



VÄSTRA
GÖTALANDSREGIONEN
MILJÖMEDICINSKT CENTRUM



GÖTEBORGS
UNIVERSITET

Allmänbefolkningens exponering för bensen, toluen, xylener och naftalen i Göteborg 2006

Göteborg den 25 augusti 2009

Magnus Åkerström
Yrkeshygieniker

Sandra Johannesson
Yrkes- och miljöhygieniker

Kerstin Bergemalm-Rynell
1:e kemist

Bo Strandberg
Docent, miljökemist

Gerd Sällsten
Docent, 1:e yrkes- och miljöhygieniker

Västra Götalandsregionens Miljömedicinska Centrum
Arbets- och miljömedicin

Sahlgrenska Universitetssjukhuset och
Sahlgrenska akademien vid Göteborgs universitet

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Bakgrund	4
Material och metoder	4
Urval av försökspersoner	5
Exponeringsmätningar	5
Analyser	6
Statistiska metoder	6
Resultat och diskussion	7
Studiegrupp och bakgrundsinformation	7
Koncentrationen av olika ämnen	7
Bensen	8
Toluen	11
Xylen	13
Naftalen	17
Variabilitet	19
Korrelation	20
Överrensstämelsen mellan två olika absorbenter för provtagning av bensen med diffusionsprovtagare	21
Referenser	23

Sammanfattning

Allmänbefolkningens exponering för några cancerframkallande ämnen undersöktes i Göteborg under hösten 2006. Studien genomfördes hos 36 slumpmässigt utvalda individer med parallella mätningar personburet, i individernas sovrum samt utanför individernas bostäder. Dessutom gjordes upprepade mätningar hos 20 av de 36 individerna i en andra mätomgång. Den här rapporten redovisar resultaten för bensen, toluen, xylener (mätt som o-, m-, p-xylen samt etylbensen) och naftalen, uppmätta med diffusionsprovtagare med absorbent TenaxTA, i samband med ovanstående studie men med finansiering av Västra Götalandsregionens Miljömedicinska Centrum (VMC).

Deltagarfrekvensen bland de slumpmässigt utvalda individerna var 60 %. Försökspersonerna tillbringade i median 92 % av provtagningstiden inomhus. Bland försökspersonerna fanns endast sju rökare och de övriga icke-rökarna hade utsatts för miljötabak i relativt liten omfattning. Även den yrkesmässiga exponeringen för de undersökta ämnena var begränsad.

Medianvärdet för samtliga personburna mätningar av bensen var $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (95 % konfidensintervall $0,6\text{--}1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), något lägre för mätningarna utförda i försökspersonernas sovrum samt utanför deras bostäder. Bensenexponeringen låg under den lågrisknivå för bensen ($1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) som institutet för miljömedicin (IMM) angivit.

För toluen och xylener var medianvärdena för samtliga personburna mätningar $6,9$ respektive $4,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (95 % konfidensintervall $4,9\text{--}11,3$ respektive $3,5\text{--}8,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$). De personburna mätningarna var högre än samtidigt utförda mätningar i individernas sovrum samt utanför individernas bostäder vilket överensstämmer med en liknande undersökning från år 2000. Toluen- och xylenexponeringen låg klart under de riktvärden för allmänbefolkningen på $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respektive $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som föreslagits i det EU-anknutna INDEX-projektet 2006.

Medianvärdet för samtliga personburna mätningar av naftalen var $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (95 % konfidensintervall $0,2\text{--}0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Halterna var liknande för sovrums-mätningarna men signifikant lägre halter uppmättes utanför bostäderna. Naftalenexponeringen låg klart under det riktvärde för allmänbefolkningen på $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som föreslagits i det EU-anknutna INDEX-projektet 2006.

Mellanindividsvariabiliteten dominerade i de flesta fall med undantag för utomhusmätningarna samt de personburna naftalenmätningarna där inomindividsvariabiliteten dominerade. Det förelåg inga signifikanta skillnader mellan halterna för rökare och icke-rökare i studien men män hade en signifikant högre exponering för bensen jämfört med kvinnor.

De personburna mätningarna uppvisade hög korrelation med inomhushalterna för respektive ämne. Det fanns inga signifikanta korrelationer mellan utomhushalterna av de olika ämnena fränsett en svag men signifikant korrelation mellan utomhushalterna av naftalen och toluen samt xylener och toluen. De personburna mätningarna av bensen korrelerade med de personburna mätningarna av naftalen och toluen. Sovrumshalterna av bensen korrelerade även med sovrumsalterna av naftalen.

I samband med mätningarna utfördes även en jämförande studie över personburen provtagning av bensen med diffusionsprovtagare (Perkin-Elmer) fyllda med två olika absorbenter (TenaxTA respektive Carbopack X 60/80 mesh). Resultaten överensstämmer väl upp till halter kring $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vid högre halter är överensstämmelsen inte lika god. Resultaten för de båda provtagarna uppvisade en hög korrelation.

Bakgrund

I Naturvårdsverkets program för hälsorelaterad miljöövervakning (HÄMI) ingår bland annat undersökningar av allmänbefolkningens exponering för cancerframkallande ämnen. Dessa genomförs i ett antal svenska städer och startade år 2000 i Göteborg (Sällsten et al 2001). Därefter har mätningar genomförts i Umeå (Modig et al 2002), Stockholm (Kruså et al 2003), Malmö (Friman et al 2004), Lindesberg (Andersson et al 2006) samt Göteborg (Johannesson et al 2008). Resultat från senaste studien i Göteborg, avseende bensen och andra cancerframkallande ämnen har tidigare rapporterats (Johannesson et al 2008). Den här rapporten redovisar resultaten för bensen, toluen, xylener och naftalen, uppmätta med diffusionsprovtagare med absorbent TenaxTA, utförda i samband med ovanstående studie och bekostade av Västra Götalandsregionens Miljömedicinska Centrum (VMC). Dessa mätningar ingår normalt inte i den hälsorelaterade miljöövervakningen som bekostas direkt av Naturvårdsverket. En liknande undersökning utfördes år 2000 i Göteborg (Sällsten et al 2003).

Bensen är ett ämne med säkerställd carcinogen effekt på människa (IARC grupp 1). De huvudsakliga källorna till människors exponering för bensen är bilavgaser, avdunstning av motorbensin, vedeldning och annan förbränning samt cigarettök. Institutet för miljömedicin (IMM) har fastställt en lågrisknivå på $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för bensen (Victorin 1998).

Även toluen och xylen bildas vid förbränning men dessa ingår också i ett flertal produkter t.ex. färger, lacker och lim. Toluen och xylener är inte klassade som cancerframkallande. För toluen anses påverkan på det centrala nervsystemet vara den kritiska effekten vid exponering via inandning. För xylener har påverkan på det centrala nervsystemet samt irriterativa besvär i ögon och hals identifierats vid kronisk exponering (Koistinen et al 2008). I det EU-anknutna INDEX-projektet 2006 (Koistinen et al 2008) har riktvärden för allmänbefolkningens exponering för toluen och xylener angivits till $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respektive $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Naftalen betecknas som möjligtvis cancerframkallande hos människa (IARC grupp 2B) och har även irriterande egenskaper för ögon och slemhinnor (Lundberg 1998, Preuss et al 2003). Exponering för naftalen sker främst via inandning och den dominerande källan till naftalen i luft är olika förbränningsprocesser (uppvärmning, industriell, cigarettök, trafik etc.). Ett riktvärde på $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för allmänbefolkningens exponering för naftalen har angivits i det EU-anknutna INDEX-projektet 2006 (Koistinen et al 2008).

Material och metoder

Eftersom huvudsyftet var att uppskatta allmänbefolkningens exponering utfördes mätningar på slumpvis utvalda personer från allmänbefolkningen. Mätningarna har utförts personburet då det återspeglar allmänhetens exponering för de olika ämnena bäst. Mätningar har även utförts i de slumpmässigt utvalda försökspersonernas sovrum samt utanför deras bostäder för att få en mer fullständig bild.

Urval av försökspersoner

Personer mellan 20-50 år boende i Göteborgs kommun slumpades ut från folkbokföringsregistret av SPAR (Statens personadressregister). Åldersgränserna valdes för att omfatta personer i yrkesför ålder. Urvalet av försökspersoner har tidigare utförligt beskrivits i Johannesson et al 2008.

Andelen som accepterade att delta i undersökningen var 60 % (38/63) av målgruppen. Av de 38 individer som accepterat att delta avbröt en person mätningarna på grund av sjukdom. En omgång provtagare tappades bort av försökspersonen. Analysen av två utomhusmätningar misslyckades. Således fanns 36 personburna samt sovrumsmätningar och 34 utomhusmätningar. Av de 36 försökspersonerna var 20 män och 16 kvinnor. Medelåldern var 36 år för männen och 34 år för kvinnorna.

