvis förklaras med att mätstationen är relativt långt från till exempel trafiken och representerar en urban bakgrundsmätning. Avsaknaden av årstidsvariationen kan till exempel jämföras med gaturumsmätningar vid Hornsgatan i Stockholm där en tydlig partikelvariation för både massa (PM10) och antal observerades. (Johansson m. fl 2007a).

Tabell 1: Statistisk information om koncentrationsvariationen av partiklar, NO₂, NO_x och PM10 under hela mätperioden. Långtidsmedelvärden från några europiska städer är med som jämförelse (¹Puustinen m.fl., 2007, ²SLB årsrapport)

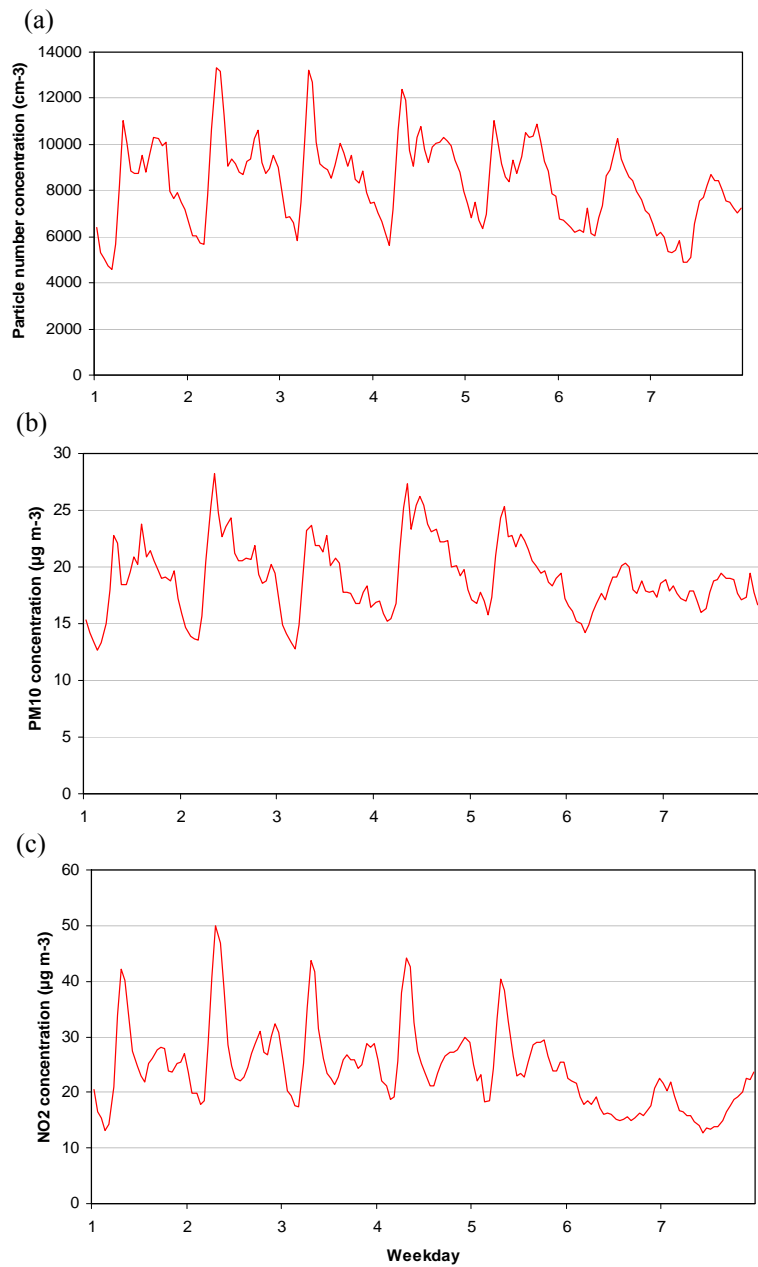
	Antal part. (# cm ⁻³)	NO ₂ (µg m ⁻³)	NO _x (µg m ⁻³)	PM10 (µg m ⁻³)
Medel ± st. avv.	8235 ± 3283	23.6 ± 12.1	33.9 ± 25.5	18.9 ± 7.5
25%-il – 75%-il	5874 – 10085	14.3 – 29.6	16.7 – 43.5	13.8 – 22.5
90%-il	7829	20.5	25.4	17.7
Median	12649	42.1	69.6	28.4
Data från andra städer (medelvärden)				
Helsingfors (urban bakgrund i centrum) ¹	12 490			13.1
Helsingfors (bostadsområden) ¹	4507			12.3
Aten (urban bakgrund i centrum) ¹	20 276			51.7
Aten (bostadsområden) ¹	15 234			46
Amsterdam (urban bakgrund i centrum) ¹	18 090			26.9
Amsterdam(bostadsområden) ¹	26 346			29.9
Birmingham (urban bakgrund i centrum) ¹	18 787			17.1
Birmingham(bostadsområden) ¹	16 109			17.2
Stockholm (gaturum) ²	38 000	46		37
Stockholm (taknivå) ²	8 300	15		17



