

Luftföroreningshalter och sjukhusinläggningar för luftvägssjukdomar i Göteborg 1988-1996.

Projektrapport till Naturvårdsverket

Bertil Forsberg, Bo Segerstedt

2000

**Institutionen för folkhälsa & klinisk medicin
Umeå universitet
901 87 Umeå**

Sammanfattning

Denna studie har genomförts på uppdrag av Naturvårdsverket för att belysa luftföroreningars eventuella akuta effekter på luftvägssjuka personer i Göteborgsområdet. För att underlätta internationella jämförelser har metodiken anpassats till ett pågående europeiskt projekt. Uppgifter om sjukhusinläggningar för luftvägsdiagnoser dygn för dygn 1988-1996 har hämtats från Patientregistret, luftföroreningsdata från Göteborgs miljöförvaltning och IVL samt meteorologiska data från SMHI. I studien har analyserats luftföroreningarnas betydelse för samtliga luftvägsinläggningar (i genomsnitt 6,6 per dygn), luftvägsinläggningar bland äldre (65 år och däröver) samt inläggningar för astma och kronisk obstruktiv luftvägssjukdom (KOL) bland äldre. I analyserna tas hänsyn till tidstrender, årstidsmönster, influensaperioder, väderförhållanden, veckodag, helgperioder mm. De studerade luftföroreningarna är ozon, kvävedioxid och tre olika mått på partiklar. Alla luftföroreningsvariabler kan ses som indikatorer på olika typer av luftföroreningar.

För astma- och KOL-inläggningar är halten av fotokemiskt bildad ozon en signifikant ($p < 0,05$) riskfaktor oavsett vilket partikelmått som används i modellen, och avgasindikatorn kvävedioxid har signifikant betydelse utom med sulfat som partikelmått, då effekten dock nästan är signifikant. För samtliga luftvägsinläggningar bland personer 65 år och äldre är partikelhalten en signifikant riskfaktor oavsett vilket partikelmått som används. Resultaten talar för att flera typer av luftföroreningar, såväl storskaliga som sulfat och ozon liksom lokalt genererade bilavgaser, har viss betydelse för luftvägsinläggningarna.

Det totala antalet luftvägsinläggningar ökar enligt undersökningen med 3,7 % vid en haltökning från 25%- till 75%-ilen (percentilen) såväl för sulfatpartiklar som ”inandningsbara partiklar” (PM10), vilket för PM10 motsvarar 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ökad halt. De akuta effekterna per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ökad halt är i denna studie genomgående starkare än vad som vanligtvis rapporterats i tidigare studier från främst nordamerikanska städer, vilket talar för att det är viktigt med ytterligare undersökningar som beskriver svenska förhållanden.

Introduktion

Denna studie har genomförts som en del av Naturvårdsverkets miljöövervakning. Syftet är att belysa luftföroreningars eventuella akuta effekter på luftvägssjuka personer i en stor svensk stad. För att underlätta internationella jämförelser har metodiken anpassats till det europeiska APHEA-projektets andra etapp. Naturvårdsverket har angivit att sakrapporter inom den nationella miljöövervakningen skall följa en viss mall, vara relativt kortfattade (8-10 sidor) och riktade till en bredare allmänhet. Resultaten avses även att publiceras i en vetenskaplig tidskrift.

APHEA-projektet (*Short term effects of air pollution on health: a European approach using ecological time series data*) är ett europeiskt forskningsprojekt som har stor betydelse för att belysa korttidseffekter av luftföroreningar i europeiska storstäder (1-2). Kunskaperna om luftföroreningars betydelse för sjukhusvård och dödsfall har tidigare främst baserats på nordamerikanska studier med fokus på partiklars effekter (3). APHEA-projektet tyder på att effekterna kan vara olika i olika miljöer, t ex skilja sig mellan USA, Västeuropa och Östeuropa, och att gaser som svaveldioxid, ozon och kvävedioxid också måste beaktas. I APHEA-projektets första etapp studerades sjukhusinläggningar eller akutbesök för luftvägsdiagnoser i sex städer, och effekter konstaterades av såväl partiklar som gaser (4-6).

Världshälsoorganisationen (WHO) har i sina riktlinjer för luftkvalitet (Air Quality Guidelines, 1999) bl a beskrivit hur man utifrån publicerade resultat anser att sambanden mellan dygnsmedelhalter (<http://www.who.int/peh/air/Airqualitygd.htm>).

Studiepopulation och metod

Studieområde

Undersökningen omfattar befolkningen i 18 församlingar inom Göteborg samt församlingarna Stensjön och Fässberg i Mölndal, dvs totalt 20 församlingar. Avgränsningen av studieområdet har gjorts i samråd med Miljöförvaltningen i Göteborg (A-M Ramnerö, J Brandberg), som även beräknat kvävedioxidbelastningen (s k urban bakgrundshalt) som årsmedelvärde för Göteborgsområdet och församlingarna (Figur 1). De beräknade halterna (i rutnätet) ligger i intervallet 11,2 – 46,4 µg/m³, markerade med tilltagande färgintensitet på kartan.

Avsikten med områdesavgränsningen i studien har varit att inkludera: (I) en tillräckligt stor population för studien, (II) det mest föroreningsbelastade området för lokalt genererade föroreningar samt (III) ett område där haltfluktuationerna hos dessa luftföroreningar ovan tak i centrala Göteborg bedöms ha god relevans för befolkningsexponeringen.

Studieperiod och population

Miljöförvaltningens centrala mätstation på ”Femman-huset” har använts sedan 1988. Under 1988 - 1996 har samma version av den internationella sjukdomsklassifikationen (ICD-9) använts för diagnoskodning. Analyserna i denna studie omfattar därför perioden 1988-1996. Studiepopulationen omfattade enligt befolkningsregistret 358590 (1988) – 380440 personer (1996).