För 20 av deltagarna genomfördes upprepade mätningar. Försökspersonerna tillfrågades efter första omgången om de ville delta i en andra mätomgång och detta gjordes tills 20 personer tackat ja till en andra omgång. Av de 20 som valde att delta en andra omgång var 9 män och 11 kvinnor. Två personburna mätningar i den andra omgången misslyckades på grund av problem med provtagningsutrustningen. Hos en av individerna där mätningen upprepades misslyckades utomhusmätningen i den första mätomgången. Vid bortfall plockades resultaten bort från mätningen i den andra omgången för att de båda omgångarna skulle kunna jämföras korrekt vilket medförde att det fanns personburna 18 och utomhus 19 upprepade mätningar.

Exponeringsmätningar

Mätningarna utfördes under sju på varandra följande dygn, då provtagarna bars under all vaken tid av försökspersonerna. Mätningar utfördes på samtliga individer under en första omgång och dessutom gjordes upprepade mätningar på 20 av deltagarna. Samtliga mätningar utfördes under perioden 28 september 2006 till 17 januari 2007. Deltagarna fick under provtagningstiden fylla i en dagbok samt en enkät.

Vid mätning av bensen, toluen, xylener och naftalen användes diffusionsprovtagare från Perkin-Elmer. Denna provtagare består av ett 90 mm långt stålrör fyllt med ca 300 mg absorbent, i detta fall TenaxTA (2,6-difenyl-pfenyloxidpolymer), som hålls på plats av ett stålnät (Supelco, Bellefonte, PA, USA). Vid lagring och transport är rören förslutna i båda ändar med muttrar. Före och efter provtagning förvaras provtagarna inneslutna i aluminiumfolie i rumstemperatur.

Analys

Analysinstrumenteringen var en automatisk termisk desorptionsutrustning (ATD) kopplad till en gaskromatograf (GC) med masspektrometer detektor (MS).

Följande upptagsfaktorer användes för beräkning av koncentrationen av ämnena i proverna; bensen 0,41 mL/min, toluen 0,45 mL/min, xylener 0,55 mL/min och naftalen 0,43 mL/min.

Kontrollprover (QC) för att kontrollera riktigheten i analysen analyserades samtidigt med proverna. Dessa QC prover erhöles från National Physical Laboratory, UK och innehöll en certifierad mängd (ca 39 ng/rör) av målsubstanserna spikade på Perkin-Elmer-rör. Fem QC prover analyserades och medianen av resultaten överensstämde väl med de certifierade mängderna (bensen 37,6 ng jämfört med 38,9 ng, toluen 39,3 ng jämfört med 39,4 ng, o-xylen 46,1 ng jämfört med 39,2 ng och naftalen 37,4 ng jämfört med 37,8 ng). Blankproverna analyserades parallellt med proverna under hela studien. Vissa av komponenterna detekterades i dessa blankar och utgjorde <20% av de detekterade halterna i proverna. Provresultaten korrigerades mot blankvärdena. Detektionsgränsen baserades på 7 dygns provtagnings tid och den analytiska (instrumentella) känsligheten var ca 0,02 µg/m³ för komponenterna.

Statistiska metoder

För varje enskilt ämne och provtagningsplats har koncentration angetts som medianvärde (median), aritmetiskt medelvärde (medel) och geometriskt medelvärde (GM). Dessutom anges den relativa standarddeviationen (SD), den geometriska standarddeviationen (GSD) samt spridningen i de uppmätta halterna (range). För medianvärdet har även ett 95 % konfidensintervall beräknats (95 % KI). Vid beräkningar av samband mellan två olika variabler användes Spearmans rangkorrelation (r_s). Vid jämförelse mellan grupper användes Wilcoxon rangsummetest och för parvisa jämförelser, när det var möjligt, Wilcoxon signed rank test. För beräkning av variabiliteten inom och mellan individer användes variansanalys med obalanserade logtransformerade data (Proc Nested, SAS). Som gräns för statistisk signifikans användes $p < 0,05$.

Resultat och diskussion

Studiegrupp och bakgrundsinformation

Samtliga mätningar förutom en genomfördes under hösten 2006. Median för den totala provtagningstiden var 168 timmar, vilket motsvarar exakt 7 dygn. Deltagarna tillbringade i median 92 % av provtagningstiden inomhus, varav 75 % i hemmet. I median tillbringades 6 % av provtagningstiden i trafikerad miljö.

Av deltagarna var 7 rökare (3 kvinnor och 4 män). Under första omgångens mätningar uppgav 7 av de 29 icke-rökarna att de utsatts för miljötobak i median 0,3 timmar (0,05 - 1,8 timmar). Under andra omgångens mätningar uppgav ingen av de deltagande icke-rökarna att de exponerats för miljötobak.

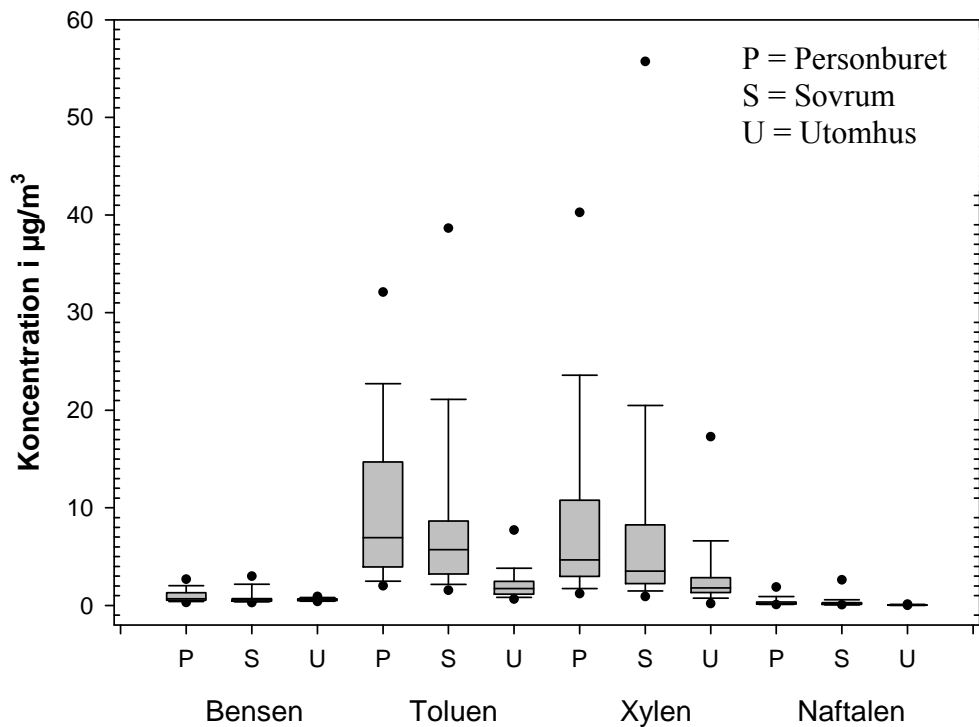
Av samtliga deltagare bodde 12 personer i villa eller radhus och 24 personer i lägenhet. Bostadens byggår varierade mellan 1920 och 2005 (median 1969). Majoriteten (23 individer eller 64 %) hade fjärrvärme, i övrigt hade sex individer elvärme, två hade oljeeldning, en individ eldade med ved och fyra individer bodde i bostad med någon annan typ av uppvärmning. Endast en deltagare hade gasspis. Fem deltagare angav att de bodde i bostad med inbyggt garage där de parkerade bilen.

Tre individer uppgav yrkesmässig exponering för motoravgaser eller bensinångor. Två av dessa körde mycket bil i sina arbeten som tidningsbud respektive leverantör. Den tredje personen som uppgivit yrkesmässig exponering arbetade som truckförare och lagerarbetare.

Under mätperioden 2006-09-28 – 2006-12-20 var medeltemperaturen 9,5°C (varierade mellan -1,6 och 16,5°C) med en medelvindhastighet på 3,8 m/s. Det föll mycket regn, i genomsnitt 7 mm/dygn.