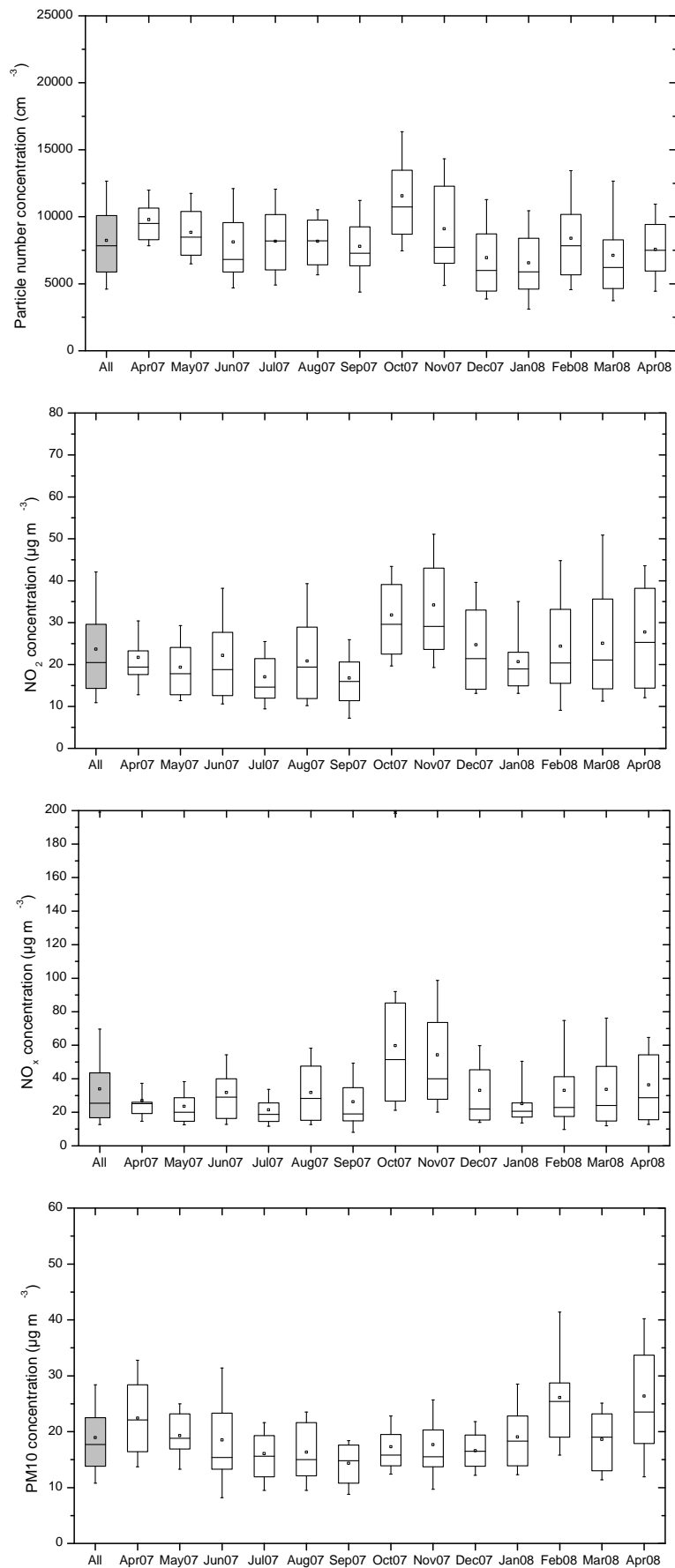
Figur 2. Årsmedelvärden för PM10 och antalet partiklar i några Europeiska städer. Stockholm (blå) och Göteborg (röd). Samtliga data är tagna från Tabell 1.



Figur 3. Dygnsmedelvärden av antalskoncentrationen av partiklar från April 2007 till och med Maj 2008.



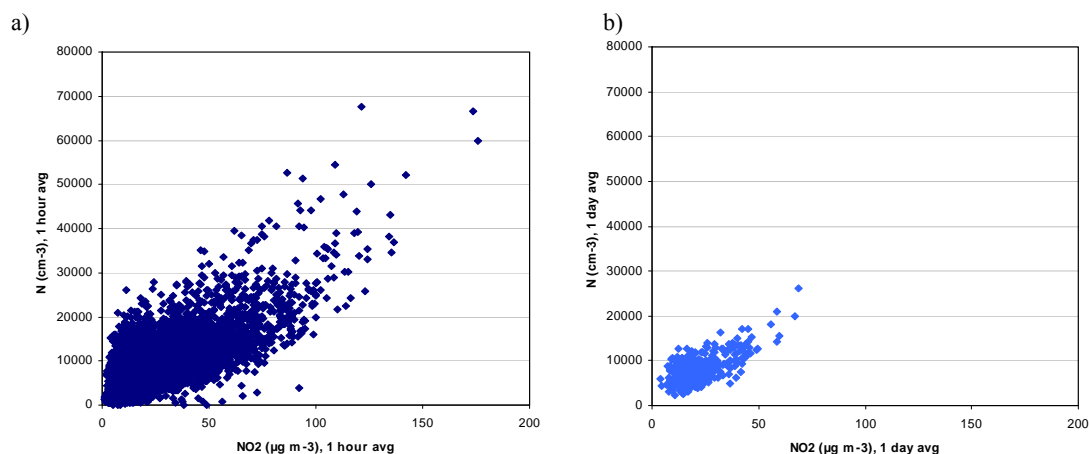
Figur 4. Genomsnittlig variation över en vecka (mån-söndag). Data från storhelger såsom Jul, Midsommar, kristihimmelsfärds helg är borttagna a) antalet partiklar, b) PM10 och c) NO₂.



Figur 5. Variation av antalet partiklar, NO_2 , NO_x och PM_{10} koncentration, månadsvis. Varje box omfattar mätvärden mellan 25%-il och 75%-il. Whiskers visar 10%-il respektive 90%-il av variationen. Den första (grå) boxen gäller hela mätperioden, medan alla andra är månadsvis. Även medelvärden (ruta) och median (horizontalt streck) visas.

3.2 Korrelation med NO₂ och NO_x

Figur 6 visar uppmätta NO₂ halter mot partikelkoncentrationen. Ett generellt positivt samband kan ses där särskilt timmedelvärden samvarierar. Detta samband summeras i Tabell 2 med lutning och korrelationskoefficient för de olika fallen. Notera att korrelationen med NO_x endast är något bättre än NO₂. Detta förklaras av att mätstationen representerar en urban bakgrund där en större del av lokalt emitterad NO hinner omvandlas till NO₂. Detta gör att skillnaden mellan NO_x och NO₂ minskar vilket inte är fallet om man genomför mätningar närmare förbränningskällorna, till exempel i ett gaturum.