Miljödata

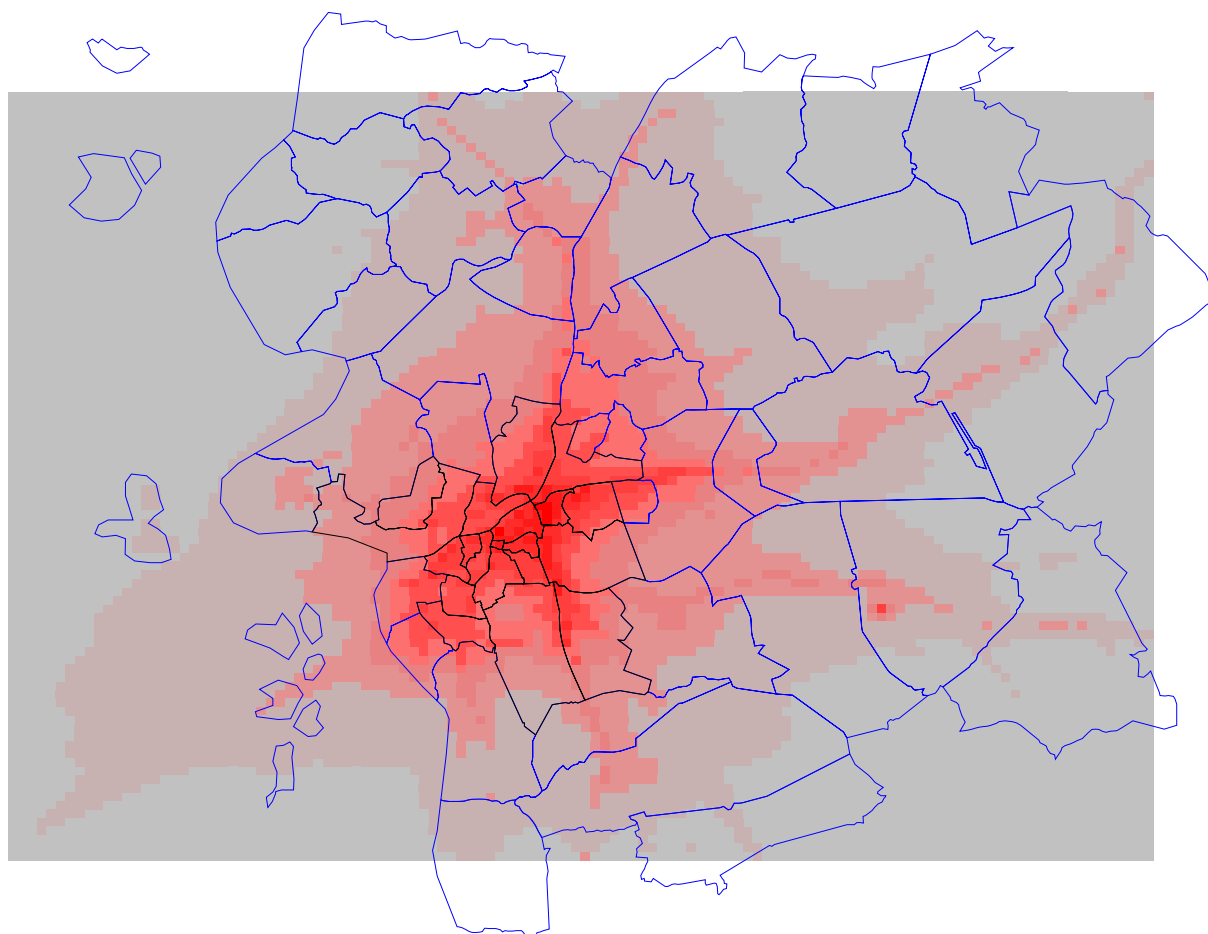
Uppgifter om dygnsmedelhalter av kvävedioxid, sot, ”inandningsbara partiklar” (PM10) och ozon i centrala Göteborg har för denna studie hämtats från miljöförvaltningens huvudmätstation på ”Femman-huset” vid Postgatan 28. Byggnaden ligger i ett affärsområde med hög persontäthet dagtid. Mätningarna sker på ca 25 meters höjd. De lokala föroreningskällorna är främst vägtrafik (inklusive en bussterminal) och hamntrafik. Mätstationen har under hela studieperioden haft mätningar av kvävedioxid (NO₂) med chemiluminescenseanalysator, svaveldioxid (SO₂) med fluorescenseinstrument och ozon med UV-instrument. Sothalten har analyserats fram till och med september 1993. För PM10 finns mätdata sedan 27/2 1990 från ett TEOM-instrument.

Bakgrundsstationen Rörvik ligger 4 mil söder om Göteborg och ingår i den nationella miljöövervakning som Naturvårdsverket finansierar. Sulfatanalyserna baseras på en filterprovtagning och analys med jonkromatograf (enligt standard för EMEP). Sot bestäms vid IVL med samma metod som i Urban-mättnätet.

Enbart dygnsmedelvärden ligger som grund för denna studie. Vid beräkning av medelvärden och korrelationskoefficienter har dessa värden använts. I analyser av relationerna till antal inläggningar på sjukhus har enbart medelvärdet halten av samma dygn (lag 0) och föregående dygn (lag 1) använts. Detta innebär att antalet testade associationer hålls nere och risken att finna slumpbetingade samband begränsas. De effekter som här studeras är sådana som antas visa sig inom samma dygn eller dygnet efter exponeringen. Eventuella ytterligare fördröjda effekter kan förekomma men har inte nu studerats.

Meteorologiska uppgifter för Göteborg har inhämtats från SMHI och uppgifter om dygnsvisa pollenhalter för Göteborg från PollenGruppen i Göteborg AB. Pollenmätningen har skett på taket till Centralkliniken vid Östra sjukhuset i Göteborg, ca 30 meter över marken. Totalhalten av de allergiframkallande lövträds- och gräspollen som ingår i pollenrapporteringen har använts som mått på pollenhalten.

Figur 1. Illustration av NO₂-belastning i studieområdet och omgivande församlingar.



Inläggningsdiagnoser

Uppgifter om dagligt antal inläggningar på de akutsjukhusen i studieområdet (Sahlgrenska, Östra sjukhuset och Mölndals lasarett) har erhållits ur Patientregistret via Epidemiologiskt Centrum (EpC) vid Socialstyrelsen. Patientregistret innehåller information om alla inläggningar och har uppgifter om inläggningsdatum, huvuddiagnos (huvudorsak till inläggningen), bidiagnoser, sjukhus, akut eller planerad vård, personnummer, kön, ålder, församling mm.

Vårdorsaken ingår i registret kodad enligt den internationella sjukdomsklassifikationen (ICD). I denna studie har huvuddiagnos använts, och för studieperioden 1988-1996 nyttjades (i Patientregistret) den svenska versionen av den 9:e revisionen av ICD.