Koncentrationen av olika ämnen

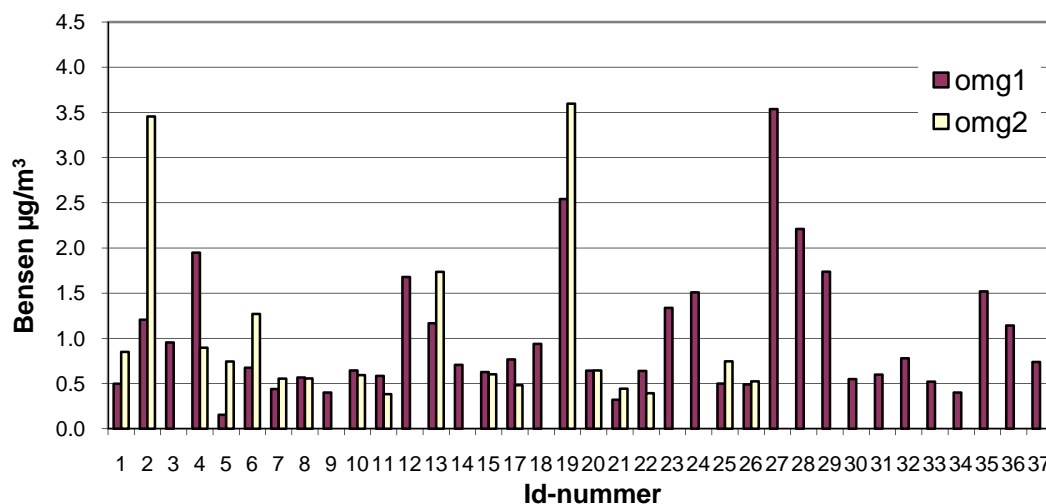
I nedanstående figur 1 presenteras erhållna resultat för de olika ämnena för respektive mätplats. En fördjupning av resultaten ges under respektive ämne i det fortsatta resultatavsnittet.



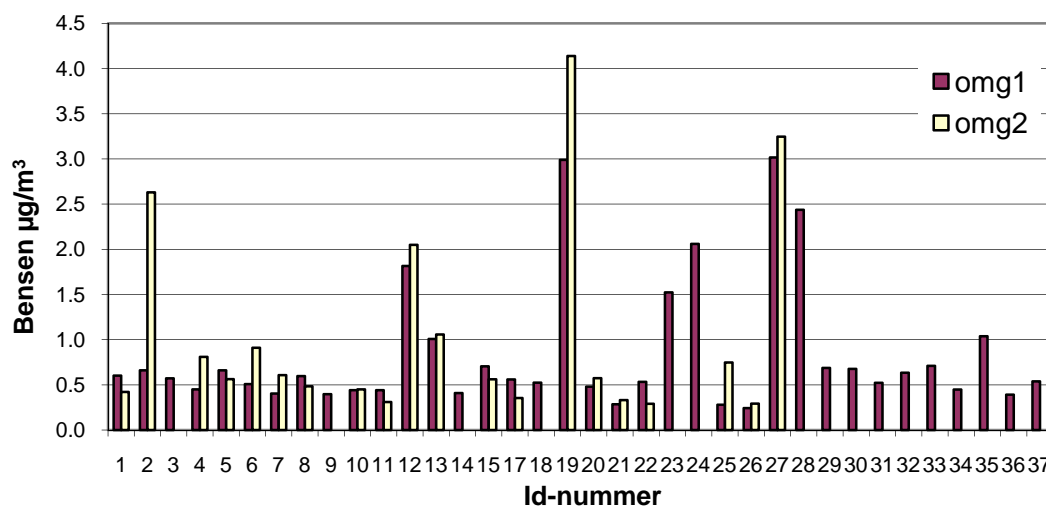
Figur 1: Mediankoncentrationen och 5 % - respektive 95 % - percentiler för respektive ämne och provplats (N= 36 för personburna- samt sovrumsmätningar och N=34 för utomhusmätningarna). Xylen innefattar o-,m-,p-xylen och etylbensen.

Bensen

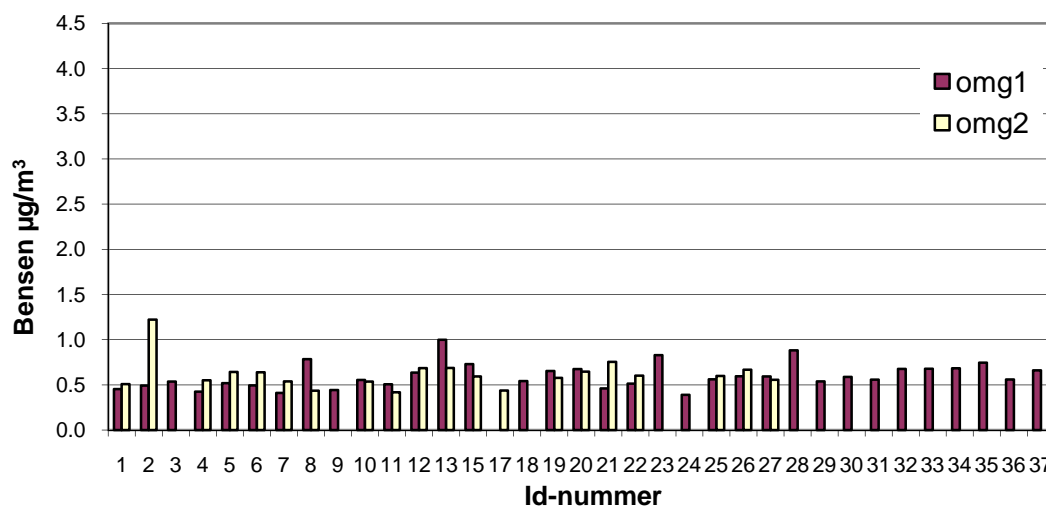
Samtliga mätresultat från de personburna, sovrum- samt utomhusmätningarna av bensen med TenaxTA framgår av figur 2-4.



Figur 2: Bensenkoncentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid personburna mätningar utförda med TenaxTA. Upprepade mätningar utfördes på 20 individer (omg2). Id 3, 8, 12, 20, 23 och 35 är rökare.



Figur 3: Bensenkoncentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid sovrumsmätningar utförda med TenaxTA. Upprepade mätningar utfördes på 20 individer (omg2).



Figur 4: Bensenkoncentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid utomhusmätningar utförda med TenaxTA. Upprepade mätningar utfördes på 20 individer (omg2).

Tre individer uppvisar högre halter än övriga såväl i de personburna mätningarna som i mätningarna utförda i individernas sovrum. Första individen (id 27) hade eldat med ved under båda mätomgångarna (14 respektive 15 timmar per vecka). De andra två individerna (id 2 (främst omgång 2) och 19) har uppgett en centralt belägen arbetsplats i innerstaden respektive mycket bilkörning och tankning under mätperioden. Båda individerna har dock även höga halter i sovrummet.

I tabell 1 presenteras resultaten för de mätningar som samtidigt utfördes personburet, i sovrummet och utanför bostaden. Resultatet för samtliga individer samt resultaten vid de upprepade mätningarna redovisas för respektive mätplats. Medianvärdet för alla individer personburet, i sovrummet och utanför bostaden var 0,7, 0,6 respektive 0,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (95 % KI 0,6-1,2, 0,5-0,7 samt 0,5-0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Motsvarande medelvärden var

1,0, 0,8 respektive 0,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vid de två mättillfällena var genomsnittskoncentrationerna snarlika. Halterna ligger under den lågrisknivå på 1,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som Institutet för miljömedicin (IMM) har angett för bensen (Victorin 1998).

Jämfört med mätningar utförda 2000 (Sällsten et al 2003) är genomsnittshalterna något lägre vid samtliga mätplatser (t.ex. var medianvärdet för bensen personburet då 1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Olika analysmetoder har dock använts i de två undersökningarna. Halterna är obetydligt lägre jämfört med de uppmätta bensenhalterna där provtagare med Carbopack X användes (Johannesson et al 2008).

Genomsnittskoncentrationen av bensen var signifikant högre vid de personburna mätningarna än vid de samtidigt utförda stationära mätningarna utanför bostaden ($p=0,02$). Signifikanta korrelationer mellan de båda mätomgångarna, omgång 1 och omgång 2, fanns för de personburna- och sovrums-mätningarna ($r_s=0,53$; $p=0,02$ respektive $r_s=0,58$; $p=0,01$).

Ingen signifikant skillnad erhöles mellan rökare ($N=29$) och icke-rökare ($N=7$) men män hade en signifikant ($p=0,02$) högre genomsnittlig exponering för bensen jämfört med kvinnor (median; 1,0 respektive 0,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (se tabell 2). Denna skillnad fanns inte i resultaten som presenterades i Johannesson et al 2008 där provtagning med Carbopack X användes.

Tabell 1: Bensenkoncentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid personburen, sovrums- samt utomhusmätning utförda med TenaxTA. I tabellen redovisas medianvärdet, aritmetiskt medelvärde (medel), standarddeviationen (SD), geometriska medelvärde (GM), geometriska standarddeviationen (GSD) samt lägsta och högsta värdet (range). Resultaten för personer med upprepade mätningar (omg1 och omg2) redovisas även.