Figur 6. Partikeldata (antalet partiklar, N) versus NO₂ för hela mätperioden a) timmedelvärden och b) dygnsmedelvärden

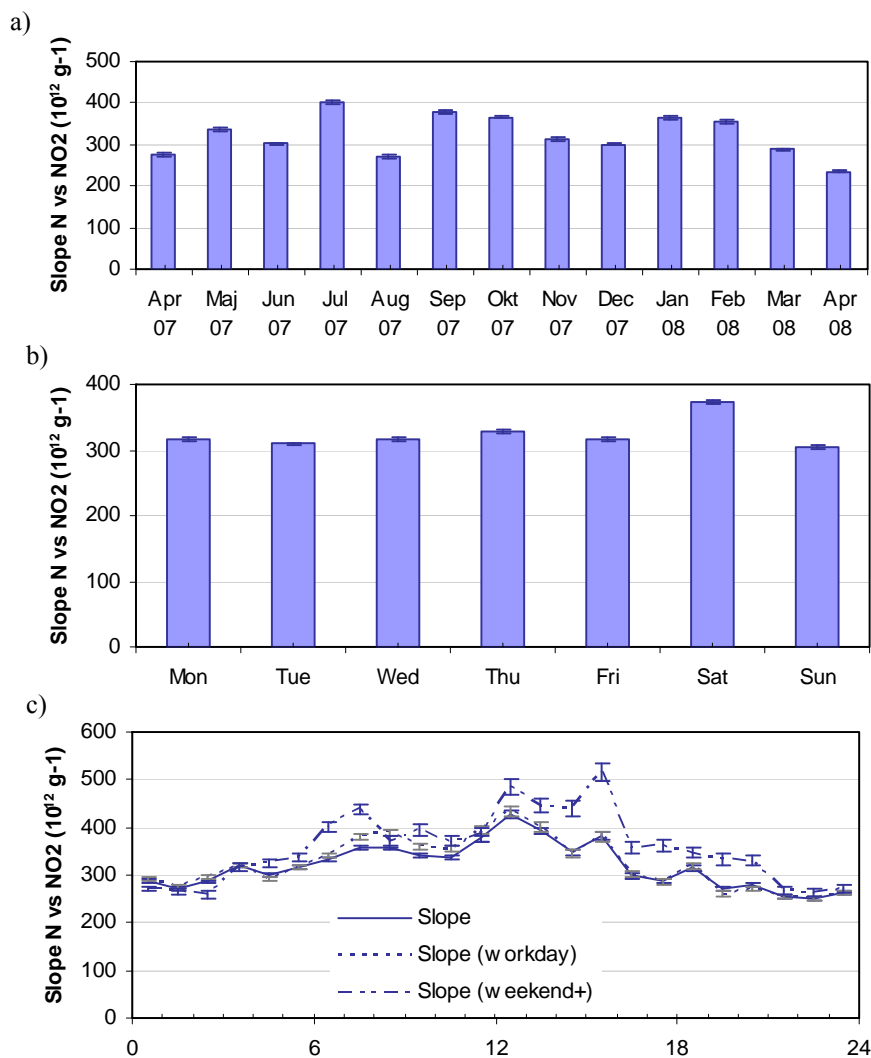
Tabell 2: Statistiska samband mellan NO₂ och antalet partiklar; 90% konfidensintervaller visas.

Antal partiklar vs NO ₂	10 min medel	1 h medel	1 d medel
*Lutning, b (10^{12} g^{-1})	326.1 ± 1.8	306.1 ± 3.8	276.4 ± 17.3
Korr. Koeff., R	0.70	0.71	0.69
Antal partiklar vs NO _x			
Lutning, b (10^{12} g^{-1})	108.5 ± 0.6	136.2 ± 1.6	131.3 ± 7.4
Korr. Koeff., R	0.73	0.75	0.76