De akuta luftvägsinläggningar som här har analyserats är de två största delgrupper som används i det europeiska projektet APHEA-2, dvs samtliga inläggningar för luftvägsdiagnoser (ICD-9:460-519) för personer som är 65 år eller äldre (0-29 per dygn, medelvärde 3,93 per dygn) samt inläggningar för astma eller kronisk obstruktiv lungsjukdom (KOL) (ICD-9: 490-496) för personer som är 65 år eller äldre (0-12 per dygn, medelvärde 1,67 per dygn). För att erhålla större tal har vi dessutom studerat samtliga luftvägsinläggningar oavsett ålder (0-45 per dygn, medelvärde 6,62 per dygn).

Antalet astmainläggningar totalt för personer 0-64 år är i genomsnitt mindre än en per dygn och har på grund av det låga antalet inte studerats eftersom resultaten antas bli för osäkra.

Tabell 1. Antal inläggningar per dygn i den studerade populationen.

	Min	25%-il	Medel	75%-il	Max
Astma-KOL (65+)	0	1	1.67	2	12
Luftvägar (65+)	0	2	3.93	5	29
Luftvägar (alla åldrar)	0	4	6.62	8	45

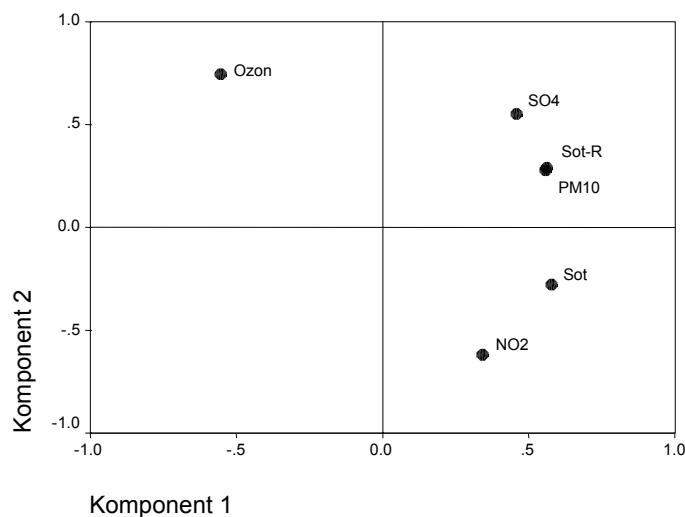
Val av föroreningar i analyserna

Analys av luftföroreningars betydelse ur hälsosynpunkt kan göras med modeller där en eller flera luftföroreningsvariabler studeras åt gången. Med enkla föroreningssmodeller där man studerar en förorening åt gången kan man få en sammanblandning eller maskering av effekter på grund av att betydelsefulla föroreningar inte ingår i analysen. Å andra sidan är det inte lämpligt att inkludera flera variabler som indikerar i stort sett samma föroreningstyp, då detta leder till ökad osäkerhet i effektskattningarna. Eftersom varje dygnsuppgift som saknas leder till att dygnet ifråga utgår ur analysen, bör variabler med större bortfall inkluderas bara om de antas bidra med unik information. Vidare ökar risken att finna slumpbetingade samband med antalet samband som studeras.

Vår teoretiska utgångspunkt är att tre typer av föroreningar kan vara av betydelse för luftvägsinläggningarna. Dessa föroreningstyper är (1) lokalt genererade motoravgaser som kvävedioxid och partiklar, (2) ozon och (3) storskaligt långdistanstransporterade förbränningsprodukter främst i form av små partiklar. Korrelations- och principalkomponent har använts för att slutligen avgöra vilka luftföroreningsvariabler som inkluderats i analyserna.

En nackdel med att enbart titta på korrelationer (variablers samvariation) i en korrelationsmatris är att de endast beskriver sambandet mellan två variabler i taget. För att studera samvariation mellan flera variabler är det vanligt att man också använder sig av k principalkomponenter. Tekniken bygger på att man bildar nya variabler (principalkomponenter) genom kombinationer av de ursprungliga variablerna. Komponenterna skapas så att de har korrelationen noll och att den första beskriver så mycket så möjligt av variationen mellan ursprungsvariablerna, den andra så mycket som möjligt av den återstående variationen osv.

Koefficienterna ("laddningarna") vid skapandet av komponenterna beskriver i vilken grad respektive ursprungsvariabel ingår i de olika principalkomponenterna, dvs en koefficient nära 0 innebär att variabeln inte bidrar till den komponenten.



Figur 2. De två första principalkomponenternas laddningar.

Figur 2 visar hur föroreningarnas betydelse förhåller sig till varandra sett genom ett fönster som byggts upp av de två första principalkomponenterna. I vårt fall beskriver de två första principalkomponenterna 46 % respektive 25 % av variationen, således totalt 71 %. De föroreningensvariabler som ligger nära varandra i laddning har ungefär samma betydelse för principalkomponenterna.

Det är tydligt att ozon har en egen betydelse. Vidare framgår att PM10 och sot-R (regionalt enligt Rörvik) uttrycker samma sak, och att sulfat har liknande betydelse. Dessa tre variabler beskriver bäst den storskaliga partikelföroreningen. Kvävedioxid och sot i centrala Göteborg ligger närmast varandra i betydelse, och är båda influerade av lokala avgasutsläpp.

Vi har utifrån våra teoretiska utgångspunkter och principalkomponentanalysen valt att studera eventuella effekter av ozon, kvävedioxid (fler observationer än för sothalten i centrala Göteborg) och partiklar i form av någondera av PM10, regionalt sot eller sulfat.

Analyser av luftföroreningarnas effekter

I en befolkning som den här studerade läggs varje dag ett mindre antal personer in på sjukhus, och uppdelat på olika typer av orsaker och åldrar inträffar många av dygnen inga inläggningar alls. Antalet inläggningar per dygn är noll eller ett positivt heltal (s k räknedata), och de kan för en tidsperiod beskrivas som en process där antalet inläggningar är Poisson-fördelade. Moderna studier av samband mellan daglig antal sjukhusinläggningar och luftföroreningshalter har därför regelmässigt använt olika varianter av Poisson-regression, exempelvis inom EU-projektet APHEA (10-11). Även i denna studie har Poisson-regression utnyttjats för de multivariata sambandsanalyserna. I en linjär Poisson-regression är det normalt den naturliga logaritmen av det förväntade antalet (fall) som förutsägs med linjära kombinationer av de ingående förklaringsvariablerna. Avvikelsen mellan observerat och enligt regressionsmodellen förväntat antal fall (ett givet dygn) brukar kallas för residual. Ju bättre förmåga en modell har att förklara variationerna (i antalet fall per dygn) desto lägre och mer slumpmässigt fördelade kring värdet noll blir residualerna.