	N	Median	Medel	SD	GM	GSD	Range
Personburet							
Alla individer omg1	36	0,7	1,0	0,7	0,8	1,9	0,2-3,5
Individer upprepade omg 1*	18	0,6	0,8	0,6	0,7	1,9	0,2-2,5
Individer upprepade omg 2	18	0,6	1,0	1,0	0,8	1,9	0,4-3,6
Sovrum							
Alla individer omg1	36	0,6	0,8	0,7	0,7	1,9	0,2-3,0
Individer upprepade omg 1	20	0,5	0,8	0,8	0,6	2,0	0,2-3,0
Individer upprepade omg 2	20	0,6	1,0	1,1	0,7	2,3	0,3-4,1
Utomhus							
Alla individer omg1	34	0,6	0,6	0,1	0,6	1,2	0,4-1,0
Individer upprepade omg 1	19	0,6	0,6	0,1	0,6	1,3	0,4-1,0
Individer upprepade omg 2**	19	0,6	0,6	0,2	0,6	1,3	0,4-1,2

*Två prover har tagits bort då 2 mätningar i omg2 misslyckades därav $N=18$

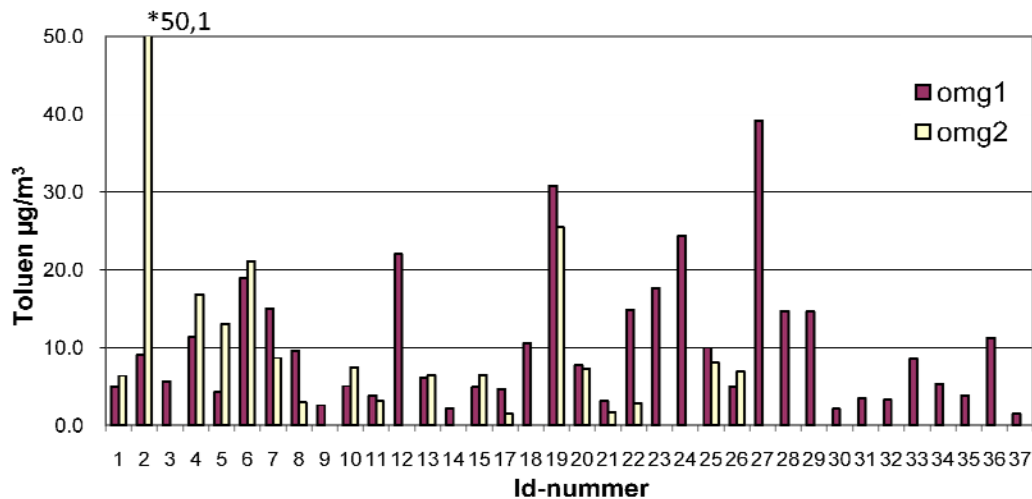
** Ett prov har tagits bort då en mätning i omg1 misslyckades därav $N=19$

Tabell 2: Bensenkoncentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid personburen mätning med TenaxTA, alla individer omgång 1 uppdelat på kön. I tabellen redovisas medianvärdet, aritmetiskt medelvärde (medel), standarddeviationen (SD), geometriska medelvärdet (GM), geometriska standarddeviationen (GSD) samt lägsta och högsta värdet (range). Signifikant skillnad erhöles mellan grupperna ($p=0,02$).

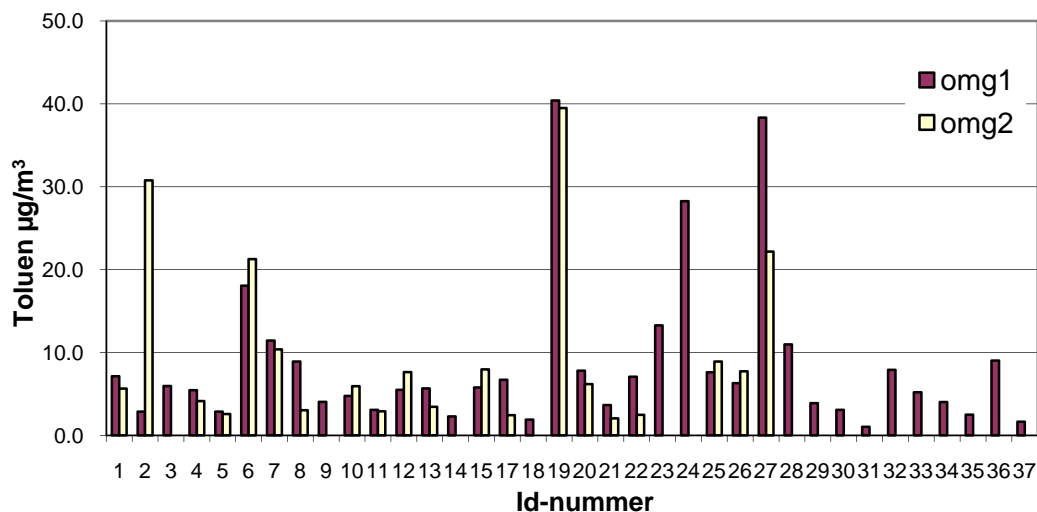
	N	Median	Medel	SD	GM	GSD	Range
Män	20	1,0	1,2	0,8	1,0	2,1	0,2-3,5
Kvinnor	16	0,6	0,7	0,4	0,6	1,5	0,4-2,2

Toluen

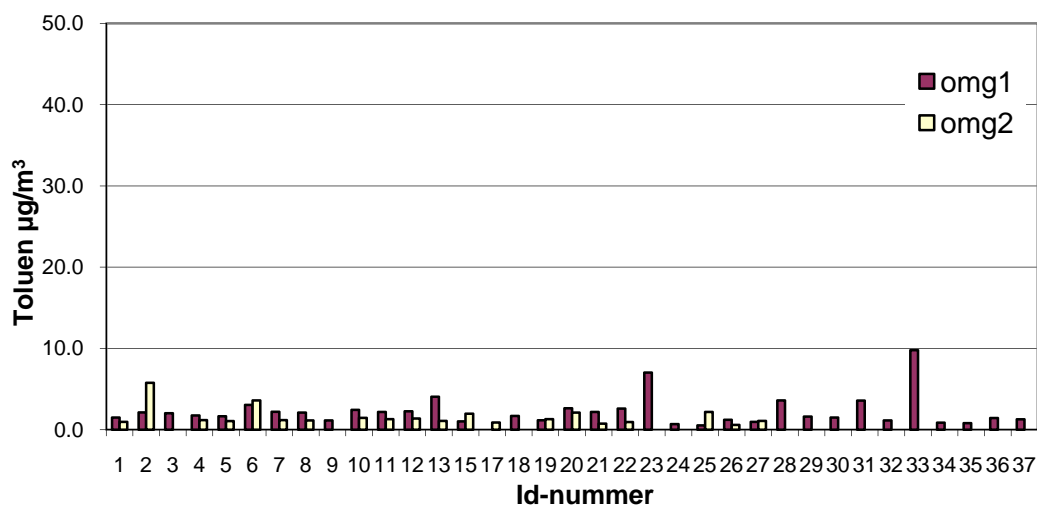
Samtliga mätresultat från de personburna, sovrums- samt utomhusmätningarna av toluen med TenaxTA framgår av figur 5-7.



Figur 5: Toluenkonsentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid personburna mätningar utförda med TenaxTA. Upprepade mätningar utfördes på 20 individer (omg2). Id 3, 8, 12, 20, 23 och 35 är rökare.



Figur 6: Toluenkonsentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid sovrums-mätningar utförda med TenaxTA. Upprepade mätningar utfördes på 20 individer (omg2).



Figur 7: Toluenkonscentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid utomhusmätningar utförda med TenaxTA. Upprepade mätningar utfördes på 20 individer (omg2).

Fyra individer uppvisar högre halter än övriga såväl i de personburna mätningarna som i mätningarna utförda i individernas sovrum. Första individen (id 27) hade eldat med ved under båda mätomgångarna (14 respektive 15 timmar per vecka). De andra två individerna (id 2 (främst omgång 2) och 19) har uppgett en centralt belägen arbetsplats i innerstaden samt mycket bilkörning och tankning under mätperioden. Båda individerna har dock även högra halter i sovrummet. Sista individen (id 24) anges ha blivit utsatt för miljötabak.

I tabell 3 presenteras resultaten för de mätningar som samtidigt utfördes personburet, i sovrummet och utanför bostaden. Resultatet för samtliga individer samt resultaten vid de upprepade mätningarna redovisas för respektive mätplats. Medianvärdet för alla individer personburet, i sovrummet och utanför bostaden var 6,9, 5,7 respektive $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (95 % KI 4,9-11,3, 4,0-7,6 samt 1,3-2,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Motsvarande medelvärden var 10,1, 8,4 respektive $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vid de två mättillfällena var genomsnittskoncentrationerna snarlika. Jämfört med mätningen 2000 (Sällsten et al 2003) är samtliga halter klart lägre (t.ex. var medianvärdet för toluen personburet $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Dock har olika analysmetoder använts i de två undersökningarna vilket eventuellt kan påverka skillnaden.