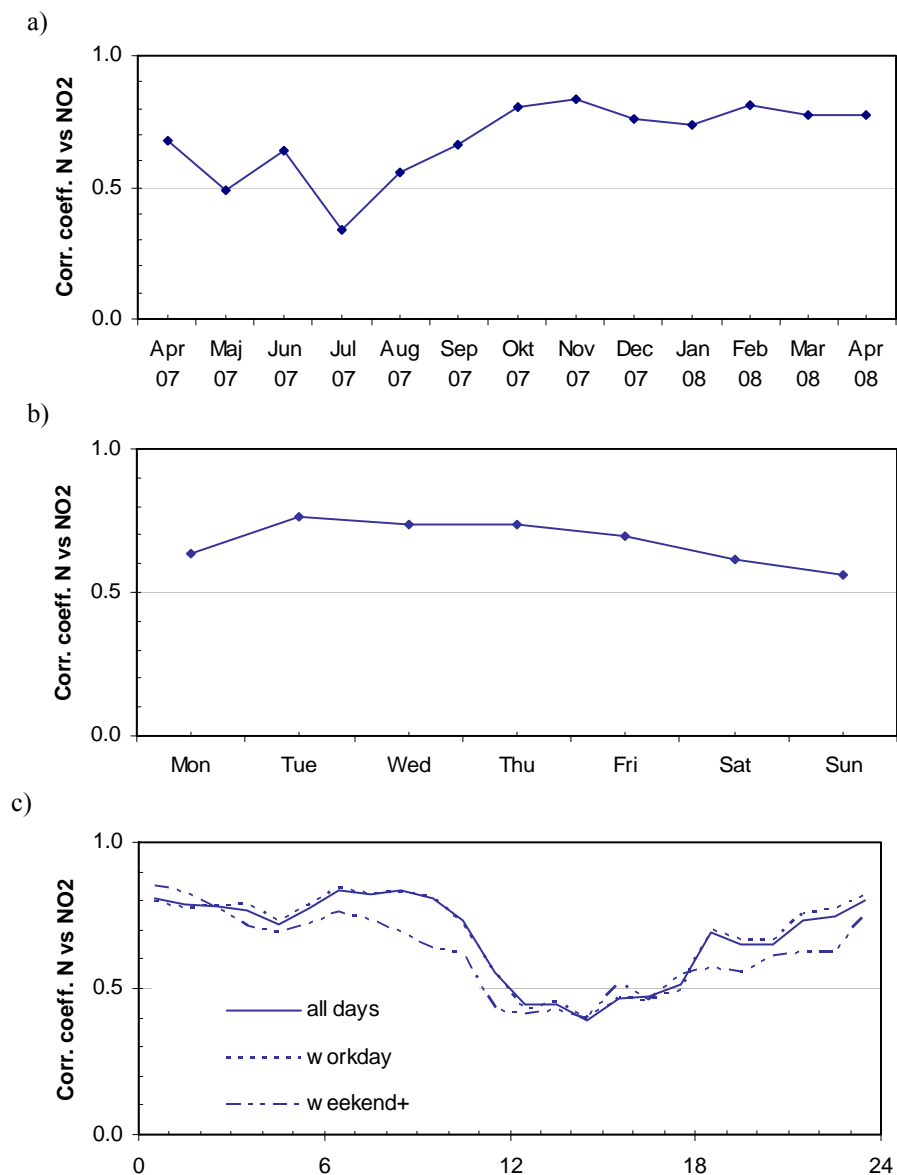
*Lutningen indikerar att det finns ca 300 miljoner ultrafina partiklar per µg NO₂

Som kan ses i Figur 7 varierar sambandet mellan partiklar dels över året och dels på vecko- och dygnsbasis. Ingen tydlig förklaring till årstidsvariationen har kunnat ges. Till exempel så skiljer inte vinter eller sommarmånaderna sig signifikant ifrån varandra. Om detta är specifikt för detta året eller om detta gäller generellt kan man inte direkt veta men man kan notera att både 2007 och 2008 klassas av Göteborgs miljöförvaltning som ett normalår när det gäller meteorologiska förhållanden (Miljöförvaltningens årsrapporter 2007 och 2008). När det gäller korttidsvariationen så ses ett maximum runt middagstid vilket kopplar till att det oftast är högre vindhastigheter vid denna tidpunkt. Som beskrivs i väderavsnittet nedan får man fler partiklar per NO₂ molekyl vid höga vindhastigheter. Orsaken till detta samband är ej säkerställt men beror troligen på uppehållstiden för partiklar och NO₂ samt omvandling av NO till NO₂. Noteras är att korrelationskoefficienten (som beskriver hur väl variationen sker) sjunker mellan kl 12 och 18 (se Figur 8). Korrelationen mellan antal partiklar och NO₂ är bättre under vintertid. Detta är ett tecken på att

under vintern har vi en tydligare dominant lokal källa till NO₂ och antal partiklar (förmodligen lokal trafik) medan under sommartid är långväga intransport och bidrag från fler källor, med olika mängd partiklar/NO₂, mer frekvent.



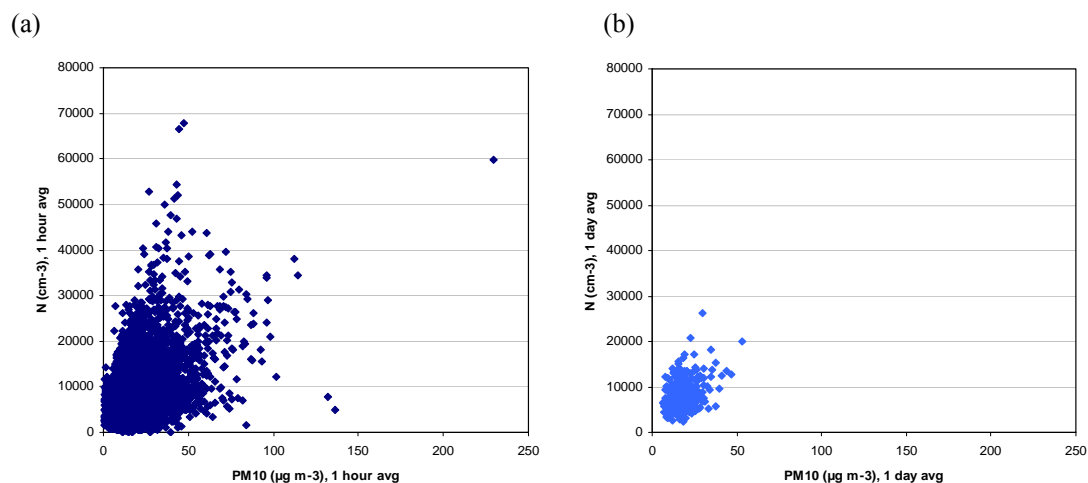
Figur 7. Sambandet mellan antal partiklar och NO₂. a) månadsmedelvärden b) variation över veckans dagar. c) dygnsvariation. För variation över dygnet har uppmätta 10-minutersvärden används för att beräkna en genomsnittsvecka (mår varje punkt representeras av ca 365x6 datapunkter).



Figur 8. Korrelation mellan antal partiklar och NO₂. a) månadsmedelvärden b) variation över veckans dagar. c) dygnsvariation. För variation över dygnet har uppmätta 10-minutersvärde används för att beräkna en genomsnittsdag (mån varje punkt representeras av ca 365x6 datapunkter).