För Poisson-analyserna i denna studie har (liksom i pågående APHEA-2) använts en s k Generaliserad Additiv Modell (GAM), vilket innebär att det är möjligt att använda förklaringsvariabler utan att precisera en linjär funktion för deras effekt. Temperatur kan t ex få anta ett V-format samband till antalet inläggningar, med den lägsta risken i mitten av temperaturintervallet. Funktionerna erhålls genom en procedur som benämns "lokalt viktad regression". Man kan se det som att dataserien betraktas genom ett glidande fönster inom vilket en regressionslinje skattas i varje läge och ger en "mjuk" (smooth) funktion.

Oavsett luftföroreningarnas eventuella effekter på antalet inläggningar dygn för dygn finns skillnader i antalet över tid, t ex årstidscykler, kalendereffekter (veckodagsberoende, semesterperioder) och tidstrender. Årstidscykler kan ha sin förklaring i väderförhållanden, influensaepidemier, pollensäsonger etc. Årstidsmönstret kan skilja sig för olika diagnoser och åldersgrupper, inläggningar för barnastma respektive kronisk obstruktiv lungsjukdom i den äldsta delen av befolkningen förväntas exempelvis inte följa samma mönster. Kalendereffekter kan bero både på befolkningens aktiviteter och sjukvården. Långsiktiga tidstrender kan bero såväl på sjukdomsutvecklingen som behandlingsmetodernas förändring.

Vädret kan förutom att bidra till årstidscykler också ha betydelse i ett kortare perspektiv. Exempelvis temperatur kan ge korttidseffekter vid särskilt kalla dygn under den kalla årstiden eller särskilt högra temperaturer under den varma årstiden.

När trendfunktioner, årscyklar, kalenderdata, väderförhållanden, influensaperioder etc lagts in i en regressionsmodell ska residualerna sakna trender och cykliska mönster. Återstående korttidsvariationer i residualerna kan dock ha samband med korta fluktuationer i föroreningshalterna.

I denna studies sambandsanalyser har hänsyn tagits till tidstrender (som mjuk trend samt justering för vissa längre perioder med avvikande mönster), årstidsmönster (som mjuk årscykel), kalendereffekter (med dummy-variabler för veckodag, skollov, jul-nyårsperioder allmänna helgdagar), influensaläget (utifrån inläggningar/dygn), temperatur (mjuk funktion av medelvärdet för dagens och gårdagen) samt relativ luftfuktighet (mjuk funktion av medelvärdet för dagens och gårdagen). Dataproportionen som används för de mjuka funktionerna ("fönsterbredden") har valts främst utifrån studier av residualerna. Saknade värden har uteslutits vid analyserna.

Vid positiva 95 %-iga konfidensintervall har sambanden betraktats som statistiskt säkerställda (signifikanta).

Halten av allergiframkallande pollen (i fem klasser från 0 till 1000+/m³) har i en känslighetsanalys lagts till de studerade modellerna utan att ha någon signifikant betydelse, och ingår därför inte i de slutliga modellerna.

Resultat

Ozon är den förorening som uppvisar det kraftigaste årstidsmönstret för månadsmedelhalten, med en tydlig ökning av halterna från februari till maximum i maj, en tydlig minskning maj-september och ganska lika halt under oktober-februari. Andra föroreningar har svagare årstidsmönster. Kvävedioxidmedelhalten är högst i december och lägst under sommaren, med minimum i juli, samt har ett tydligt veckodagsberoende. Partikelhalterna (sot, PM10 och sulfat) är högst i april och lägst under juli-september.

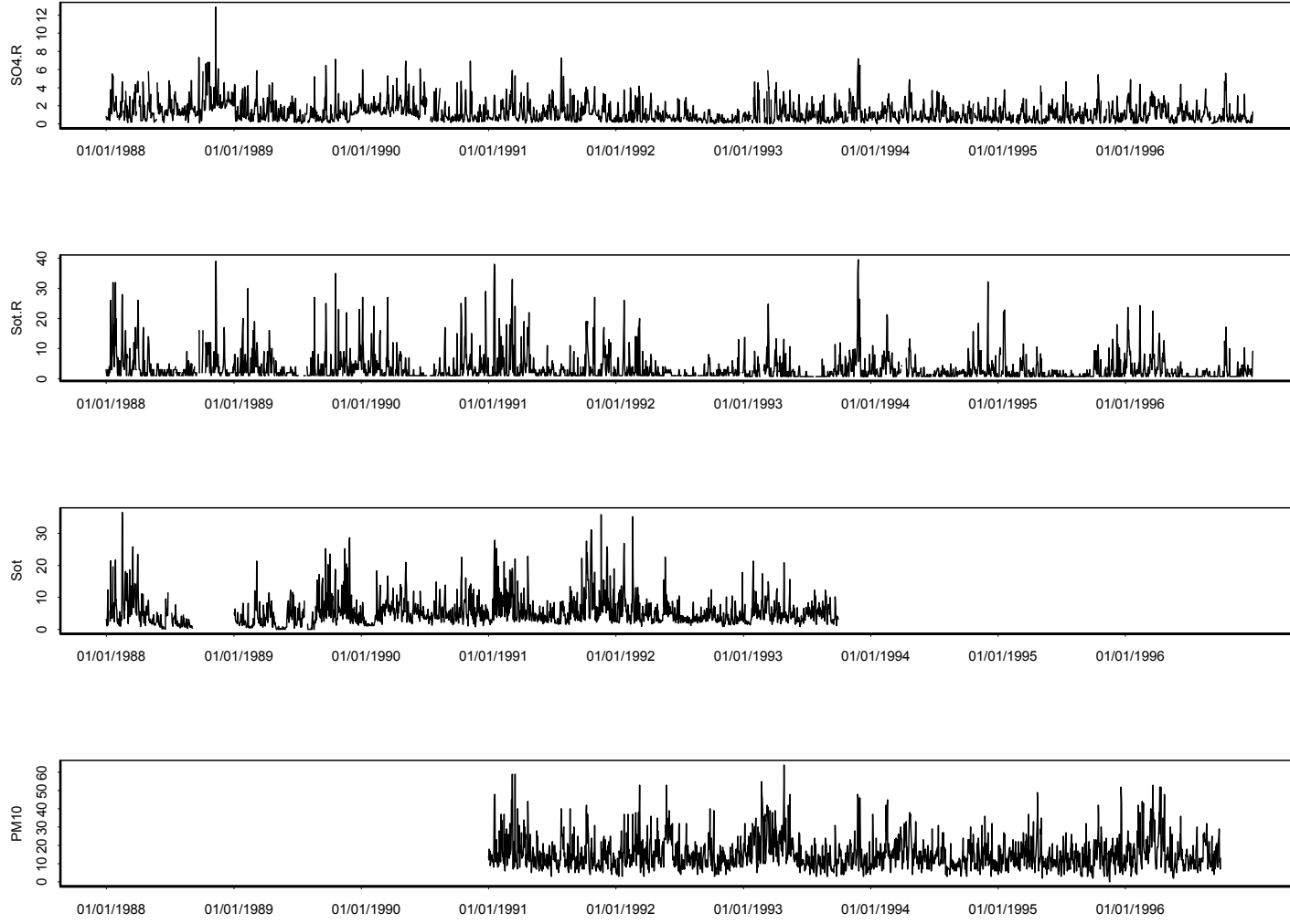
Tabell 2 Dygnsvärden som medel, minimum, maximum, standardavvikelse, kvartilavstånd (75%-il – 25%-il) för förorenings- och vädervariablerna (inkl för sot i Göteborgs centrum ej använt i analysen).

	Min	25%-il	Medel	75%-il	Max	Std Av.	Antal	75-25%-il
Ozon	0.0	23.5	39.2	53.6	127.9	20.8	3234	30.1
NO2	1.1	18.6	27.7	34.4	111.9	13.2	3234	15.8
Sot	0.0	2.6	5.4	6.9	36.6	4.5	1955	4,30
PM10	0.0	9.0	15.3	19.0	64.0	8.7	2098	10.0
Sot-R	0.7	1.0	3.4	3.9	39.6	4.5	3106	4.3
SO4	0.0	0.5	1.2	1.7	12.9	1.1	3171	1.2
Temp	-13.7	3.3	8.3	13.9	26.3	6.8	3148	
Fukt	34.1	66.5	74.8	84.9	99.0	12.8	3146	

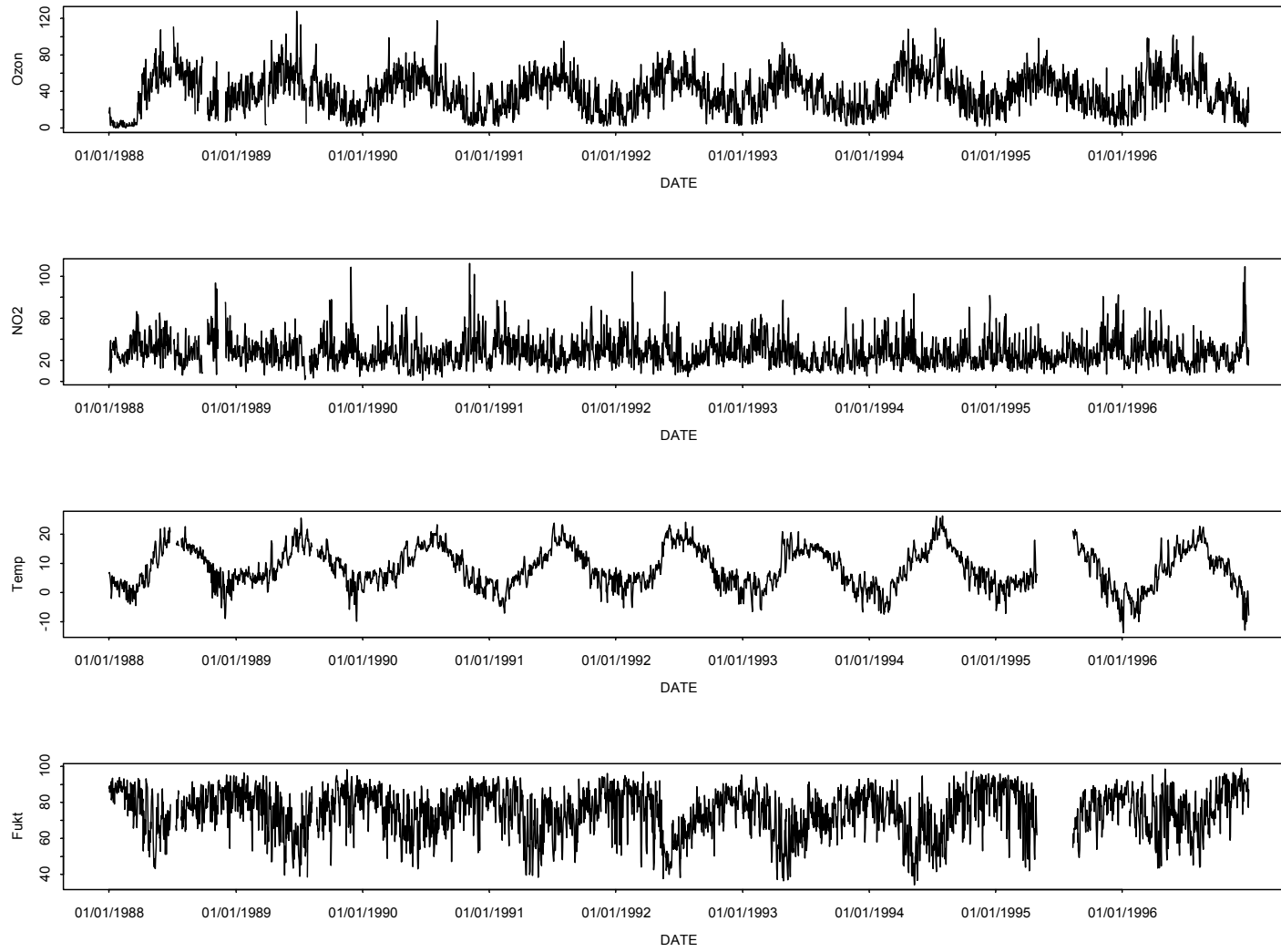
Tabell 3 Korrelationer mellan luftföroreningsvariablerna samt temperatur och fukt som dygnsmedelvärden.

	Ozon	NO2	Sot	PM10	Sot-R	SO4	Temp
NO2	-0.42						
Sot	-0.35	0.53					
PM10	0.08	0.37	0.51				
Sot-R	-0.21	0.13	0.47	0.53			
SO4	0.06	0.04	0.33	0.53	0.65		
Temp	0.54	-0.26	-0.19	-0.04	-0.19	0.05	
Fukt	-0.52	0.03	0.08	-0.17	0.17	0.15	-0.43

Figur 3. Dagnsmedelvärden för partikelvariablerna under studieperioden.

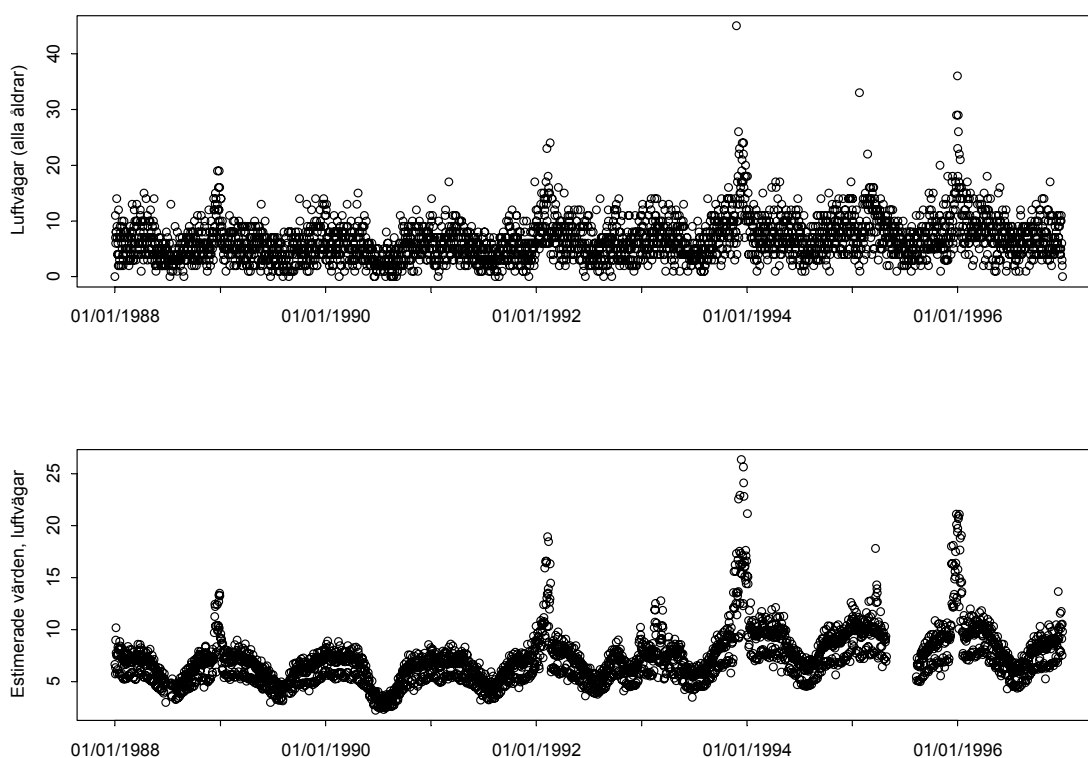


Figur 4. Dygnsmedelvärden för ozon, NO₂, temperatur och relativ luftfuktighet under studiemånaden abärändan för nanofibrerfabriklarna under studiemånaden



I modellerna för luftvägsinläggningar totalt och för åldersgruppen 65 år och däröver har en autoregressiv funktion inkluderats för att modellera första ordningens seriella korrelation. Med denna visar residualanalyserna på acceptabla modeller.

I figur 5 redovisas överst variationen i totala antalet luftvägsinläggningar dygn för dygn under studieperioden, och därunder en modellprediktion (förväntat antal) dygn för dygn när hänsyn tagits till alla variabler i modellen. I analyssteget före den slutliga modellprediktionen har en ”bästa möjliga” modell utan hänsyn till luftföroreningar skapats, och utifrån denna har föroreningseffekterna sedan skattats.



Figur 5. Observerat (övre bilden) och modellförväntat (nedre bilden) antal luftvägsinläggningar per dygn 1988-1996.

Tabell 4 redovisar resultaten från sambandsanalyserna. Eftersom tre alternativa partikelmått har använts, ges resultaten för de tre olika modellerna. Till vänster i tabellen redovisas regressionskoefficienter med ett statistiskt osäkerhetsintervall (95 % konfidensintervall). Dessa koefficienter (β) redovisar hur en ökning av halten med $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ förändrar logaritmen för den relativa risken (RR), dvs e upphöjt till $\beta = \text{RR}$ för $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En tumregel är att för små tal man kan flytta decimalpunkten två steg åt höger och därigenom få den procentuella förändringen per $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ökad halt.

Till höger i tabellen redovisas för jämförbarhetens skull hur den relativa risken för inläggningar ökar om halten stiger från 25 %- till 75 %-ilen (percentilen) för respektive förorening.

Tabell 4. Regressionskoefficienter (med 95 % konfidensintervall) samt relativa risken för en haltökning från 25 %- till 75 %-ilen (med 95 % konfidensintervall) för respektive förorening. Fet stil indikerar signifikanta samband.

