

Luftföroreningshalter och sjukhusinläggningar för luftvägssjukdomar i Stockholm, Göteborg, Malmö och Helsingborg 1997-1999.

Projektrapport till Naturvårdsverket

Bertil Forsberg, Bo Segerstedt

2003

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

Sammanfattning

Denna studie har genomförts på uppdrag av Naturvårdsverket för att belysa eventuella akuta effekter av luftföroreningar på antalet inläggningar för sjukdomar i andningsorganen. Studien omfattar befolkningen i fyra områden: StorStockholm, Göteborg/Mölndal, Malmö/Burlöv samt Helsingborg. För att underlätta internationella jämförelser har metodiken anpassats till det pågående europeiska projektet APHEA2, där betydelsen av halten de två senaste dygnen beräknas. Uppgifter om sjukhusinläggningar för luftvägsdiagnoser dygn för dygn 1997-1999 har hämtats från Patientregistret, luftföroreningsdata från kommunernas miljöförvaltningar och meteorologiska data från SMHI. I studien har analyserats luftföroreningarnas effekter på antalet inläggningar för andningsorganen totalt i alla åldrar samt på inläggningar för astma oavsett ålder. I analyserna tas hänsyn till tidstrender, årstidsmönster, influensaperioder, väderförhållanden, veckodag, helgperioder mm. De studerade luftföroreningarna är ozon, kvävedioxid och partiklar. Alla luftföroreningsvariabler kan ses som indikatorer på olika typer av luftföroreningar, och har samtidigt beaktats i analyserna..

För både samtliga inläggningar och för astmainläggningar är halten av ozon sammantaget för städerna en signifikant riskfaktor. En ökning av ozonhalten med $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ medför nästan 2 % fler inläggningar för andningsorganen totalt och drygt 4 % fler inläggningar för astma. Dessa effekter är internationellt sett starka. Ökad halt av partiklar (PM10) leder i dessa städer till en ökning av antalet inlagda för andningsorganen, vilken dock inte är statistiskt säkerställd. Kvävedioxidhalten har en nära signifikant effekt på antalet inläggningar för astma i Göteborg.

Sammantaget tyder resultaten på att begränsningen till tre år av data för flertalet av städerna kräver mycket kraftiga effekter för att dessa skall bli statistiskt säkerställda.

Tack

Ett varmt tack riktas till miljöförvaltningarna i Stockholm, Göteborg, Malmö och Helsingborg, varifrån föroreningsdata till studien har inhämtats, samt till Epidemiologiskt Centrum vid Socialstyrelsen som tagit fram sjukhusdata och till SMHI som levererat meteorologiska data.

Innehållsförteckning

Introduktion	3
Studiepopulation och metod	4
Studieperiod och population	4
Miljödata	4
Val av föroreningar i analyserna	4
Luftföroreningshalter	5
Meteorologi	6
Inläggningsdiagnoser	7
Analys av luftföroreningarnas effekter	9
Resultat	10
Sambandskoefficienter	10
Sambandens form	12
Diskussion	13
Referenser	15

1. Introduktion

Denna studie har genomförts som en del av Naturvårdsverkets miljöövervakning. Syftet är att belysa luftföroreningars eventuella korttidseffekter på antalet akuta sjukhusinläggningar för andningsorganens sjukdomar totalt samt för astma i ett par större svenska städer. 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 andningsorganens diagnoser i sex städer, och effekter konstaterades av såväl partiklar som gaser (4-6). Studier i nordamerika (Canada och USA) har ofta funnit de tydligaste sambanden till fina partiklar (sulfat) och ozon (7-9). Resultaten har bedömts kunna generaliseras till andra miljöer (10). I APHEA-projektets andra fas (APHEA2) har fokus initialt legat på partiklar mätt som PM10 (aerodynamisk storlek mindre än 10 μm), och effekter har konstaterats på dagligt antal inläggningar för andningsorganens sjukdomar (11). Världshälsoorganisationen (WHO) har i sina riktlinjer för luftkvalitet (Air Quality Guidelines, <http://www.who.int/peh/air/Airqualitygd.htm>) bl a beskrivit hur man utifrån publicerade resultat anser att sambanden mellan dygnsmedelhalter och risk ser ut.

2. Studiepopulation och metod

Studieperiod och population

Undersökningen omfattar 1997-1999 och befolkningen inom "Stockholm" (ca 1,2 milj inv i StorStockholm geografiskt avgränsat till 41 församlingar utgörande studiepopulationen i APHEA2), "Göteborg" (ca 0,3 milj inv) som 18 centralt belägna församlingar inom Göteborg samt två angränsande församlingar tillhörande Mölndal (Stensjön och Fässberg), "Malmö" (0,28 milj inv) som Malmö/Burlöv respektive Helsingborg (0,12 milj inv). Avgränsningen av studieområdet i Stockholm och Göteborg har tidigare gjorts i samråd med Miljöförvaltningen efter studier av modellberäknad kvävedioxidbelastningen (s k urban bakgrundshalt) som årsmedelvärde. För Malmö/Burlöv och Helsingborg har i denna första analys inga kommundelar uteslutits eftersom befolkningsstorleken redan är i minsta laget för att studera sjukhusinläggningar för andningsorganens sjukdomar.

Utgångspunkten för områdesavgränsningarna har varit att inkludera: (I) en tillräckligt stor population för studien, (II) ett föroreningsbelastat område för lokalt genererade föroreningar samt (III) ett område där haltfluktuationerna hos dessa luftföroreningar vid mätpunkterna i taknivå i centrala staden bedöms ha god relevans för fluktuationer i befolkningsexponeringen.

Miljödata

Miljöförvaltningarnas centrala mätstationer har använts för att indikera luftföroreningshalterna. För Stockholm har använts stationen på Rosenlundsgatan, för Göteborg stationen på "Femman-huset", för Malmö stationen på Rådhuset och för Helsingborg mätningarna i centrum.

Uppgifter om timmedelhalter av kvävedioxid, inandningsbara partiklar (PM10) och ozon har inhämtats för alla stationerna utom från Helsingborg. För partiklar och kvävedioxid har dygnets medelvärde beräknats då minst 75% av timvärdena förelåg, för ozon har det dygnets maximala glidande 8-timmarsmedelvärde under dagtid beräknats då minst 75% av timvärdena förelåg. För Helsingborg har dygnsmedelvärdet av sot använts som partikelmått då PM10-data inte förelåg. Eftersom data från Helsingborg har levererats som dygnsmedelvärden respektive 8-timmars glidande medelvärde för ozon, har närmare kontroll av timbortfall inom dygnet inte kunnat göras för Helsingborg.

Val av föroreningar i analyserna

Analyser av luftföroreningars betydelse ur hälsosynpunkt kan göras med modeller där en eller flera luftföroreningsvariabler studeras åt gången. Med så kallade "enkla" föroreningsmodeller, där en förorening åt gången studerats, kan sammanblandning eller maskering av effekter uppstå på grund av att betydelsefulla föroreningar inte ingår i analysen. Å andra sidan är det inte alltid lämpligt att inkludera flera variabler som indikerar i stort sett samma förorenings-typ, då detta kan leda 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 viktig och unik information. Vidare antas risken att finna slumpbetingade samband öka med antalet samband som studeras.

Vår teoretiska utgångspunkt har varit att tre typer av föroreningar kan vara av betydelse för dygnsvis antal inläggningar för andningsorganen. Dessa föroreningstyper är (1) lokalt

genererade motoravgaser som kväveoxider och avgaspartiklar, (2) ozon och (3) storskaligt intransporterade och regionalt utbredda förbränningsprodukter främst i form av partiklar.

Utifrån våra teoretiska utgångspunkter och våra tidigare erfarenheter från analyser av samvariation mellan föroreningarna, har vi valt att studera eventuella effekter utifrån halten av ozon (dygnets maximala 8-timmarsmedelvärde), kvävedioxid och partiklar i form av PM10. I Helsingborg användes halten av sot i brist på PM10-data.

I analyser av relationerna till antal inläggningar har vi liksom i APHEA2 (11) enbart studerat sambandet till medelvärdet av halten samma dygn (lag 0, från engelskans "lagged 0 days") och föregående dygn (lag 1), d v s sambandet till lag01. 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. Ytterligare fördröjda effekter kan eventuellt förekomma men har alltså inte studerats i nu redovisad analys.

Luftföroreningshalter

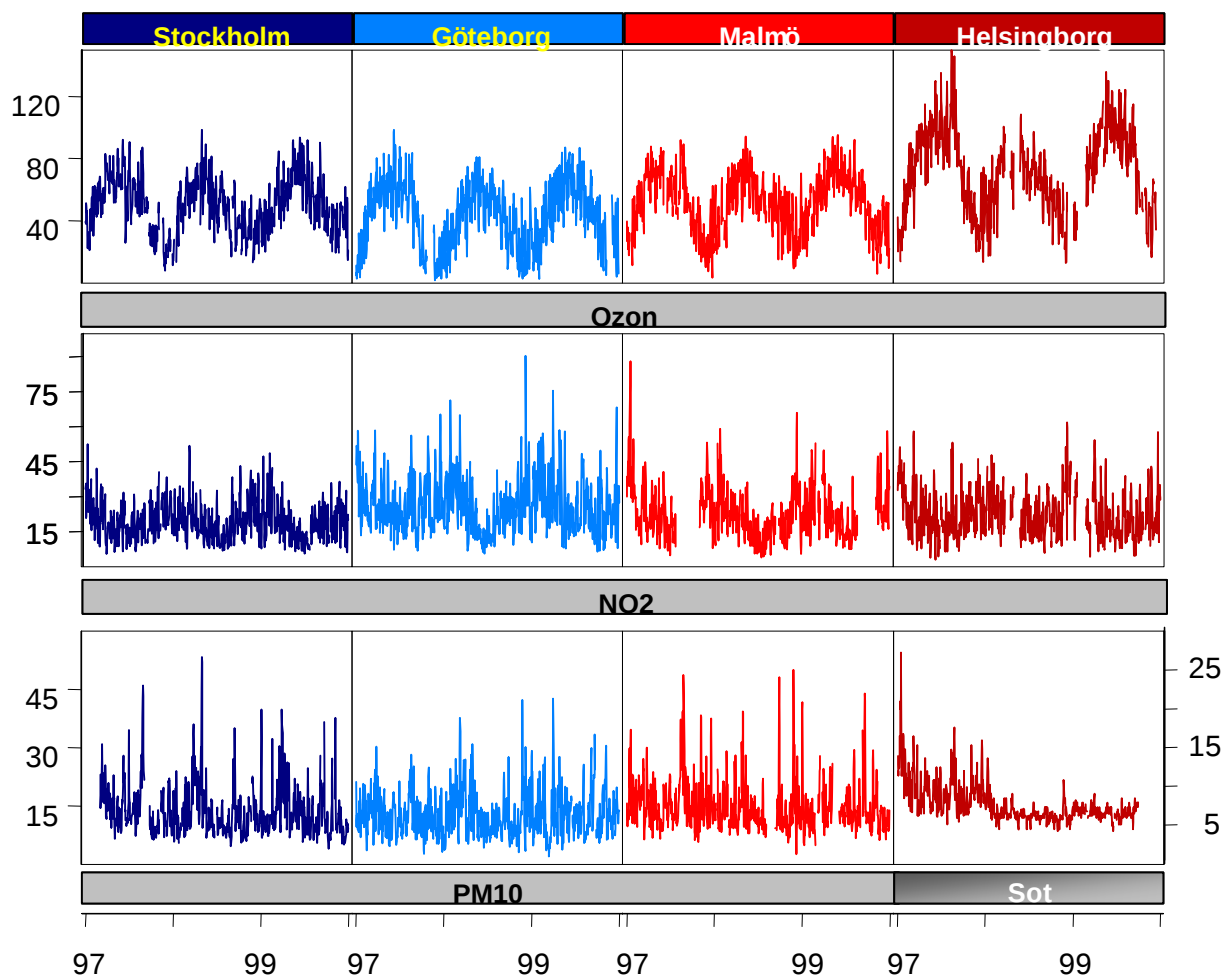
Luftföroreningshalterna under studieperioden redovisas i Tabell 1. Av sammanställningen framgår att Malmö har den högsta halten av PM₁₀, Göteborg den högsta halten av NO₂ och Helsingborg en betydligt högre halt av ozon än övriga städer.

Tabell 1. Medelvärden och kvartiler (Q1, Q3) för luftföroreningsvariablerna (lag 01) som används för studieområdena.

	Ozon			NO2			Partiklar*		
	Q1	Medel	Q3	Q1	Medel	Q3	Q1	Medel	Q3
Stockholm	38.1	51.0	63.8	13.7	19.4	23.7	9.3	13.8	16.5
Göteborg	28.9	43.6	58.9	18.0	26.2	32.7	8.8	12.8	15.7
Malmö	39.4	51.8	66.4	15.4	23.0	28.7	10.6	15.0	17.2
Helsingborg	53.5	72.5	91.8	15.3	22.3	27.7	6.2	7.7	8.5

**Sot för Helsingborg, PM10 för övriga orter*

Tidstrender och årstidsmönster i halterna redovisas i Figur 1. Ozon har det tydligaste årstidsmönstret, med höga halter på vår och sommar och låga halter höst och vinter. Helsingborg avviker något från övriga orter med betydligt högre sommarvärden. Speciellt gäller detta somrarna 1997 och 1999. För NO₂ finns det en period sommaren 1998 där samtliga orter visar en tydlig nedgång och minskning i variabilitet. Sotmätningarna för Helsingborg genomgår en dramatisk förändring i januari 1999, möjligen genom en minskad anläggnings- och byggverksamhet nära mätstationen. För partiklar syns återkommande perioder av höga halter som antas bero på intransport och resuspension av partiklar.



Figur 1. Tidsmönster för luftföroreningarna

Meteorologi

Meteorologiska uppgifter har hämtats från SMHI . Uppgifter för Stockholm avser Bromma flygplats och för Göteborg har Sæve flygplats använts. För Malmö och Helsingborg har använts uppgifter för Malmö (stn 5235). Under den studerade perioden har inga episoder av anmärkningsvärd kyla eller värme noterats (Tabell 2).

Tabell 2. Medelvärde, min, max för de metrologiska variablerna

	Temperatur (lag01)			Fukt		
	Min	Medel	Max	Min	Medel	Max
Stockholm	-13.7	7.2	24.1	36.0	76.4	97.4
Göteborg	-11.4	7.6	21.8	43.0	83.2	99.0
Malmö/Helsingborg	-10.1	9.0	24.0	46.5	81.1	99.0

Meteorologiska uppgifter för Stockholm avser Bromma flygplats, för Göteborg avser Sæve flygplats samt för Malmö och Helsingborg avser Malmö A (stn 5235) och har inhämtats från

SMHI. Under den studerade perioden har inga episoder av anmärkningsvärd kyla eller värme noterats.

Inläggningsdiagnoser

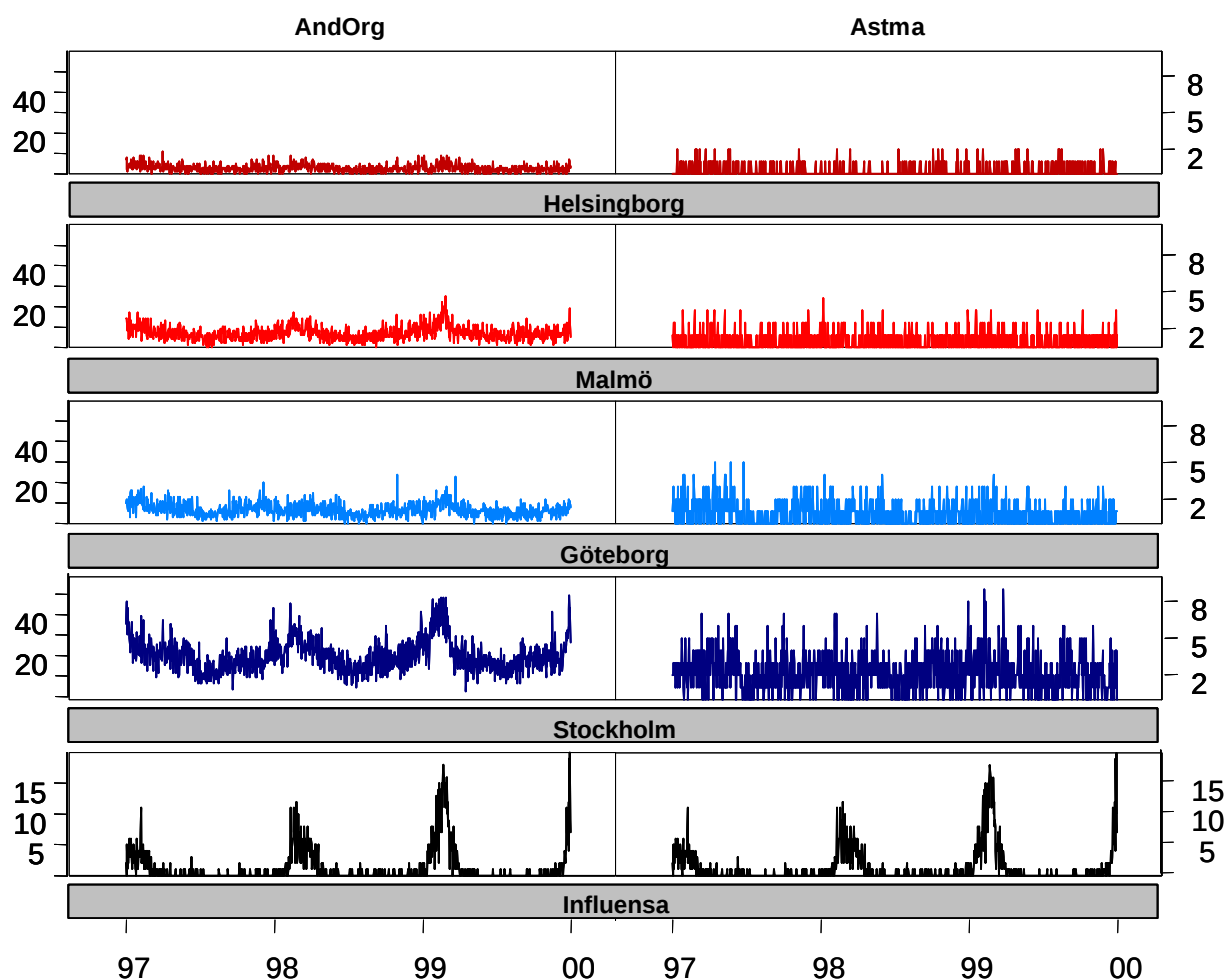
Uppgifter om studiebefolkningarnas dagliga antal av inläggningar på akutsjukhusen i närområdet har erhållits ur Patientregistret via Epidemiologiskt Centrum (EpC) vid Socialstyrelsen. Patientregistret innehåller information om alla inläggningar och har uppgifter om inläggningsdatum, huvuddiagnos (huvudorsak till inläggningen), bidiagnoser, sjukhus, akut eller planerad vård, personnummer, kön, ålder, församling mm.

Vårdorsaken ingår i registret kodad enligt den internationella sjukdomsklassifikationen (ICD). Under 1997 - 1999 har använts två versioner av den internationella sjukdomsklassifikationen (ICD) på grund av en övergång från revision 9 till 10 för diagnoskodning.

För att använda en variabel okänslig för skillnader i diagnostik och ändringar i diagnosklassifikationen samt med tillräckligt stor frekvens per dygn, har vi valt att studerat samtliga akuta inläggningar för andningsorganen oavsett ålder (AndOrg). Eftersom astma diskuterats som en lämplig indikator vid studier av luftföroreningspåverkan, har vi även studerat samtliga akuta inläggningar för astma oavsett ålder (ASTMA). I Tabell 3 redovisas antalet inläggningar för respektive studieområde, och i Figur 2 tidsmönstret för inläggningar över studieperioden.

Tabell 3. Antal inläggningar per dygn (medelvärde, min, max) i studiepopulationerna

	AndOrg			ASTMA		
	Min	Medel	Max	Min	Medel	Max
Stockholm	4	21.54	51	0	2.16	9
Göteborg	0	6.70	24	0	0.80	5
Malmö	0	6.82	25	0	0.52	4
Helsingborg	0	2.71	11	0	0.22	2



Figur 2. Tidsmönster för inläggningsvariabler samt influensa

För samtliga inläggningar (AndOrg) finns ett visst säsongsmönster, accentuerat av vintrarnas perioder av influensa. För astma är antalet inläggningar per dygn lågt och det är det svårt att se några tydliga årstidsmönster.

Analys av luftföroreningarnas effekter

I en befolkning som den här studerade läggs var dag ett mindre antal personer in på sjukhus. Uppdelat på olika diagnoser och åldrar inträffar många av dygnen inga inläggningar alls. Antalet inläggningar per dygn kan beskrivas som en process där inläggningarna kan räknas i heltal från noll och uppåt (s k räknedata). Denna process antas följa en Poissonfördelning. Moderna studier av samband mellan dagligt antal sjukhusinläggningar och luftföroreningshalter har därför regelmässigt använt olika typer av Poisson-regression, bland annat inom EU-projektet APHEA2 (11). Vi har här utnyttjat Poisson-regression för de multivariata sambandsanalyserna och vidare följt det gängse antagandet att den naturliga logaritmen av förväntat antalet (fall) respektive dag är linjärt relaterat till en kombination av våra förklaringsvariabler.

För Poisson-analyserna i denna studie har (liksom i pågående APHEA2) vi använt en s k Generaliserad Additiv Modell (GAM), där vi i stället för att skatta ett linjärt förhållande till vissa förklaringsvariabler har använd en mjuk ickelinjär funktion för att korrigera för (snarare än att uppskatta) effekten av dessa variabler. 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. Kalender-effekter 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 skillnaden mellan verkliga inläggningar och av modellen uppskattade inläggningar, s.k. residualer, sakna trender och cykliska mönster. Återstående korttidsvariationer i residualerna kan dock ha samband med korta fluktuationer i föroreningshalterna. I våra sambandsanalyser har vi tagit hänsyn till tidstrender (som mjuk trend samt justering för vissa längre perioder med avvikande mönster), årstidsmönster (som mjuk årscykel), kalendereffekter (med dummy-variabler för veckodag, influensaläget (utifrån inläggningar/dygn), temperatur (mjuk funktion av medelvärde för dagens och gårdagen) samt relativ luftfuktighet (dagens som mjuk funktion). Dataproportionen som används för de mjuka funktionerna (”fönsterbredden”) har valts främst utifrån studier av residualerna. Dagar med saknade värden har uteslutits vid analyserna.

Resultaten från de fyra delområdena har också viktats ihop (”poolats” med samma teknik som används inom APHEA2 (11).

3. Resultat

Sambandskoefficienter

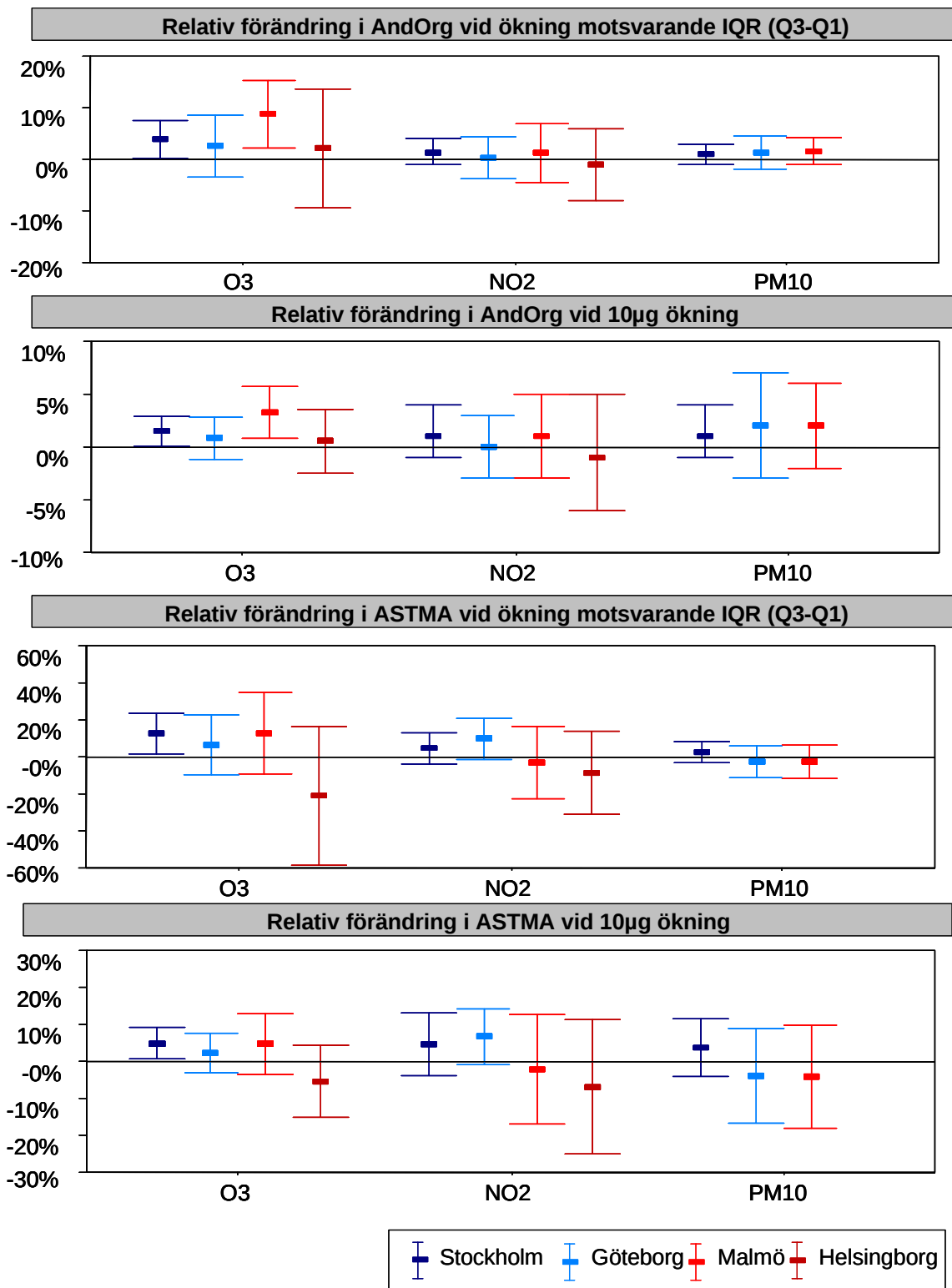
I Tabell 4 redovisas regressionskoefficienter med respektive standardavvikelse. I de fall koefficienten är mer än dubbelt så stor som standardavvikelsen är samtidigt p-värdena mindre än 0.05, och vi betraktar sambanden som statistiskt säkerställda (signifikanta). Dessa markeras i tabellen med fet stil. Koefficienterna (b) redovisar hur en ökning av halten med 1 µg/m³ förändrar logaritmen för den relativa risken (RR), dvs $e^b = RR$ för 1 µg/m³. En tumregel är att för små tal man kan flytta decimalpunkten två steg åt höger och därigenom få den procentuella förändringen per 1 µg/m³ ökad halt.

Tabell 4. Regressionskoefficienter för respektive studieområde och sammanvägt. Signifikanta resultat anges med fet stil.

		O ₃		NO ₂		Partiklar*	
		b	std(b)	b	std(b)	b	std(b)
AndOrg	Stockholm	0.0015	0.0007	0.0013	0.0014	0.0014	0.0013
	Göteborg	0.0009	0.0010	0.0002	0.0014	0.0020	0.0024
	Malmö	0.0033	0.0012	0.0009	0.0022	0.0024	0.0021
	Helsingborg	0.0006	0.0015	-0.0008	0.0029	-0.0096	0.0126
	Poolad(fix)**	0.0017	0.0005	0.0008	0.0009	0.0017	0.0010
	Poolad(random)**	0.0018	0.0007	0.0008	0.0009	0.0018	0.0010
ASTMA	Stockholm	0.0049	0.0022	0.0046	0.0043	0.0037	0.0040
	Göteborg	0.0022	0.0027	0.0067	0.0038	-0.0039	0.0065
	Malmö	0.0047	0.0042	-0.0023	0.0075	-0.0042	0.0071
	Helsingborg	-0.0055	0.0050	-0.0069	0.0093	0.0402	0.0411
	Poolad(fix)**	0.0043	0.0016	0.0047	0.0027	0.0010	0.0031
	Poolad(random)**	0.0041	0.0017	0.0042	0.0033	0.0001	0.0037
*Sot för Helsingborg, PM10 för övriga orter							
**Helsingborg uteslutet ur poolade skattningar							

De signifikanta samband som blev statistiskt säkerställda i analysen vilken beaktar tre föroreningar samtidigt är gällande samtliga till ozon och är alla positiva, dvs indikerar ökad risk med stigande föroreningshalt.

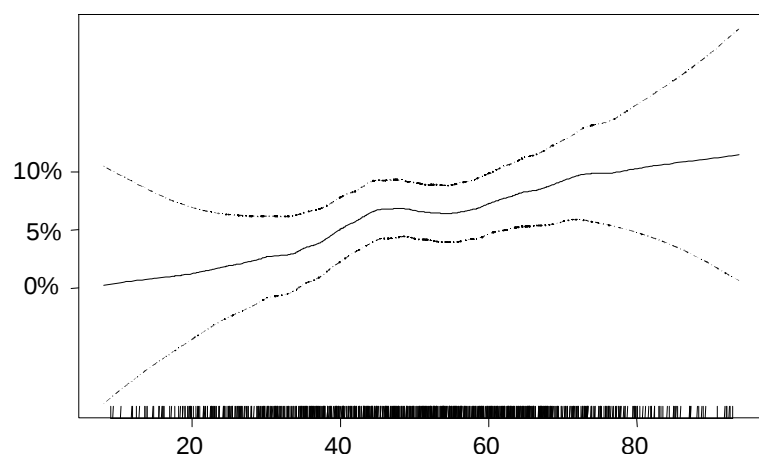
Ozonkoefficienten är högre för ASTMA än för AndOrg. Som en grafisk presentation av effekten av en haltökning av respektive förorening har vi i Figur 3 valt att för varje studieområde visa på den procentuella effekten (med 95 %-igt konfidensintervall) av en haltökning på 10 µg/m³ respektive en haltökning som motsvarar skillnaden mellan tredje och första kvartilen för området.



Figur 3. Uppskattade effekter av förändringar i föroreningar

Sambandens form

Eftersom sambandsanalyserna bygger på antagandet att sambanden mellan halt- och riskökning är linjära, har rimligheten i detta antagande testats genom att effektskattningen (som koefficient) ersatts med skattning av en ”mjuk” halt-responskurva. Dessa analyser tyder på att antagandet om linjära relationer är rimligt. I Figur 4 redovisas i form av en sådan mjuk funktion hur en ökning av ozonhalten procentuellt ökar antalet inläggningar för andningsorganen i Stockholm.



Figur 4 ”Mjuk” exponerings-responskurva (med 95% konfidensintervall) som visar procentuella ökningen av antalet akuta inläggningar för andningsorganen i StorStockholm i förhållande till medelvärdet av maximalt 8-timmarsvärde av ozon de två senaste dygnet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ på x-axeln)

4. Diskussion

Inom miljöövervakningen är det viktigt att kunna upprepa studierna. För att använda variabler okänsliga för förändringar i diagnostik och ändringar i diagnosklassifikationen har vi valt att fokusera på två variabler, dels samtliga akuta inläggningar för andningsorganen oavsett ålder, som även ger rimligt hög frekvens av fall per dygn. Dessutom har akuta inläggningar för astma oavsett ålder studerats, trots att frekvensen är ganska låg eftersom akuta besvär till större delen hanteras inom den öppna vården, men där kopplingen till luftföroreningar är belagd i experimentella studier.

För jämförbarhets skull har vi i denna studie använt metodik som i princip anpassats till den pågående europeiska studien APHEA2. Vi använder dock tre föroreningsindikatorer samtidigt i modellen mot högst två samtidigt i APHEA2. Detta beror dels på att vi bedömt att det finns tre föroreningstyper som karaktäriserar variationen i luftkvalitet, och dessa inbegriper även regionala bakgrundshalter av partiklar. Dels på att när det finns viss positiv korrelation, t ex mellan PM10 och ozon genom intransport av förorenad luft under delar av året, kan effekten av endera föroreningen felaktigt förefalla större och mer precist bestämd (högre statistisk säkerhet) eftersom effekten av den uteslutna föroreningen innesluts i den inkluderade. Med analyser som samtidigt inkluderar flera föroreningar, får man alltså ofta något lägre och mindre signifikanta koefficienter för positivt korrelerade föroreningar. För att beräkna den totala effekten av förorenad luft, kan man då räkna samman effekterna. Om bara en förorening i taget används i analyserna, ska effekter av positivt korrelerade föroreningar inte räknas samman.

I det ursprungliga APHEA-projektet fann för astmainläggningar i den vuxna befolkningen en signifikant effekt av kvävedioxid men inte av partiklar (6). I en mycket stor studie från Ontario, Kanada, påvisades att antalet inläggningar för luftvägssjukdom 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). Schwartz fann hela 3.7 % ökning av sjukhusbesök för astma i åldern 0-64 i Seattle per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ökning av PM₁₀ (9), vilket är mer än vad som är vanligt (10).

I APHEA2 med av 8 europeiska områden inklusive Stockholmsområdet, var ökningen av antalet inläggningar för astma i olika åldersintervall sammanvägt nära 1 procent per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ökad halt av PM10 (11). I samma storleksordning var också ökningen av antalet inläggningar för andningsorganen totalt bland äldre. En intressant iakttagelse i APHEA2 var att när partikelhalterna stiger, så blir de procentuella förändringarna generellt sett större i Stockholm än på andra platser i studien, även om den ökade risken i sig inte var statistiskt säkerställd. I denna analys av 1997-1999 var det bara Stockholm som visade en tendens till att inläggningarna ökar med halten av PM10. Med en några år längre studieperiod skulle en effekt i samma storleksordning bli statistiskt säkerställd.

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 1 % per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3). I WHO:s Air Quality Guidelines (<http://www.who.int/peh/air/Airqualitygd.htm>) presenteras sammanvägda dos-responssamband för hur halten av PM10 påverkar antalet inläggningar för andningsorganen. Ökningen i antalet inläggningar anges till 0,8 % per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ för PM10. Det sammanvägda resultatet från denna studie ger en drygt dubbelt så stark effekt, vilken dock inte är helt statistiskt säkerställd.

För ozon anger WHO:s beräkningsprogram för hälsokonsekvenser av luftföroreningar, AirQ, en ökning av inläggningar för sjukdomar i andningsorganen på 0,6-0,9 % per $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ökning av dygnets maximala 8-timmarsmedelvärde (10). I denna studie är den sammanvägda effekten drygt dubbelt så stark och statistiskt säkerställd. Effekten är särskilt stark i Malmö, där den liksom i Stockholm är statistiskt säkerställd även på lokal nivå.

Beträffande NO_2 finns i AirQ, antar att inläggningarna för olika grupperingar av lungsjukdom ökar med 0,2 – 0,6 % per $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ökning av *dygnsmedelvärdet* av kvävedioxid (10). Detta bygger dock på att effekter inte separat skall beräknas för samtidiga partikelhalter. I denna studie finns en nästan säkerställd ogynnsam effekt av NO_2 för astmainläggningar i Göteborg, och viss tendens även för Stockholm.

I vår tidigare analys av Göteborg fanns en signifikant effekt av PM_{10} 1990-1996 på inläggningar för andningsorganen totalt (3.7 % per $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), medan ozoneffekten (0,5 % per $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) inte var statistiskt säkerställd (12). För Göteborg vore det också önskvärt att lägga ihop tidsperioderna för att få ett större underlag och säkrare resultat.

För Helsingborg fanns inte mätvärden för PM_{10} , utan istället användes data över sothalten. Man kan se PM_{10} som en delmängd av de svävande partiklarna. Dessutom kan man se sot som en delmängd av PM_{10} , men mätbaserat på att filtrens svärtningsgrad analyseras. Sot påverkas därför mycket av primära förbränningspartiklar vilka är mörka. Förhållandet mellan sot och PM_{10} varierar därför mellan olika miljöer och mätplatser, och det är inte möjligt att göra en direkt omräkning dessa emellan (13). Miljökontoret i Helsingborg menar att den tydliga nedgången i sothalten under studieperioden kan bero på att omfattande lokala mark- och byggarbeten senare avtog. Detta kan göra att värdena reflekterade en tämligen lokal situation och att representativiteten hos mätvärdena var begränsad som en beskrivning av kommunbefolkningens exponering.

Resultaten som rapporterats i tidigare studier, främst från nordamerikanska städer, bör när de jämförs med dessa resultat ses i ljuset av att många studier presenterat en koefficient utifrån den tidsfördröjning av effekten (0,1,2,3... dygn) som givit den högsta koefficienten, medan vi här följt konceptet från APHEA2, att alltid relatera effekten till medelvärdet av de två senaste dygnens halt (11). Dessutom kommer presenterade samband från analyser som samtidigt beaktar tre föroreningstyper. Ändå är koefficienterna sammantaget ofta högre än de typiska. Orsaken kan vara såväl föroreningssituationen som det sätt på vilket vi mäter luftföroreningshalterna 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 luftföroreningars betydelse för luftvägsinläggningar i Sverige kan underskattas utifrån utländska data.

Att personer med luftvägssjukdomar som astma, också i Sverige försämras av luftföroreningar trots de relativt låga halter som här förekommer, har vi tidigare visat i dagboksstudier (14,15).

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. Schwartz J, Slater D, Larson TV, Pierson WE, Koenig JQ. Particulate air pollution and hospital emergency room visits for asthma in Seattle. *Am Review of Respir Disease*. 1993;147(4):826-31.
10. WHO. AirQ Manual, Bilthoven, 2000.
11. Atkinson RW, Anderson R, Sunyer J, Ayres J, Baccini M, Vonk J, Boumghar A, Forastiere F, Forsberg B, Touloumi G, Schwartz J, Katsouyanni K. Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions – Results from APHEA2 Project. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164:1860-1866.
12. Bertil Forsberg, Bo Segerstedt. Luftföroreningshalter och sjukhusinläggningar för luftvägssjukdomar i Göteborg 1988-1996. Projektrapport till Naturvårdsverket. Institutionen för folkhälsa och klinisk medicin, Umeå universitet, 2000.

13. Hoek G, Forsberg B, Borowska M, Hlawiczka S, Vaskövi H, Welinder H, Branis M, Benes I, Kotesovec F, Hagen LO, Cyrus J, Jantunen M, Roemer W, Brunekreef B. Wintertime PM10 and Black smoke concentrations across Europe: results from the PEACE study *Atmospheric Environment* 1997;31:3609-3622.
14. 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
15. 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.