3.3 Korrelation med PM10

Figur 9 visar uppmätta partikelkoncentrationen mot PM10 halter. Ett mycket svagt positivt samband kan ses. Statistiska data för eventuellt samband illustreras i Tabell 3 med lutning och korrelationskoefficient för de båda fallen. Då resultatet tydligt pekar på att PM10 är en dålig indikator för antalet partiklar presenteras inga grafer med dessa samband.



Figur 9. Antalet partiklar versus PM10 för hela mätperioden a) timmedelvärden och b) dygnsmedelvärden

Tabell 3: Statistiska samband mellan antalet partiklar och PM10

Antalet partiklar vs PM10	10 min medel	1 h medel	1 d medel
Korr. koeff.	0.39	0.41	0.31
Lutning (10^{12} g^{-1})	504.4	477.4	431.6

3.4 Väderpåverkan

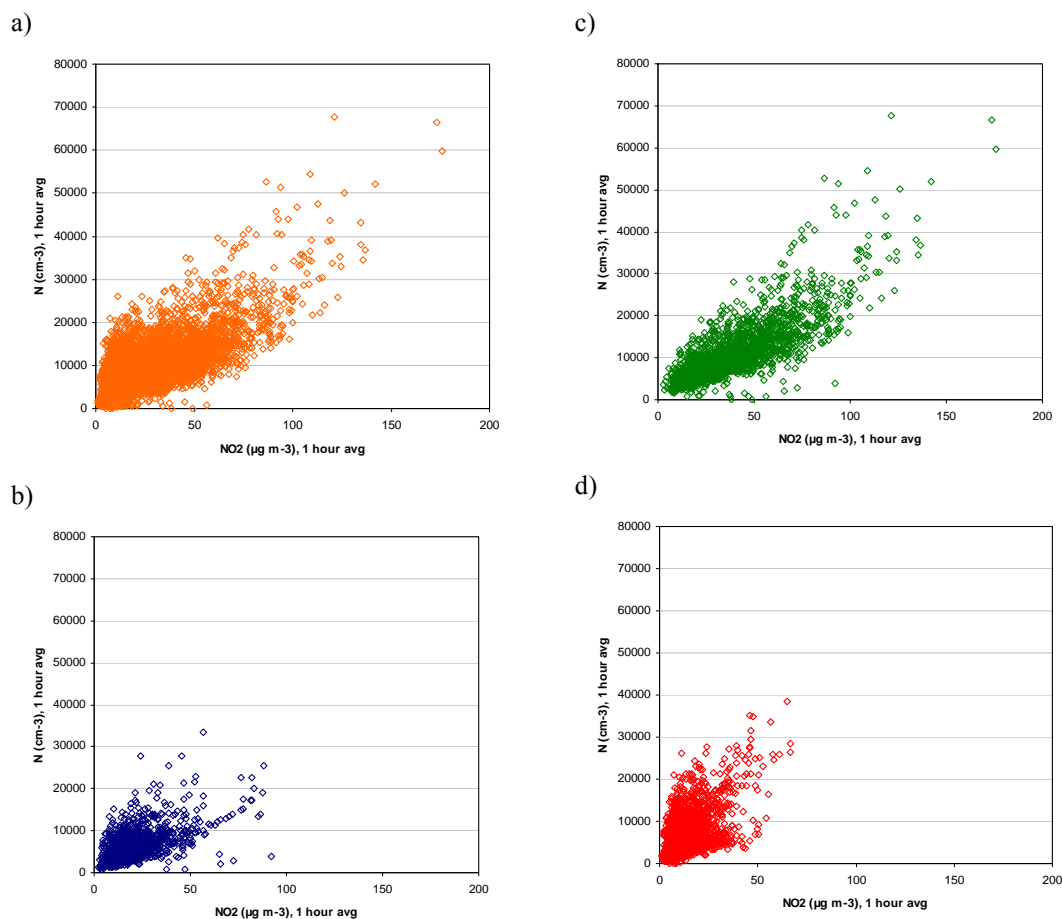
Störst inverkan på variation av luftföroreningshalter är vädrets inverkan. Här illustreras denna väderpåverkan med de två viktiga faktorerna: vindhastighet och nederbörd. Vindhastigheten kopplar till utspädning och transport av luftföroreningarna. Nederbörden påverkar genom att ge upphov till våt deposition som för vissa luftföroreningar är den viktigaste reningsmekanismen. Vidare gjordes ett försök att beskriva variation och samband mellan luftföroreningar kopplat till ett sk väderindex (Demuzere m. fl. 2009) Detta dels för att se hur bra man kan beskriva samband genom att använda meteorologiska förutsättningar och dels för att eventuellt ge underlag så att modelleringsverktyg kan användas till att förutsäga (prognostisera) luftföroreningshalter. Utvärderingen av vädrets inverkan i för de olika sambanden gjordes alltså med avseende på nederbörd, vindhastighet och väderindex. Fokus på vädrets inverkan var på sambandet mellan antalet partiklar och NO_2 . Hur antalet partiklar relaterar till PM10 visas uteslutande i tabeller.

Tabell 4 innehåller de medelvärden som erhållits för de olika väderförekomsterna. Som väntat påverkas samtliga luftföroreningar betydligt av väder. Nederbörd påverkar främst PM10 via våtdeposition som ger lägre PM10-halter vid hög frekvens av nederbörd. Högre vindhastigheter ger upphov till lägre koncentrationer av NO_2 . 'Låg'

vindhastighet innebär alla tillfällen med vindhastigheter < 2.1 m/s, medan 'hög' vindhastighet omfattar alla tillfällen med vindhastigheter > 5.5 m/s. Gränsvärden 2.1 och 5.5 m/s är övre och nedre 20%-il av vindhastigheter vid Femman stationen under tidsperioden mellan januari 2002 och maj 2008.