	Regressionskoefficient estimat	[95%KI]	RR [95%KI] 25-75-il
Astma-KOL (65+)			
Ozon	0.0027	[0.0004 - 0.0050]	1.085 [1.013 - 1.164]
NO2	0.0028	[-0.0001 - 0.0057]	1.045 [0.998 - 1.094]
SO4	0.0195	[-0.0108 - 0.0498]	1.024 [0.987 - 1.062]
Ozon	0.0027	[0.0004 - 0.0051]	1.085 [1.011 - 1.166]
NO2	0.0029	[0.0000 - 0.0059]	1.047 [1.000 - 1.097]
Sot-R	-0.0013	[-0.0089 - 0.0063]	0.994 [0.962 - 1.027]
Ozon	0.0038	[0.0008 - 0.0069]	1.123 [1.023 - 1.231]
NO2	0.0050	[0.0010 - 0.0089]	1.082 [1.016 - 1.152]
PM10	0.0027	[-0.0024 - 0.0079]	1.028 [0.976 - 1.082]
Luftvägar (65+)			
Ozon	0.0012	[-0.0005 - 0.0028]	1.035 [0.986 - 1.087]
NO2	0.0014	[-0.0007 - 0.0034]	1.022 [0.989 - 1.055]
SO4	0.0333	[0.0107 - 0.0559]	1.041 [1.013 - 1.069]
Ozon	0.0016	[0.0000 - 0.0033]	1.051 [1.001 - 1.103]
NO2	0.0017	[-0.0004 - 0.0037]	1.027 [0.994 - 1.061]
Sot-R	0.0055	[0.0000 - 0.0109]	1.024 [1.000 - 1.048]
Ozon	0.0015	[-0.0006 - 0.0037]	1.047 [0.982 - 1.116]
NO2	0.0018	[-0.0010 - 0.0046]	1.029 [0.985 - 1.076]
PM10	0.0046	[0.0009 - 0.0083]	1.047 [1.009 - 1.086]
Luftvägar (alla åldrar)			
Ozon	0.0004	[-0.0009 - 0.0017]	1.011 [0.972 - 1.052]
NO2	0.0015	[-0.0001 - 0.0032]	1.024 [0.998 - 1.051]
SO4	0.0304	[0.0125 - 0.0482]	1.037 [1.015 - 1.060]
Ozon	0.0017	[0.0001 - 0.0034]	1.054 [1.002 - 1.108]
NO2	0.0022	[0.0001 - 0.0043]	1.036 [1.001 - 1.071]
Sot-R	0.0044	[-0.0013 - 0.0100]	1.019 [0.995 - 1.044]
Ozon	0.0005	[-0.0013 - 0.0023]	1.014 [0.961 - 1.071]
NO2	0.0014	[-0.0010 - 0.0038]	1.022 [0.984 - 1.061]
PM10	0.0037	[0.0006 - 0.0067]	1.037 [1.006 - 1.070]

Av tabell 4 framgår att 26 av 27 beräknade koefficienter och samtliga 13 signifikanta har positivt tecken, dvs indikerar ökad risk med stigande föroreningshalt. För astma- och KOL-inläggningar (i gruppen 65 år och äldre) är ozonhalten en signifikant riskfaktor oavsett vilket partikelmått som används i modellen, och kvävedioxid signifikant utom tillsammans med sulfat, där effekten nästan är signifikant.

För samtliga luftvägsinläggningar i gruppen 65 år och äldre är partikelhalten en signifikant riskfaktor oavsett vilket partikelmått som används, medan ozon når signifikans bara tillsammans med sot. När man betraktar samtliga luftvägsinläggningar i alla åldrar har sulfat respektive PM10 signifikanta effekter, medan sot ej når signifikans. Däremot är ozon och kvävedioxid signifikanta i modellen med sot.

Ozonkoefficienten är hög för astma- och KOL-inläggningarna. Effekten är ca 0,27-0,38 % ökning av relativa risken (inläggningarna) per 1 µg/m³ ökad ozonhalt, eller 8,5-12,3 % fler inläggningar för en haltökning från 25 till 75 %-ilen. Motsvarande effekter av kvävedioxid är 4,7-8,2 % för en ökning av halten från 25 till 75 %-ilen.

För luftvägsinläggningar bland personer 65 år och däröver medför en ökning av partikelhalten från 25 till 75 %-ilen för respektive partikelmått en ökning av inläggningarna med 2,4 % (sot), 4,1 % (sulfat) respektive 4,7 % (PM10).

Det totala antalet luftvägsinläggningar ökar enligt undersökningen med 3,7 % vid en haltökning från 25 till 75 %-ilen såväl för sulfat som PM10, vilket för PM10 motsvarar 10 µg/m³ ökad halt.

Diskussion

För jämförbarhets skull har vi i denna studie använt metodik som i princip anpassats till den pågående europeiska studien APHEA-2. Vi har dock tre föroreningsindikatorer samtidigt i modellen mot högst två samtidigt i APHEA-2. Detta beror på att vi identifierat tre föroreningstyper som beskriver variationen i luftkvalitet, och dessa inbegriper även regionala bakgrundshalter av partiklar, dvs sot och sulfat från Rörvik.

Antalet inläggningar för astma bland personer yngre än 65 år studeras inom det europeiska projektet APHEA-2, men har på grund av det låga antalet inte studerats i denna undersökning. I det åldersintervallet vore det önskvärt att även studera luftföroreningarnas betydelse för akuta öppenvårdsbesök, eftersom den övervägande delen av akutbesöken inte leder till sjukhusinläggning, men ändå kan vara av stor betydelse ur hälsosynpunkt liksom samhällsekonomiskt. Vi har däremot studerat luftvägsinläggningar totalt i alla åldrar. För dessa har vi indikationer på att resultaten kan skilja sig mellan olika årstider, och avser göra säsongsvisa analyser när metodiken för sådana fastställts för APHEA-2.

I en känslighetsanalys inkluderade vi även pollenhalterna, men de var utan inflytande sannolikt på grund av att inläggningarna främst förekommer bland äldre personer, där pollenastma förväntas ha liten betydelse.

I det ursprungliga APHEA-projektet fann man beträffande inläggningar för kronisk obstruktiv lungsjukdom (KOL) sammantaget den mest entydiga effekten av ozon och en svagare men dock signifikant effekt av sot (4). För astmainläggningar i den vuxna befolkningen fann man i APHEA en signifikant effekt av kvävedioxid men inte av partiklar (6). I en mycket stor studie från Ontario, Kanada, påvisades att antalet inläggningar för luftvägssjukdom, kronisk obstruktiv lungsjukdom och astma var beroende av både ozon och sulfat, trots en relativt hög samvariation (7). Ozon och ett sotindex, men inte kvävedioxid, hade en signifikant effekt på luftvägsinläggningar i en annan stor kanadensisk studie (8). Sammantaget finns ett stort antal studier som påvisat korttidseffekter av fluktuationer i partikelhalten. När resultaten

sammanvägts har en ökning av halten PM10 vanligtvis angivits öka antalet luftvägsinläggningar med ungefär 0,1% per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3).

I studier där man försökt jämföra sambanden mellan olika partikelmått och sjuklighet eller dödlighet, har man vanligtvis funnit att halten av sulfat och PM_{2,5} (fina partiklar) givit starkare samband än grövre partiklar som PM₁₀ och totalhalten av svävande partiklar (9). Man kan se PM₁₀ som en delmängd av de svävande partiklarna. Dessutom kan man se sot, PM_{2,5} och sulfat som överlappande delmängder av PM₁₀. Sotvärdena baseras på att filtrens svärtningsgrad analyseras och påverkas därför mycket av primära förbränningspartiklar vilka är mörka. Förhållandet mellan sot och PM₁₀ varierar därför mellan olika miljöer och mätplatser. Sulfat kan ses som en indikator på sekundärt bildade partiklar inklusive sura partiklar, och just de sura komponenterna snarare än sulfatjonerna är troligen orsak till hälsoeffekterna (9).

Vi använde oss alltid av ozon, kvävedioxid och en av partikelvariablerna sulfat, regionalt sot eller PM₁₀ inne i Göteborg i analyserna. Resultaten för ozon och kvävedioxid påverkas av vilket mått på partiklar som inkluderas, delvis beroende på en kortare period med mätdata avseende PM₁₀. Skillnaderna kan också bero på skillnader i partikelvariablernas hälsomässiga relevans samt samvariationerna med ozon och kvävedioxid. De tre olika föroeningstyperna som nu studerats, fotokemisk bildade föroeningar indikerade av ozon, avgaser indikerade av kvävedioxid och intransporterade sekundära partiklar, tycks dock alla kunna vara av hälsomässig betydelse.

I WHO:s Air Quality Guidelines (<http://www.who.int/peh/air/Airqualitygd.htm>) presenteras sammanvägda dos-respons samband för hur halten av PM₁₀ respektive sulfat påverkar antalet inläggningar för luftvägssjukdom. Ökningen i antalet inläggningar per ökad halt (uttryckt per 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) anges till 0,6 % för sulfat och 0,084 % för PM₁₀. För PM₁₀ anges sambandet gälla för intervallet 20-200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Såväl halterna av PM₁₀ och sot som deras relation och källor varierar avsevärt mellan olika länder och miljöer, halterna är dock låga i Skandinavien (10).

I denna undersökning är ökning i antalet luftvägsinläggningar totalt 0,37 % per 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM₁₀, men konfidensintervallet (0,06-0,67 %) innesluter WHO:s sammanvägda värde 0,08 %. Överhuvudtaget är dock effekterna i denna studie genomgående starkare än vad som vanligtvis rapporterats i tidigare studier främst från nordamerikanska städer. Detta trots att vi genomgående anger effekten av medelvärdet av dagens och gårdagens halt, medan många studier presenterar en koefficient utifrån den tidsfördröjning (0,1,2,3... dygn) som givit den högsta koefficienten. Orsaken kan vara såväl föroeningssituationen som det sätt på vilket vi mäter luftföroeningshalterna i Sverige eller effektmodifiering genom andra faktorer. Resultaten talar för att det är viktigt med ytterligare undersökningar som beskriver svenska förhållanden, och pekar på risken att luftföroeningars betydelse för luftvägsinläggningar i Sverige kan underskattas utifrån utländska data.

Att personer med luftvägssjukdomar som astma, också i Sverige försämras av luftföroeningar trots de relativt låga halter som här förekommer, har vi tidigare visat i dagboksstudier (11,12).

Referenser

1. Katsouyanni K, Schwartz J, Spix C, Touloumi G, Zmirou D, Zanobetti A *et al.* Short term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiological time series data: the APHEA protocol. *Journal of Epidemiology & Community Health* 1996; 50 Suppl 1:S12-18.
2. Katsouyanni K, Zmirou D, Spix C, Sunyer J, Schouten JP, Ponka A *et al.* Short-term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiological time-series data. The APHEA project: background, objectives, design. *Eur Respir J* 1995;8(6):1030-1038.
3. Pope III CA, Dockery DW. Epidemiology of Particle Effects. *Air Pollution and Health*, pp 673-705. Academic Press Limited, 1999.
4. Anderson HR, Spix C, Medina S, Schouten JP, Castellsague J, Rossi G *et al.* Air pollution and daily admissions for chronic obstructive pulmonary disease in 6 European cities: Results from the APHEA project. *Eur Respir J* 1997;10:1064-1071.
5. Sunyer J, Spix C, Quenel P, Ponce-de-Leon A, Barumandzadeh T, Touloumi G *et al.* Urban air pollution and emergency admissions for asthma in four European cities: The APHEA project. *Thorax* 1997; 52:760-765.
6. Spix C, Anderson HR, Schwartz J, Vigotti MA, LeTertre A, Vonk JM *et al.* Short-term effects of air pollution on hospital admissions of respiratory diseases in Europe: a quantitative summary of APHEA study results. *Air Pollution and Health: a European Approach. Arch Environ Health* 1998;53(1):54-64.
7. Burnett RT, Dales RE, Raizenne ME, Krewski D, Summers PW, Roberts GR *et al.* Effects of low levels of ozone and sulfates on the frequency of respiratory admissions to Ontario Hospitals. *Environ Res* 1994;65:172-194.
8. Burnett RT, Brook JR, Yung WT, Dales RE, Krewski D. Association between ozone and hospitalisation for respiratory diseases in 16 Canadian cities. *Environ Res* 1997;72:24-31.
9. Lippman M, Thurston GD. Sulfate concentrations as an indicator of ambient particle matter air pollution for health risk evaluations. *J Expos Anal Environ Epidemiol* 1996;6:123-146.
10. Hoek G, Forsberg B, Borowska M, Hlawiczka S, Vaskövi H, Welinder H *et al.* Wintertime PM10 and Black smoke concentrations across Europe: results from the PEACE study *Atmospheric Environment* 1997;31:3609-3622.
11. Forsberg B, Stjernberg N, Falk M, Lundbäck B, Wall S. Air pollution levels, meteorological conditions and asthma symptoms. *Eur Respir J* 1993;6:1109-1115
12. Forsberg B, Stjernberg N, Linne R, Segerstedt B, Wall S. Daily air pollution levels and acute asthma in southern Sweden. *Eur Respir J* 1998;12:900-905.