Halterna uppmätta i Göteborg understiger klart det riktvärde på $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som föreslagits i det EU anknutna INDEX projektet 2006 (Koistinen et al 2008).

Genomsnittskoncentrationen av toluen var signifikant högre vid både de personburna mätningarna och de stationära mätningarna i individernas sovrum jämfört med de stationära mätningarna utanför bostaden ($p < 0,0001$ för respektive jämförelse). Detta överensstämmer med mätningen 2000 (Sällsten et al 2003). Även halterna i sovrummet var signifikant högre än halterna uppmätta vid mätningen utanför bostaden. Signifikanta korrelationer mellan de båda mätomgångarna, omgång 1 och omgång 2, fanns både för de personburna- och sovrumsmätningarna ($r_s = 0,54$; $p = 0,02$ respektive $r_s = 0,46$; $p = 0,04$).

Inga signifikanta skillnader erhöles mellan rökare ($N=7$) och icke-rökare ($N=29$) eller mellan könen ($N=16$ respektive 20).

Tabell 3: Toluenkonzentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid personburen, sovrums samt utomhusmätning utförda med TenaxTA. I tabellen redovisas medianvärdet, aritmetiskt medelvärde (medel), standarddeviationen (SD), geometriska medelvärdet (GM), geometriska standarddeviationen (GSD) samt lägsta och högsta värdet (range). Resultaten för personer med upprepade mätningar (omg1 och omg2) redovisas även.

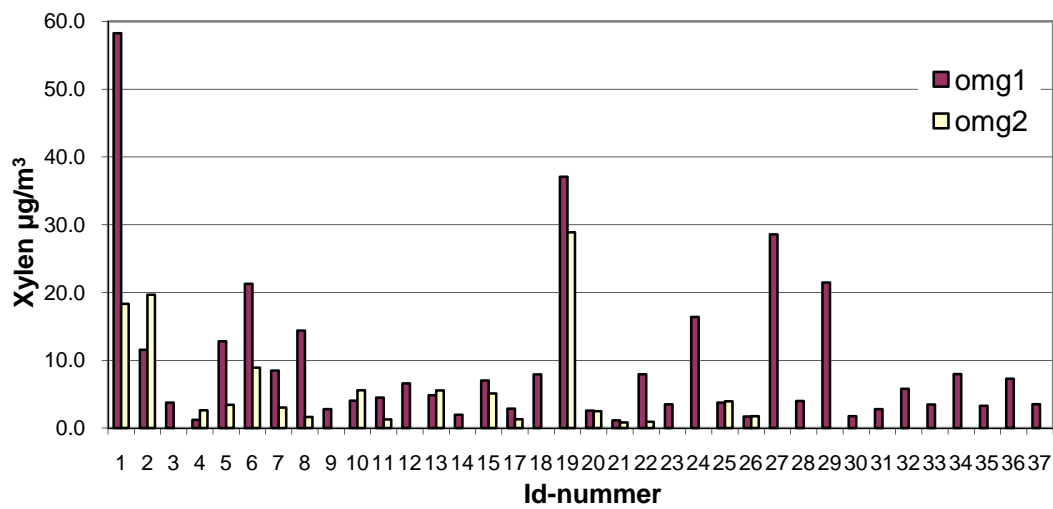
	N	Median	Medel	SD	GM	GSD	Range
Personburet							
Alla individer omg1	36	6,9	10,1	8,5	7,4	2,2	1,5-39,2
Individer upprepade omg 1*	18	6,9	9,4	7,0	7,7	1,9	3,1-30,8
Individer upprepade omg 2	18	7,1	10,9	11,8	7,2	2,5	1,5-50,1
Sovrum							
Alla individer omg1	36	5,7	8,4	9,2	5,9	2,3	1,0-40,4
Individer upprepade omg 1	20	6,5	10,0	10,6	7,2	2,1	2,9-40,4
Individer upprepade omg 2	20	6,1	9,9	10,4	6,5	2,4	2,1-39,5
Utomhus							
Alla individer omg1	34	1,7	2,2	1,8	1,8	1,9	0,5-9,8
Individer upprepade omg 1	19	2,1	2,0	0,8	1,8	1,6	0,5-4,0
Individer upprepade omg 2**	19	1,2	1,6	1,2	1,4	1,7	0,6-5,8

*Två prover har tagits bort då 2 mätningar i omg2 misslyckades därav N=18

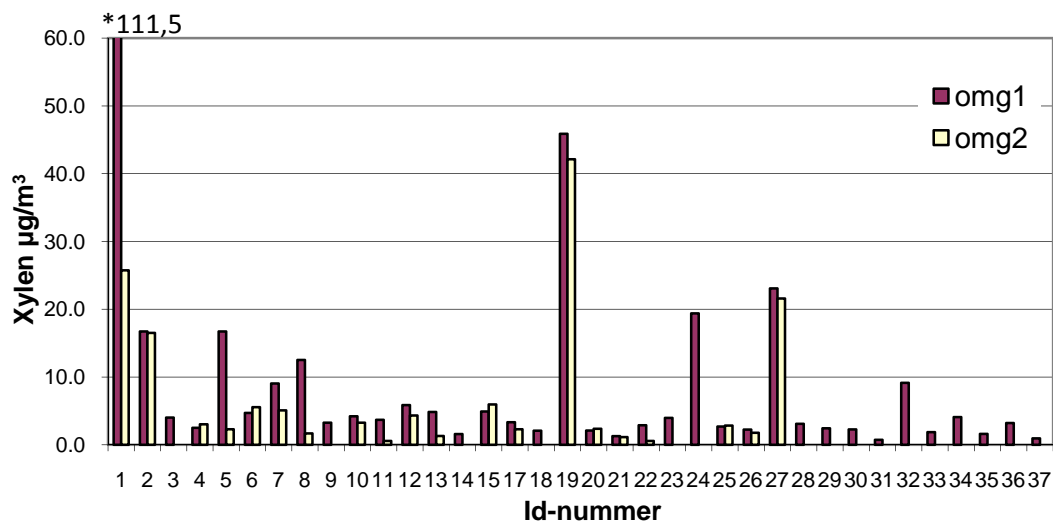
** Ett prov har tagits bort då en mätning i omg1 misslyckades därav N=19

Xylen

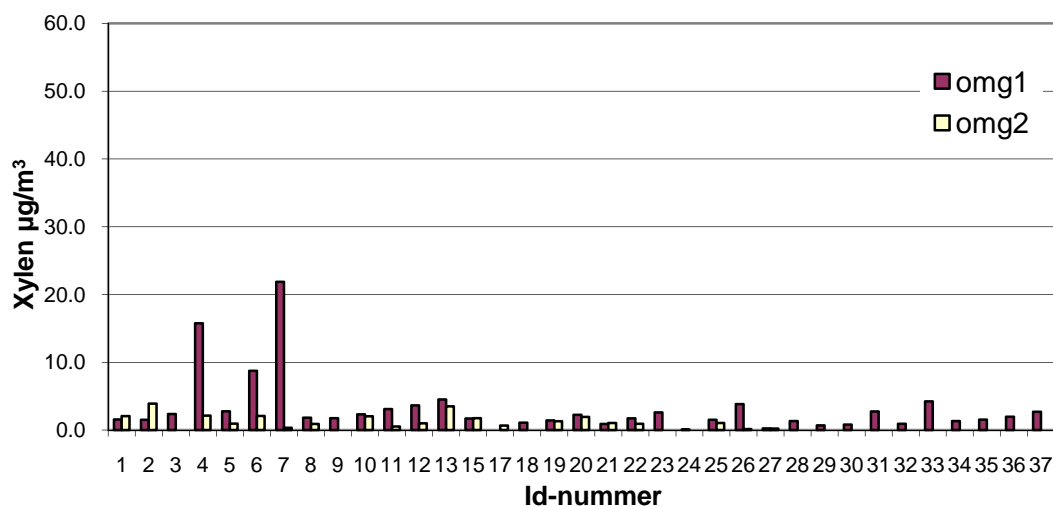
Samtliga mätresultat från de personburna, sovrums- samt utomhusmätningarna av xylen uppmätt som summan av o-, m-, p-xylen samt etylbensen med TenaxTA framgår av figur 8-10. Andelen o-, m-, och p-xylen i de analyserade proven uppgick genomsnittligt till mellan 76 och 78 %. Utomhusmätningarna hade en större spridning av andelen xylen än de övriga mätplatserna (se tabell 5).



Figur 8: Xylenkoncentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid personburna mätningar utförda med TenaxTA mätt som o-, m-, p-xylen samt etylbensen. Upprepade mätningar utfördes på 20 individer (omg2). Id 3, 8, 12, 20, 23 och 35 är rökare.



Figur 9: Xylenkoncentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid sovrumsmätningar utförda med TenaxTA mätt som o-, m-, p-xylen samt etylbensen. Upprepade mätningar utfördes på 20 individer (omg2).



Figur 10: Xylenkoncentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid utomhusmätningar utförda med TenaxTA mätt som o-, m-, p-xylen samt etylbensen. Upprepade mätningar utfördes på 20 individer (omg2).

Tre individer uppvisar högre halter än övriga såväl i de personburna mätningarna som i mätningarna utförda i individernas sovrum. Första individen (id 27) hade eldat med ved under båda mätomgångarna (14 respektive 15 timmar per vecka). Den andra individen (id 19) har uppgett en centralt belägen arbetsplats i innerstaden. Individen har dock även högra halter i sovrummet. För det höga värdet i omgång 1 för individ 1 hittas ingen orsak.

I tabell 4 presenteras resultaten för de mätningar som samtidigt utfördes personburet, i sovrummet och utanför bostaden. Resultatet för samtliga individer samt resultaten vid de upprepade mätningarna redovisas för respektive mätplats. Medianvärdet för alla individer personburet, i sovrummet och utanför bostaden var 4,7, 3,5 respektive $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (95 % KI 3,5-8,0, 2,5-4,8 samt $1,5-2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Motsvarande medelvärden var 9,4, 9,6 respektive $3,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vid det andra mättillfället var genomsnittskoncentrationerna något lägre än vid den första mätomgången. Jämfört med mätningen 2000 (Sällsten et al 2003) är halterna lägre, dock har olika analysmetoder använts vilket försvårar en jämförelse. Halterna uppmätta i Göteborg understiger klart det riktvärde på $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som föreslagits i det EU anknutna INDEX projektet 2006 (Koistinen et al 2008).

Genomsnittskoncentrationen av xylen var signifikant högre vid de personburna mätningarna än vid de samtidigt utförda stationära mätningarna utanför bostaden ($p < 0,0001$). Även halterna i sovrummet var signifikant högre än halterna uppmätta vid mätningen utanför bostaden ($p = 0,001$). Detta överrensstämmer med mätningen 2000 (Sällsten et al 2003).

Signifikanta korrelationer mellan de båda mätomgångarna fanns för de personburna- och sovrumsmätningarna ($r_s = 0,59$; $p = 0,01$ respektive $r_s = 0,63$; $p = 0,003$).

Inga signifikanta skillnader erhöles mellan rökare ($N = 7$) och icke-rökare ($N = 29$) eller mellan könen ($N = 16$ respektive 20).

Tabell 4: Xylenkoncentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid personburen, sovrum samt utomhusmätning utförda med TenaxTA, mätt som o-, m-, p-xylen samt etylbensen. I tabellen redovisas medianvärdet, aritmetiskt medelvärde (medel), standarddeviationen (SD), geometriska medelvärdet (GM), geometriska standarddeviationen (GSD) samt lägsta och högsta värdet (range). Resultaten för personer med upprepade mätningar (omg1 och omg2) redovisas även.

	N	Median	Medel	SD	GM	GSD	Range
Personburet							
Alla individer omg1	36	4,7	9,4	11,6	5,8	2,6	1,1-58,3
Individer upprepade omg 1*	18	5,9	11,4	14,7	6,3	3,0	1,1-58,3
Individer upprepade omg 2	18	3,2	6,4	7,8	3,7	2,9	0,8-28,9
Sovrum							
Alla individer omg1	36	3,5	9,6	19,5	4,4	2,9	0,7-111,5
Individer upprepade omg 1	20	4,8	14,0	25,2	6,4	3,1	1,3-111,5
Individer upprepade omg 2	20	2,9	7,5	10,8	3,6	3,3	0,6-42,1
Utomhus							
Alla individer omg1	34	1,8	3,2	4,3	1,9	2,8	0,08-21,9
Individer upprepade omg 1	19	2,2	4,3	5,5	2,5	2,8	0,2-21,9
Individer upprepade omg 2**	19	1,0	1,5	1,0	1,1	2,4	0,1-3,9

*Två prover har tagits bort då 2 mätningar i omg2 misslyckades därav N=18

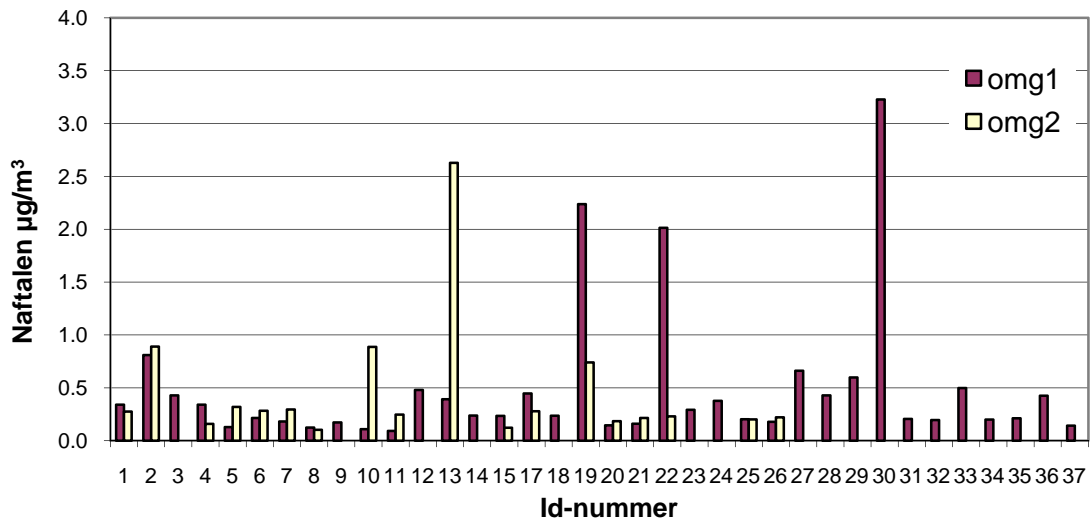
** Ett prov har tagits bort då en mätning i omg1 misslyckades därav N=19

Tabell 5: Kvoten mellan summan av o-, m- och p-xylen och xylen dvs. andelen av xylenkoncentrationerna som utgörs av o-, m- och p-xylen. Resterande utgörs av etylbensen.

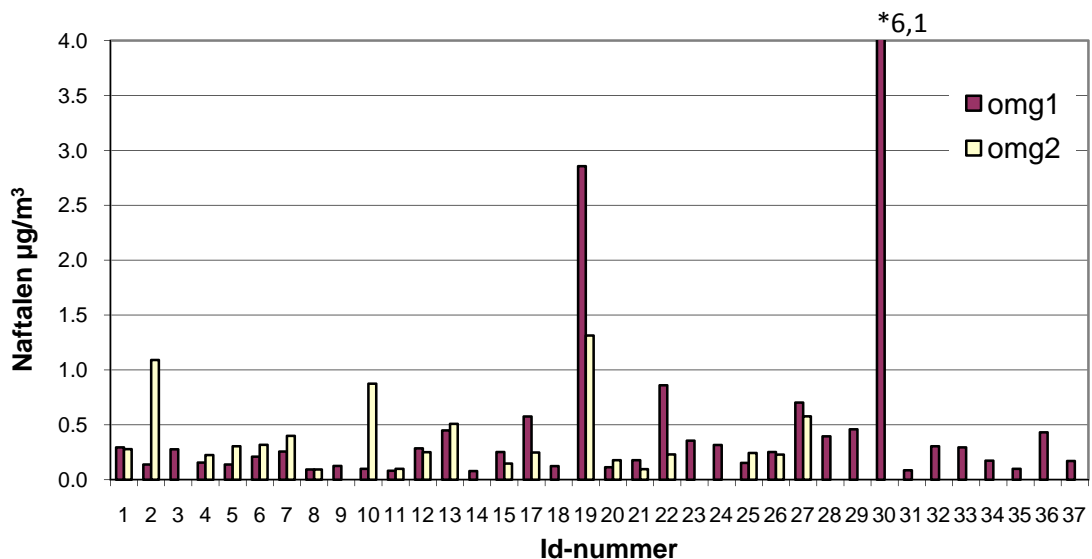
	N	Median	Medel	SD	GM	GSD	Range
Personburet	36	0,78	0,78	0,04	0,78	1,0	0,70-0,85
Sovrum	36	0,77	0,77	0,04	0,77	1,1	0,67-0,84
Utomhus	34	0,77	0,76	0,1	0,74	1,3	0,16-0,88

Naftalen

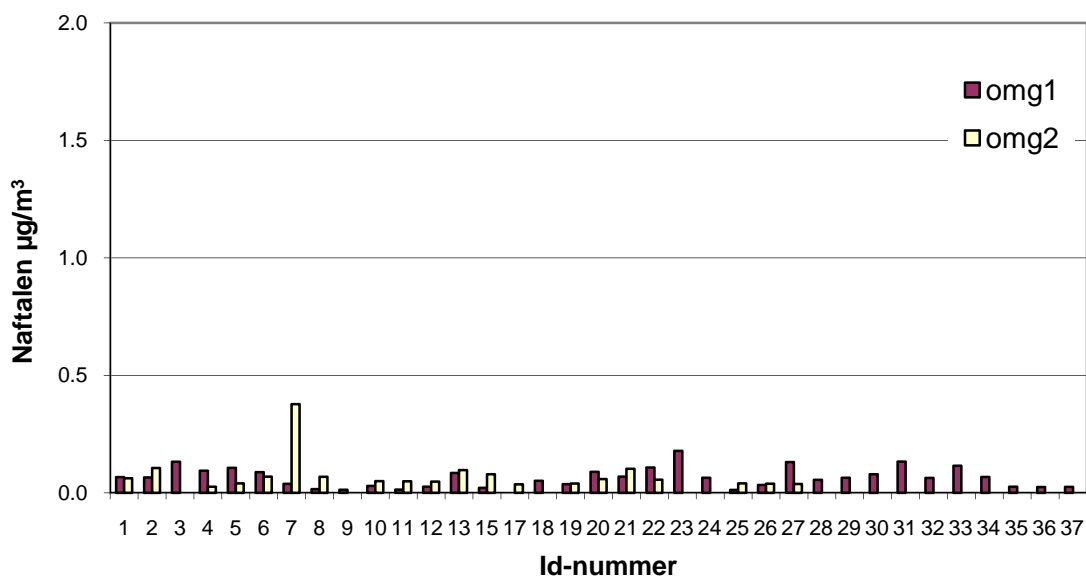
Samtliga mätresultat från de personburna, sovrumms- samt utomhusmätningarna av naftalen med TenaxTA framgår av figur 11-13.



Figur 11: Naftalenkoncentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid personburna mätningar utförda med TenaxTA. Upprepade mätningar utfördes på 20 individer (omg2). Id 3, 8, 12, 20, 23 och 35 är rökare.



Figur 12: Naftalenkoncentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid sovrumsmätningar utförda med TenaxTA. Upprepade mätningar utfördes på 20 individer (omg2).



Figur 13: Naftalenkoncentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid utomhusmätningar utförda med TenaxTA. Upprepade mätningar utfördes på 20 individer (omg2). **Observera att skalan är förstörd med en faktor 2 jämfört med figur 10 och 11.**

Två individer har högre halter än övriga på såväl personburna som sovrumsmätningarna. Den första individen (id 30) uppges ha varit exponerad för miljötabak och den andra individen (id 19) har uppgett en centralt belägen arbetsplats i innerstaden. Individen har dock även högra halter i sovrummet. Ytterligare två individer har höga värden på de personburna mätningarna. Individ nummer 13 uppges ha varit exponerad för miljötabak samt eldat 6 timmar mätomgång 2. För den andra individen (id 22) är orsaken okänd.

I tabell 6 presenteras resultaten för de mätningar som samtidigt utfördes personburet, i sovrummet och utanför bostaden. Resultatet för samtliga individer samt resultaten vid de upprepade mätningarna redovisas för respektive mätplats. Medianvärdet för alla individer personburet, i sovrummet och utanför bostaden var 0,2, 0,3 respektive $0,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (95 % KI 0,2-0,4, 0,2-0,3 samt $0,03-0,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Motsvarande medelvärden var 0,5, 0,5 respektive $0,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vid de två mättillfällena var genomsnittskoncentrationerna snarlika. Halterna uppmätta i Göteborg understiger klart det riktvärde på $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som föreslagits i det EU anknutna INDEX projektet 2006 (Koistinen et al 2008).

Genomsnittskoncentrationen av naftalen var signifikant högre vid de personburna mätningarna än vid de samtidigt utförda stationära mätningarna utanför bostaden ($p < 0,0001$). Även halterna i sovrummet var signifikant högre än halterna uppmätta utanför bostaden ($p < 0,0001$). Det fanns inga signifikanta korrelationer mellan de båda mätomgångarna på de olika mätplatserna. Inga signifikanta skillnader erhöles mellan rökare ($N=7$) och icke-rökare ($N=29$) eller mellan könen ($N=16$ respektive 20).

Tabell 6: Naftalenkoncentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid personburen, sovrums samt utomhusmätning utförda med TenaxTA. I tabellen redovisas medianvärdet, aritmetiskt medelvärde (medel), standarddeviationen (SD), geometriska medelvärdet (GM), geometriska standarddeviationen (GSD) samt lägsta och högsta värdet (range). Resultaten för personer med upprepade mätningar (omg1 och omg2) redovisas även.

	N	Median	Medel	SD	GM	GSD	Range
Personburet							
Alla individer omg1	36	0,2	0,5	0,7	0,3	2,3	0,09-3,2
Individer upprepade omg 1*	18	0,2	0,5	0,6	0,3	2,5	0,09-2,2
Individer upprepade omg 2	18	0,3	0,5	0,6	0,3	2,2	0,1-2,6
Sovrum							
Alla individer omg1	36	0,3	0,5	1,1	0,3	2,6	0,08-6,1
Individer upprepade omg 1	20	0,2	0,4	0,6	0,3	2,4	0,08-2,9
Individer upprepade omg 2	20	0,2	0,4	0,3	0,3	2,1	0,09-1,3
Utomhus							
Alla individer omg1	34	0,06	0,07	0,04	0,05	2,1	0,01-0,2
Individer upprepade omg 1	19	0,07	0,06	0,04	0,05	2,1	0,01-0,1
Individer upprepade omg 2**	19	0,06	0,08	0,08	0,06	1,8	0,03-0,4

*Två prover har tagits bort då 2 mätningar i omg2 misslyckades därav N=18

** Ett prov har tagits bort då en mätning i omg1 misslyckades därav N=19

Variabilitet

Mätstrategin med upprepade mätningar hos samma individ gjorde det möjligt att skatta variabiliteten inom samt mellan individerna. För bensen, toluen och xylen dominerar mellanindividsvariabiliteten för såväl de personburna mätningarna som mätningarna utförda i individernas sovrums (se tabell 7). För naftalen utgjordes 26 % av den totala variabiliteten vid de personburna mätningarna av mellanindividsvariabilitet medan den dominerade vid sovrums mätningarna. I de flesta fallen var den totala variabiliteten mindre för utomhusmätningarna än för övriga mätplatser.

Tabell 7: Variabiliteten inom- och mellan individer för bensen-, toluen-, xylener- och naftalenmätningarna på de olika mätplatserna. Beräkningen har gjorts på log-transformerade data.

Bensen	σ^2_{total}	σ^2_{mellan}	σ^2_{inom}	Toluen	σ^2_{total}	σ^2_{mellan}	σ^2_{inom}
Personburen	0,42	0,25(60%)	0,17(40%)	Personburen	0,70	0,40(57%)	0,30(43%)
Sovrum	0,49	0,37(75%)	0,12(25%)	Sovrum	0,71	0,45(63%)	0,26(37%)
Utomhus	0,05	0(0%)	0,05(100%)	Utomhus	0,36	0,09(26%)	0,26(74%)

Xylen	σ^2_{total}	σ^2_{mellan}	σ^2_{inom}	Naftalen	σ^2_{total}	σ^2_{mellan}	σ^2_{inom}
Personburen	1,00	0,51(51%)	0,49(49%)	Personburen	0,66	0,17(26%)	0,49(74%)
Sovrum	1,24	0,77(62%)	0,47(38%)	Sovrum	0,76	0,40(53%)	0,36(47%)
Utomhus	1,12	0(0%)	1,12(100%)	Utomhus	0,48	0(0%)	0,48(100%)

Korrelation

I tabell 8 presenteras en korrelationsmatris omfattande naftalen, bensen, toluen samt xylener för personburna samt sovrums- och utomhusmätningarna.

De personburna mätningarna uppvisade hög korrelation med inomhushalterna för samtliga ämnen vilket överensstämmer med resultaten i Sällsten et al 2003. För bensen korrelerade även inomhus- och utomhushalterna.

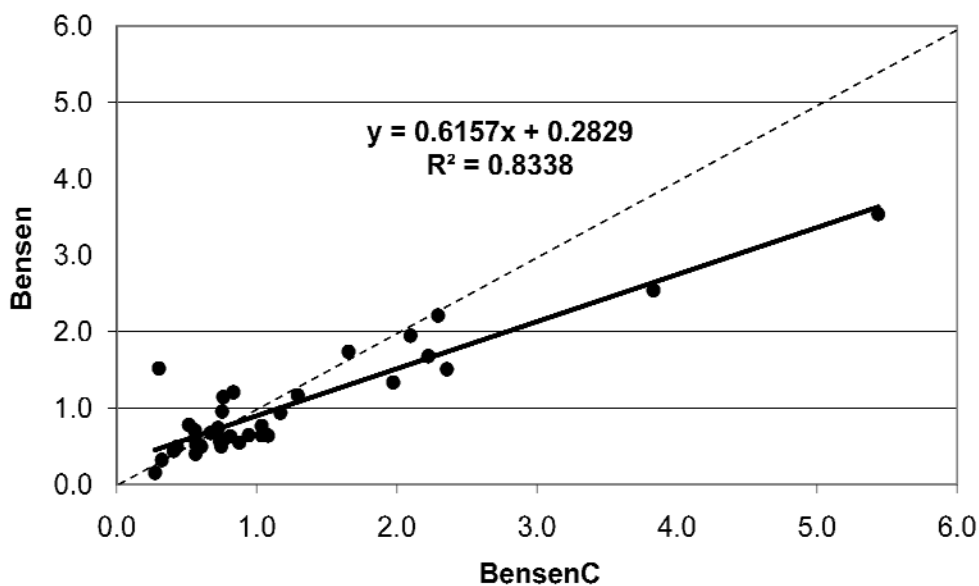
Det fanns få signifikanta korrelationer mellan utomhushalterna av de olika ämnena (i motsats till resultaten i Sällsten et al 2003) endast en svag men signifikant korrelation mellan utomhushalterna av naftalen och toluen samt xylener och toluen. De personburna mätningarna av bensen korrelerade med de personburna mätningarna av naftalen och toluen. Sovrumshalterna av bensen korrelerade men såväl de personburna som sovrums- och utomhushalterna av naftalen.

Tabell 8: Korrelationsmatris (Spearman) för Naftalen (N), Bensen (B), Toluen (T) och Xylener (X) vid mätpunkterna P=Personburet och S=Sovrum. Värden i fet stil; $p < 0,05$.

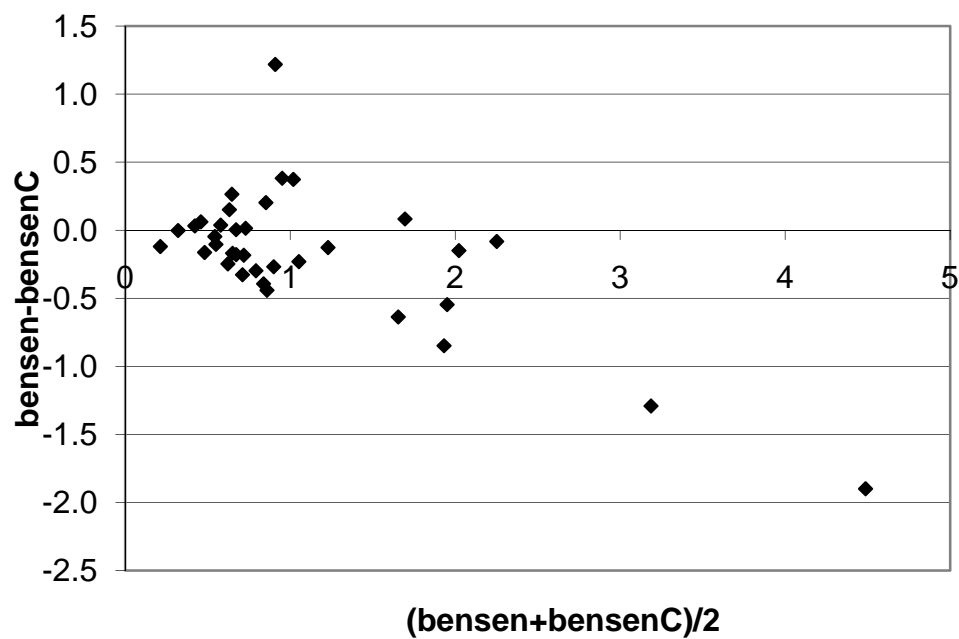
	N/P	N/S	B/P	B/S	T/P	T/S	X/P	X/S
N/P	1							
N/S	0,73	1						
B/P	0,57	0,36	1					
B/S	0,56	0,50	0,61	1				
T/P	0,45	0,42	0,52	0,37	1			
T/S	0,21	0,53	0,26	0,23	0,69	1		
X/P	0,21	0,28	0,20	0,40	0,57	0,40	1	
X/S	0,14	0,30	0,14	0,40	0,44	0,56	0,75	1

Överrensstämelsen mellan två olika absorbenter för provtagning av bensen med diffusionsprovtagare

I samband med undersökningen utfördes även en jämförelse vid personburen mätning av bensen med diffusionsprovtagare (Perkin-Elmer) fylld med absorbenten Carbopack X (Johannesson et al 2008). De halter som använts i rapporten och betecknas som "bensen" uppmättes med absorbenten TenaxTA (2,6-difenyl-pfenyloxidpolymer) och de halter som betecknas "bensenC" är uppmätta med absorbenten Carbopack X 60/80 mesh. I figur 14 och figur 15 ser man att resultaten överrensstämmer väl upp till halter kring $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ medan vid lägre nivåer, halterna uppmätta med absorbenten TenaxTA, är lägre än de som uppmätts med Carbopack X 60/80 mesh. Resultaten för de båda provtagarna uppvisade en hög korrelation (tabell 9).



Figur 14: Korrelationen mellan bensenhalterna mätt med absorbenterna TenaxTA (bensen) och Carbopack X 60/80 mesh (bensenC) vid personburen mätning omg1. Den streckade linjen i figuren anger 1:1-linjen.



Figur 15: Bland-Altman plot för jämförelse mellan de båda absorbenterna TenaxTA (bensen) och Carbopack X 69/80 mesh (bensenC) vid personburen mätning omg1.

Tabell 9: Korrelationen mellan de båda provtagarna för bensen (TenaxTA och Carbopack X 69/80 mesh), $p < 0,0001$ för samtliga värden.

	N	Pearson	Spearman
Alla individer omg1	35	0,91	0,72
Individer upprepade omg1*	18	0,94	0,88
Individer upprepade omg2	18	0,98	0,85

*Två prover har tagits bort då 2 mätningar i omg2 misslyckades därav N=18

Referenser

Andersson L, Westberg H, Bryngelsson I, Lundholm C. Cancerframkallande ämnen i tätortsluft Lindesberg 2005/2006. Yrkesmedicinska kliniken Universitetssjukhuset i Örebro, 2006.

Friman K, Axmon A, Tinnerberg H. Cancerframkallande ämnen i tätortsluft Malmö 2003, Yrkes- och miljömedicinska kliniken i Lund, 2004.

Johannesson S, Mattsson C, Bergemalm-Rynell K, Strandberg B, Sällsten G. Personburen exponering för organiska ämnen och partiklar kopplad till stationära mätningar i Göteborg 2006. Arbets- och miljömedicin, Göteborg, 2008.

Lundberg P. Vetenskapligt underlag för hygieniska gränsvärden. 19, Arbete och Hälsa 1998:24. Stockholm: Arbetslivsinstitutet, 1998.

Koistinen K, Kotzias D, Kephelopoulos S, Schlitt C, Carrer P, Jantunen M, Kirchner S, McLaughlin J, Molhave L, Fernandes E O, Seifert B, The INDEX project: executive summary of a European Union project on indoor air pollutants, *Allergy*, 63, 810-9, 2008.

Kruså M, Bellander T, Nilsson M. Cancerframkallande ämnen i tätortsluft Stockholm 2002/2003. Rapport från Arbets- och miljömedicin 2004:3, Stockholm.

Modig L, Forsberg B, Hagenbjörk-Gustafsson A, Järvholm B, Levin JO, Lindahl R, Rhen M, Segerstedt B, Sundgren M, Sunesson AL, Brorström-Lunden E. Cancerframkallande ämnen i tätortsluft – exponering och halter i Umeå 2001. Yrkesmedicin, Umeå Universitet, 2002.

Preuss R, Angerer J, Drexler H, Naphthalene – an environmental and occupational toxicant, *Int Arch Occup Environ Health*, 76, 556-76, 2003.

Sällsten G, Ljungkvist G, Barregård L. Allmänbefolkningens exponering för bensen, toluen och xylen – personlig exponering, individrelaterade stationära mätningar och bakgrundsmätningar i Göteborg. Arbets- och miljömedicin, Göteborg, 2003.

Sällsten G, Björklund J, Johansson O, Melin J, Lindahl R, Loh C, Östman C, Barregård L. Cancerframkallande ämnen i tätortsluft – personlig exponering, individrelaterade stationära mätningar och bakgrundsmätningar i Göteborg 2000. Rapport från Yrkes- och miljömedicin nr 90. Arbets- och miljömedicin, Göteborg, 2001.

Victorin K. Risk assessment of carcinogenic air pollutants. Institutet för miljömedicin, IMM-rapport 1/1998.