Tabell 4 Koncentrationsmedelvärden för antalet partiklar, NO₂ och PM10 för olika väderförhållanden. 90%-il värden anges inom parentes. Statistiska samband (lutning för regressionslinje, korrelationskoefficient inom parentes) för olika vädertyper. Med eller utan nederbörd samt för låg eller hög vindhastighet.

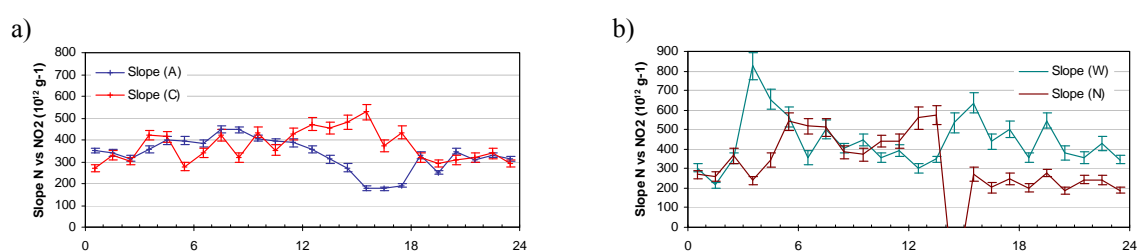
	Utan regn	Bara regn	Låg vindhast.	Hög vindhast.
Partikelantal (cm ⁻³)	8430 (15 396)	6130 (10 204)	11432 (21 198)	7069 (13 504)
NO ₂ (µg m ⁻³)	24.3 (50.8)	19.7 (37.9)	41.5 (76.4)	14.4 (26.6)
PM10 (µg m ⁻³)	19.5 (33.3)	13.4 (23.8)	21.2 (38.8)	19.6 (32.7)
Statistiska samband				
Part. vs NO ₂	306.2 (0.72)	279.2 (0.59)	317.1 (0.8)	548.7 (0.52)
Part. vs PM10	482.3 (0.41)	437.6 (0.29)	501.1 (0.54)	451.5 (0.23)



Figur 10. Timmedelvärden av antalet partiklar versus NO₂ (a) utan regn, (b) bara regn, (c) låg vindhastighet (d) hög vindhastighet

Väderindex har tidigare visat sig användbart för att förutsäga ozonhalter (Demuzere m. fl., 2009) och kan eventuellt även användas för andra luftföroreningshalter som beror starkt på väderförutsättningar. Bestämning av väderindex är relativt komplicerat men i huvuddrag kan man ha "rotational" eller "directional" indexes samt olika

kombinationer av dessa båda två huvudtyper. Användningen av väderindex för korrelation mellan NO_2 och antalet partiklar testades och nedan är några exempel. Figur 11a visar hur sambandet mellan NO_2 och antalet partiklar är beroende på om det är högtryck (anticyklon) eller lågtryck (cyclon). Detta visade sig påverka lutningen mellan antalet partiklar och NO_2 för eftermiddagstiderna 12-18 medan övriga tider på dygnet ej påverkades. Skillnaden under eftermiddagarna är att under tider med lågtrycksväderindex uppmäts fler partiklar per NO_2 vilket till exempel stämmer väl med att fler partiklar per NO_2 uppmäts vid höga vindhastigheter (som oftast uppkommer vid lågtrycks situationer). Exempel på två andra vädertyper och dess inverkan på sambandet mellan NO_2 och antalet partiklar visas i Figur 11b. Här vill vi dock poängtera att vädertyperna inte är helt oberoende av varandra och vidare utvärdering måste ske innan dessa kan användas.

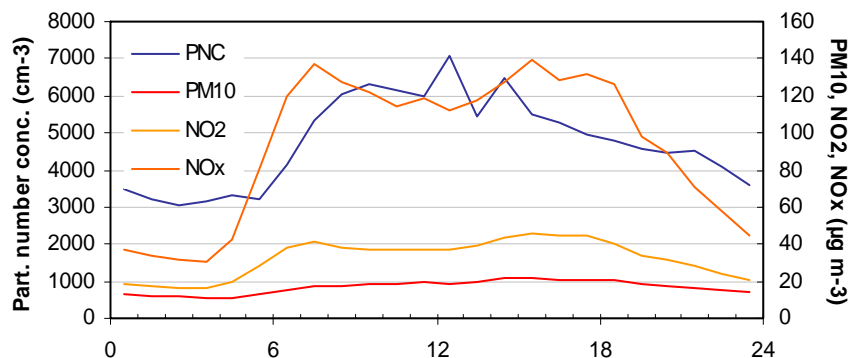


Figur 11. a) Samband mellan NO_2 och antalet partiklar för högtryck (anticyclonic) och lågtrycks (cyclonic) förhållanden. b) Samband mellan NO_2 och antalet partiklar för W och N väder förhållanden.

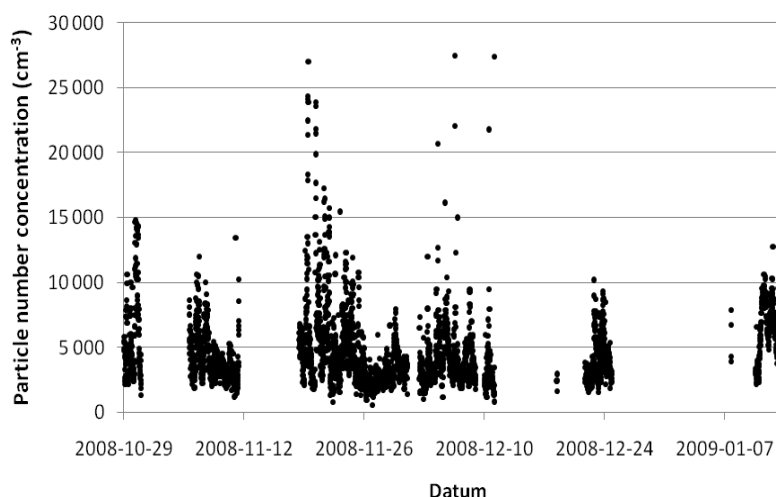
4 Resultat Partille

Målet med mätningarna i Partille var dels att mäta storleksfördelning (10-500 nm) av partiklarna och dels att kunna särskilja olika partikelkällor. För detta användes ett modifierat och mer komplicerat instrument i förhållande till det instrument som användes på Femmanstationen. Förhoppningarna var att man genom mätning av partikelstorleksfördelning (10-500 nm) samt meteorologisk data skulle kunna ta fram samband mellan antalet partiklar och PM_{10} och NO_2 på samma sätt som för data från Femmanmätningarna och dessutom med en tydlig klassificering av källbidragen. Utvärdering av de data som insamlats i Partille exemplifieras i Figur 12 vilken visar dygnsvariationen i medeltal under mätperioden för antalet partiklar (PNC), PM_{10} , NO_2 och NO_x . Det finns en tydlig ökning av samtliga luftföroreningar i samband med att trafiken startat på morgonen. Denna dygnsvariation kan jämföras med data från Femman (Figur 4). Figure 13 visar partikelkoncentrationerna (antal) som uppmätta 5 minutersmedelvärde för mätningarna i Partille. Tyvärr visade det sig att det nya instrument vi byggt för detta ändamål ej var tillräckligt stabilt och kan ej användas som trovärdigt mått på partikelhalterna i Partille. Dels krävde mätningarna mycket högre frekvens av tillsyn än planerat vilket initialt ledde till ett relativt stort datatapp och dels blev osäkerheten väldigt stora för de data som samlades in då instrumentet hade hög andel defekter som ej hade uppmärksammats vid genomgång/tester i laboriemiljö (kalibrering). När det gäller sambanden mellan antal, NO_2 (NO_x) och PM_{10} så är korrelationen låg för samtliga timmar på dygnet. Troligtvis är detta till stor del orsakat av en relativt lite datamängd samt de problem som fanns med

partikelmätinstrumentet. Då korrelationen var relativt dålig presenteras här inga samband (lutningar) för relationen mellan antalet partiklar och NO₂. Slutsatsen för Partille mätningarna var att man såg en tydlig dygnsvariation av luftföroreningarna medan övriga observationer bör säkerställas med kompletterande mätningar.



Figur 13. Genomsnittlig variation över ett dygn för antalet partiklar, PM10 och NO₂ (NO_x)



Figur 14. partikelhalter, 5 min tidsupplösta antalskoncentrationer, uppmätta i Partille. Som beskrivs i texten är osäkerheten stor både för absoluta koncentrationer och variationen.

5. Rekommendation-slutsatser

5.1 Allmänt

Det finns ett samband mellan NO₂ och antalet partiklar vilket möjliggör NO₂ som en möjlig indikator för antalet partiklar i urban bakgrundsluft. Dock är korttidsvariationen svårare att använda då sambandet och korrelationen varierar över till exempel dygnets timmar. Som tidigare studier också visat så är PM10 en mycket sämre indikator för antalet partiklar och bör ej användas. Noterbart är att mätningarna gjorda inom detta projekt representerar totala antalet partiklar och där nedre gränsen för vårt mätinstrument är 4 nm och där partiklar större än 200 nm bidrar väldigt lite

till totala antalet. Den lägre gränsen för partikelmätningarna kan vara väldigt viktigt. Detta då koncentrationen av dessa ytterst små partiklar varierar på grund av att de är kortlivade. Där till exempel partiklar i storleksintervallet 4-10 nm inte stannar i atmosfären längre än någon timme. För att bättre kunna särskilja olika källor samt beräkna exponering av antalet partiklar (där tex även lungans filtrerande egenskaper skall beaktas) bör man beakta storleksupplösta mätdata. För fordonsindustrin har EU tagit fram en standard för reglering av utsläppen av antalet partiklar (Euro 6). Här räknas alla partiklar som efter uppvärmning (ca 300°C) är större än 23 nm. Detta för att minimera mättekniska komplikationer och få ett jämförbart mått mellan olika emissionsstudier. Då syftet med begränsning av emissioner och förbättrad luftkvalite kan vara liknade finns det anledning att eventuellt harmonisera emissionsmätningar och koncentrationsmätningar. Notera dock att det inte är säkert att fordonsindustrins mätprogram nödvändigtvis är det bästa för att reglera halten av hälsoskadliga partiklar. En av de viktigaste slutsatserna av projektet är dock att det är av stor vikt att även fortsättningsvis genomföra mätningar av antalet partiklar för att kunna identifiera effektiva åtgärder. Det genomförda projektet fokuserade på den urbana bakgrunden men det är även viktigt att genomföra mätningar där människor vistas, det vill säga i gaturum och i bostadsområden. Ytterligare en aspekt är kompetensutveckling där både mätteknisk och generell förståelse av antalskoncentrationer i urban miljö förmodas efterfrågas för framtida effektiva lokala och/eller regionala miljömålsuppföljningar.

4.2 Rekommendationer

Utgående från resultat i dessa mätningar rekommenderas följande:

- Att behålla nuvarande miljömål med NO₂ som främsta indikator på antalet partiklar i urban bakgrundsmiljö. Det bör tydliggöras att NO₂ är en indikator för antalet partiklar i urban bakgrund och att NO_x kan vara en mer generell indikator i högexponeringsområden från förbränningskällor (tex gaturum).
- Att mätningar av antalet partiklar genomförs, om möjligt även med storleksupplöst mätteknik, som del av den lokala miljöövervakningen i Göteborgsområdet.
- Att uppföljning av detta mätprojekt fokuserar på mätningar i miljöer där man kan identifiera tydliga källbidrag (förslagsvis vägtrafik, vedeldning och sjöfart) och i miljöer där människor generellt exponeras (förslagsvis gaturum och bostadsområden). Dock bör antalet partiklar i några utvalda miljöer kontinuerligt mätas för att kunna följa upp eventuella förändringar i och med att miljömålen skall uppnås och eventuell revideras. (se ovan)
- Att genomföra en granskning av hur klimatet påverkar extrema luftföroreningsituationen i Göteborg för att kunna ge förutsägelse om hur lokala klimatförändringar kan komma att påverka miljömålsuppföljning samt exponering av ultrafina partiklar.

4.3 Framtida planer

Under hösten 2009 kommer ett doktorandprojekt startas upp vid Göteborgs universitet av Håkan Pleijel, Mattias Hallquist och Hans Linderholm. Projektet skall behandla kopplingen mellan luftföroreningar, klimat och klimatförändringar. Fokus ligger på partiklar och NO_x i urban miljö och i viss mån ozon. Ett syfte är att se på ”extrema situationer” med höga halter och kvantifiera dessa och förutsättningarna för att de uppstår. Med ett klimatförändringsperspektiv kan man studera om frekvensen av dessa extrema situationer förväntas minska eller öka. För att genomföra projektet kommer man att använda data från de mätningar som nu genomförts samt miljöövervakningsdata. Dock kommer det att finnas behov av nya mätningar i enlighet med rekommendationer ovan samt stöd för att göra samhällsrelevant utvärdering av data.

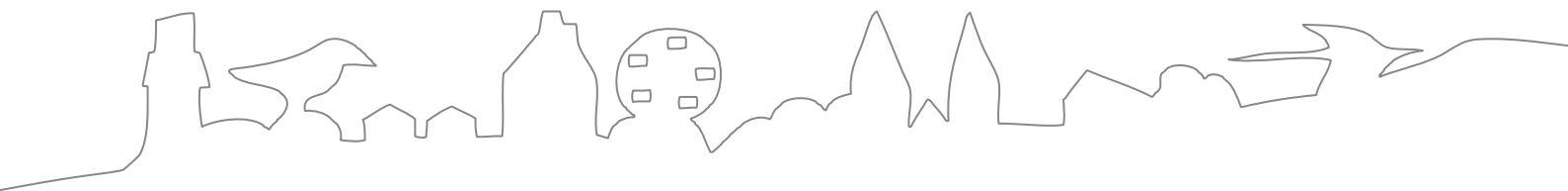
6. Tackord

Tack till Göteborgs miljöförvaltning och GR för användning av mätplatsen Femman och dess databas. Tack även till Mohammad Aurangojeb för hjälp med övervakning av instrument. Vi vill även passa på att tacka våra handläggare på Naturvårdsverket, Maria Ullerstam, och Länsstyrelsen Västra Götaland, Gunnar Barrefors, för konstruktiv diskussion och synpunkter under projektets gång och i samband med projektredovisningen.

5. Referenser

- Demuzere, M., Trigo, R. M., de Arellano, J. V. G., and van Lipzig, N. P. M.: The impact of weather and atmospheric circulation on O₃ and PM₁₀ levels at a rural mid-latitude site, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9, 2695-2714, (2009).
- Hussein, T., Puustinen, A., Aalto, P.P., Mäkelä, J.M., Hämeri, K., Kulmala, M., Urban aerosol number size distributions. *Atmospheric Chemistry and Physics* 4, 391–411. (2004).
- Janhäll S., Olofson K. F. G., Andersson P. U., Pettersson J. B. C, and Hallquist, M (2006), Evolution of the Urban Aerosol during Winter Temperature Inversion Episodes, *Atmospheric Environment*, 40, 5355-5366.
- Johansson C., Norman M. and Gidhagen L., Spatial and Temporal Variations of PM₁₀ and Particle Numbers concentrations in Urban Air. *Environ. Monit. Asses* (2007a), 127:477-487.
- Johansson C., Sjövall B., Ferm M., Karlsson H., Vecely V., Krecl P., Ström J. Relationer mellan halter av PM₁₀, PM₁ och Sot i Sverige, ITM-rapport 153, (2007b)
- Miljöförvaltning i Göteborg, 2009. Luftföroreningsmätningar i Partille 2008-09. Uppdragsrapport 2009:2
- Miljöförvaltning i Göteborg, 2008, Årsrapport Luftföroreningar, Mätningar i Göteborgsområdet 2008, R 2009:4
- Miljöförvaltning i Göteborg, 2007, Årsrapport Luftföroreningar, Mätningar i Göteborgsområdet, R 2008:5
- Olofson G F K., Andersson P. U., Hallquist M, Ljungström E, Tang L, Chen D, Pettersson J. B. C., Urban aerosol evolution and particle formation during wintertime temperature inversions, *Atmos. Environ.* 43 2, 340-346. (2009)
- Oberdörster G., Oberdörster E., and Oberdörster J, Nanotoxicology: An Emerging Discipline Evolving from Studies of Ultrafine Particles, *Environmental Health Perspectives*, 113, 823-839. . (2005)
- SLB 1:2009, Luften i Stockholm. Årsrapport 2008
- Puustinen A., Hämeri K., Pekkanene J., m. fl., Spatial variation of Particle Numbers and mass over four European Cities. *Atmos Environ.*, 41, 6622-6636 (2007)

WHO Air Quality Guidelines – Global Update 2005, Report on a Working Group meeting, Bonn, Germany, 18-20 October 2005, <http://www.euro.who.int/Document/E87950.pdf> (2005)



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN