Hälsorelaterad miljöövervakning

Cancerframkallande ämnen i tätortsluft

Personlig exponering och bakgrundsmätning i Stockholm 2024

Alexandra Lövquist

Johnny Lorentzen

Marie Flyckt

Östen Axelsson

Anne-Sophie Merritt

Institutet för Miljömedicin, IMM

Karolinska Institutet

MILJÖÖVERVAKNING

PÅ UPPDRAG AV

NATURVÅRDSVERKET

NATIONELL
MILJÖÖVERVAKNING
PÅ UPPDRAG AV
NATURVÅRDSVERKET

ÄRENDENNUMMER	NV-03812-24
AVTALSNUMMER	215-24-007
PROGRAMOMRÅDE	Hälsorelaterad miljöövervakning
DELPROGRAM	Luftföroreningar - exponeringsstudier

Rapportförfattare Alexandra Lövquist, IMM, KI Johnny Lorentzen, IMM, KI Marie Flyckt, IMM, KI Östen Axelsson, IMM, KI Ann-Sophie Merritt, IMM, KI	**Utgivare** Institutet för miljömedicin, IMM, Karolinska Institutet **Postadress** Nobels väg 13, Karolinska Institutet, Solna **Telefon** 08-123 372 65
Rapporttitel och undertitel Hälsorelaterad miljöövervakning Cancerframkallande ämnen i tätortsluft Personlig exponering och bakgrundsmätning i Stockholm 2024	**Beställare** Naturvårdsverket 106 48 Stockholm **Finansiering** Nationell MÖ
Nyckelord för plats Stockholm	
Nyckelord för ämne Cancerframkallande ämnen, luftföroreningar, personburna mätningar, stationära mätningar, bensen, 1,3-butadien, formaldehyd, kvävedioxid	
Tidpunkt för insamling av underlagsdata Hösten 2024	

Sammanfattning

I denna studie mättes personburen exponering för bensen, 1,3-butadien, formaldehyd och kvävedioxid i Stockholm under hösten 2024. Totalt deltog 40 slumpmässigt utvalda personer folkbokförda i Stockholms stad, 22–60 år gamla (22 kvinnor och 18 män). Svarsfrekvensen var 30 %. Samtliga genomförde en veckas personburen provtagning och hälften deltog även i en andra mätvecka. Parallellt genomfördes sex veckors stationära mätningar vid två utomhusplatser på Södermalm: en urban bakgrundsstation på taknivå och en trafiknära station på gatunivå.

Resultaten visar en tydlig och långsiktig minskning av halterna av samtliga ämnen sedan den första mätningen 2003, med de lägsta nivåerna hittills uppmätta 2024. Medianhalterna i de personburna mätningarna var 0,54 µg/m³ för bensen, 0,034 µg/m³ för 1,3-butadien, 7,7 µg/m³ för formaldehyd och 9,2 µg/m³ för kvävedioxid. Dessa resultat ligger under gällande miljökvalitetsmål, även om förhöjda halter observerades hos vissa deltagare i samband med exempelvis rökning, gasspis, målning eller vedeldning.

Som i tidigare HÄMI-omgångar var personburna halter generellt högre än stationära halter i urban bakgrund på taknivå. Detta understryker att personburna mätningar utgör ett viktigt komplement till stationära mätningar och modelleringar. För kvävedioxid noterades att trafiknära gatunivåer ibland översteg de personburna halterna, vilket speglar påverkan från intensiva trafikmiljöer.

Sammanfattning

Bakgrund

Undersökningen ”Cancerframkallande ämnen i tätortsluft” är ett delprogram inom Naturvårdsverkets programområde nationell hälsorelaterad miljöövervakning (HÄMI).

Syftet med denna återkommande studie är att estimera allmänhetens exponering för några vanligt förekommande luftföroreningar. Mätningarna används vidare i utvärderingssyfte av Sveriges nationella miljömål ”Frisk luft” samt för skatta bidraget från aktiviteter och källor som kan bidra till högre exponering för dessa luftföroreningar.

Stationära mätningar av luftkvalitén görs regelbundet i flera av Sveriges kommuner. Dessa mätningar sker oftast i taknivå eller gatumiljö och för att kunna bedöma hur väl dessa mätningar speglar faktisk personlig exponering behöver även personburna mätningar genomföras.

Undersökningen startades år 2000 i Göteborg och har därefter följt ett rullande schema med årliga mätningar i en av de fem deltagande svenska städerna Göteborg, Umeå, Stockholm, Malmö och Lindesberg (ett mätfritt år efter varje mätserie). Orterna representerar större kustnära städer i olika delar av landet samt en mindre ort i inlandet med frekvent vedeldning (Lindesberg). Avsikten är att studien cirka vart 6:e år skall återkomma till samma stad för att kunna studera tidstrender, både inom och mellan städerna. I Stockholm har undersökningarna genomförts 2003, 2009 och 2015 och nu 2024. Samtliga rapporter finns publicerade och tillgängliga via IMM:s (Institutet för Miljömedicin på Karolinska Institutet) webbsida Alla rapporter | Karolinska Institutet.

De ämnen som ingått i provtagningarna har till viss del modifierats över tid. I denna undersökning ingår ämnena bensen, 1,3-butadien och formaldehyd samt kvävedioxid. Detta är samma ämnen som inkluderades i den senaste mätningen av cancerogena ämnen i tätortsluftserien, vilken gjordes i Malmö 2023. Det skiljer sig dock från de senaste mätningarna som genomfördes i Stockholm 2015 där även kväveoxider (NO_X), partiklar (PM2.5), polycykliska aromatiska kolväten (PAH) ingick.

Bensen är en aromatiskt kolväteförening som bildas vid ofullständig förbränning av organiskt material och förekommer i trafikavgaser, utsläpp från petrokemisk industri, bensin, småskalig vedeldning samt i cigarettrök. Ämnet är lättflyktigt, vilket innebär att tankning och annan hantering av bensin kan ge direkt exponering. Bensen är klassificerat som cancerframkallande för människa (Grupp 1) av Internationella cancerforskningsinstitutet (IARC) inom Världshälsoorganisationen (WHO). Halterna i utomhusluft har minskat sedan början av 1990-talet, främst till följd av införandet av katalytisk avgasrening, skärpta regler för bensenhalten i bensin och teknisk utveckling av fordon. I dag ligger årsmedelhalterna i svenska tätorter generellt långt under MKN på 5 µg/m^3 och ofta under miljömålet Frisk Luft 1 µg/m^3. Bensen regleras i luftkvalitetsförordningen (2010:477).

1,3-Butadien är en färglös gas som bildas vid olika former av förbränning och förekommer i trafikavgaser, småskalig vedeldning, tobaksrök och andra förbränningsrelaterade utsläpp. Ämnet används industriellt främst vid produktion av syntetiskt gummi, exempelvis för bildäck, samt vid framställning av plastmaterial. Internationella cancerforskningsinstitutet (IARC) har klassificerat 1,3-butadien som cancerframkallande för människa (Grupp 1) baserat på tillräcklig evidens för ökad risk för leukemi vid långvarig exponering. Exponering i allmänbefolkningen sker huvudsakligen via inandning av luft förorenad av bilavgaser, tobaksrök och industriella utsläpp.

Halterna i utomhusluft har minskat sedan 1990-talet, men ämnet förekommer fortfarande i låga nivåer i svenska tätorter.

Formaldehyd är klassificerad som cancerframkallande för människor (Grupp 1) av Internationella cancerforskningsinstitutet (IARC). Ämnet kan dessutom orsaka allergiska hudreaktioner och irritation i luftvägar och ögon. Industriellt används formaldehyd främst vid framställning av syntetiska hartser, som i sin tur används vid produktion av plywood, träbaserade skrivmaterial, pappersprodukter och olika plaster. Ämnet förekommer även som desinfektionsmedel och konserveringsmedel. Formaldehyd bildas även vid förbränning vilket gör att det finns i bilavgaser, vedrök, stekos och cigarettrök. På grund av den omfattande industriella användningen är låga halter i omgivningsmiljön vanligt förekommande. Exponering kan även ske via konsumentprodukter som innehåller formaldehyd, exempelvis trä- och pappersprodukter, textilier, rengöringsmedel och kosmetika.

Kvävedioxid (NO_2) bildas huvudsakligen vid förbränningsprocesser där kvävemonoxid (NO) oxideras till NO_2 i luften. Trafiken är den dominerande källan till kvävedioxid i tätorter, men även sjöfart, industrier och dieseldrivna arbetsmaskiner bidrar till betydande utsläpp. Inomhus kan användning av gasspis ge förhöjda halter. Dieselbilar släpper ut mer kväveoxider än bensindrivna fordon, vilket har påverkat haltnivåerna historiskt. Kvävedioxid används ofta som markör för trafikrelaterade luftföroreningar eftersom halterna är högst i gaturum med intensiv trafik, särskilt vid rusningstid och under kalla, vindstilla vinterdagar. Internationella cancerforskningsinstitutet (IARC) bedömer att det saknas tydliga bevis för att kvävedioxid är cancerframkallande, och riskvärderingen baseras därför på dess generella skadliga effekter på lungor och luftvägar. Epidemiologiska studier visar samband mellan långvarig exponering för kvävedioxid och ökad risk för luftvägssjukdomar och hjärt-kärlsjukdomar. Halterna i svenska tätorter har minskat kraftigt sedan 1990-talet tack vare renare bilmotorer, strängare utsläppskrav och att fler fordon idag är eldrivna. Kvävedioxid regleras i luftkvalitetsförordningen (2010:477) och omfattas av EU:s luftkvalitetsdirektiv, som skärptes 2024 och ska vara fullt genomfört i svensk lagstiftning senast 2026.

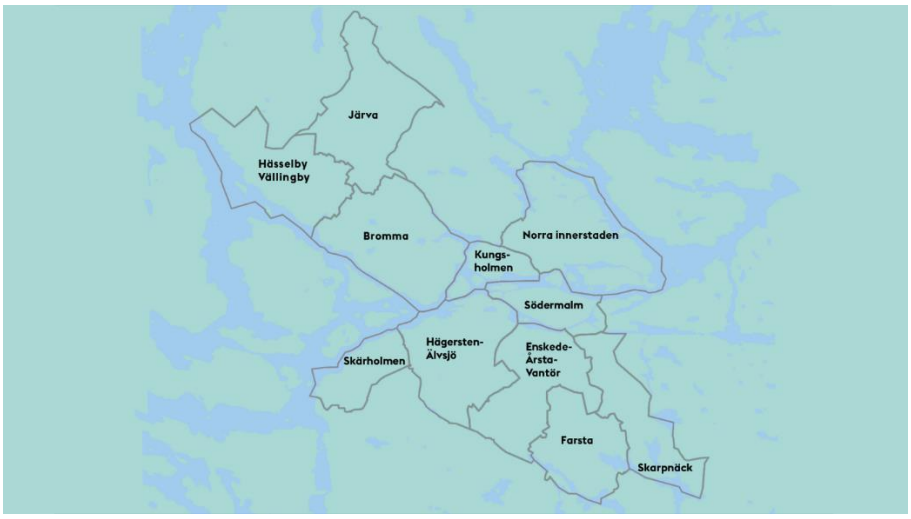
Material och Metoder

Översiktlig studiedesign

Under hösten (september–december) 2024 genomfördes personburna mätningar hos 40 personer under en vecka (för 20 av dessa genomfördes mätningar även ytterligare en vecka). Under mätperioden genomfördes även stationära mätningar vid två platser i Stockholm (på gatunivå respektive taknivå) under sex veckor inom mätperioden.

Urval och rekrytering av studiedeltagare

För rekrytering av studiedeltagare beställdes ett slumpmässigt urval av 600 personer mellan 20 och 60 år gamla (hälften kvinnor, hälften män) folkbokförda i Stockholms stad (Figur 1) från Statens personadressregister (SPAR). Urvalsuppdraget via SPAR generade en XML-fil med resultatet och samtliga deltagarna fick därefter ett slumpmässigt nummer tilldelat.



Figur 1. Stockholms stad är indelad i 11 stadsdelsområden (bild från Stockholms stad).

Inbjudan till att vara med i studien skickades ut per brev i två omgångar. För varje utskicksomgång så skickades efter ungefär 2 veckor en påminnelse via brev. Det första utskicket gjordes den 31 juli 2024 till de första 100 personerna i urvalet (48 män och 52 kvinnor). Efter detta anmälde sig totalt 36 personer med intresse av att delta i studien. Det andra utskicket genomfördes den 4 september 2024 till ytterligare 40 personer (22 män och 18 kvinnor). Efter detta tillkom ytterligare 8 intresseanmälningar.

Sammanlagt kontaktades de första 140 personerna i listan och totalt inkom 42 anmälningar (30%), varav 41 personer uppgav att de kunde tänka sig att delta i en eventuell uppföljningsvecka.

Informationsutskick

Varje utskick till potentiella deltagare innehöll två dokument: ett inbjudningsbrev (bilaga 1) och information om studien (bilaga 2). I informationsmaterialet fanns en QR-kod som länkade till Karolinska Institutets webbplats, där ytterligare information om studien fanns tillgänglig.

I inbjudningsbrevet erbjöds mottagarna att delta i en forskningsstudie om luftföroreningar i Stockholm genom att besvara några korta frågor. Anmälan kunde göras via en QR-kod som länkade till ett digitalt formulär i Microsoft Forms, vilket resulterade i 42 anmälningar. Utöver de digitala anmälningarna inkom ytterligare två anmälningar; en via telefon och en via e-post.

Den slutgiltiga svarsfrekvensen i studien blev således 30 % och deltagarfrekvensen blev 29 %.

Personburna mätningar

Samtliga studiedeltagare genomförde personburna mätningar under sju dygn med hjälp av diffusionsprovtagare. De fyra ämnen som analyserades var bensen, 1,3-butadien, formaldehyd och kvävedioxid. Mätningarna utfördes med tre separata provtagare, där bensen och 1,3-butadien samlades in med samma provtagare.

Under mätperioden bar deltagarna ett band runt halsen, där provtagarna fästes så nära andningszonen som möjligt (figur 2). Utrustningen delades ut en gång per vecka och samlades in veckan därpå. Mätperioden sträckte sig från september till december 2024.

Figur 2: Under mätveckan bar deltagarna tre olika provtagare fästa i ett band runt halsen, placerade så nära andningszonen som möjligt. Bensen och 1,3-butadien samlades in med ett adsorbentrör i rostfritt stål. Formaldehyd mättes med en svart provtagare med ett grönt skjutbart lock, och kvävedioxid med röda passiva diffusionsprovtagare monterade i plasttuber.

Inför varje individuell provtagningsvecka kontaktades deltagaren via telefon för att boka datum och tid för utlämning och återlämning av provtagningsutrustning samt tillhörande dokumentation. I samband med detta verifierades att deltagaren fortfarande bodde på angiven adress och att inga längre resor (mer än ett dygn) var planerade under mätveckan. En person hade bytt adress inom Stockholm. Alla som anmält sig inkluderades i studien.

Efter bokningen skickades ett bekräftelse-SMS med en länk till Arbets- och miljömedicinska mottagningen vid Centrum för Arbets- och Miljömedicin på Torsplan i Stockholm, där samtliga möten för utlämning och återlämning ägde rum. Dagen före besöket skickades även ett påminnelse-SMS.

Samtliga deltagare infann sig på utsatt tid vid både utlämnings- och återlämningsmöten, med undantag för två personer som på grund av sjukdom återlämnade utrustningen en dag senare. För varje möte avsattes 30 minuter. Vid utlämningstillfället fick deltagarna muntlig information om studien samt följande fyra dokument.

1. Instruktioner (bilaga 3)
2. Samtyckesblankett (bilaga 4)
3. Enkät (bilaga 5)
4. Dagbok (bilaga 6)
5. Blankett: bankuppgifter (bilaga 7)

Efter att informerat deltagaren om studien fylldes samtyckesblanketten i och sedan enkäten (som även kunde besvaras via en QR-kod på mobilen). Enkäten innehöll bland annat frågor om levnadsvanor och boende, som potentiellt kunde vara kopplat till exponeringen för de ämnen som ingår i studien. Aktivitetsdagboken skulle fyllas i under mätveckan och lämnas in på återlämningsmötet veckan därpå. I dagboken fick studiedeltagaren fylla i vistelsetid i olika miljöer, tid inomhus och utomhus i trafik och olika frågor om exponering för varje enskild dag under mätveckan.

Inför varje mätvecka instruerades deltagarna att bära halsbandet med provtagarna runt halsen, eller så nära kroppen som möjligt, under all vaken tid. Undantag gjordes för aktiviteter såsom dusch, bastubad, träning eller liknande, då deltagarna ombads att placera provtagarna så nära

vistelseplatsen som möjligt, t.ex. i ett klädskåp. Under natten ombads deltagarna att hänga halsbandet med provtagarna så nära sängen som möjligt. Deltagarna informerades även om vikten av att inte täcka för över öppningarna på diffusionsprovtagarna. Efter genomgången information öppnades/ startades provtagarna, halsbandet överlämnades och provtagningsperioden inleddes.

Den personliga exponeringen för luftföroreningar kan förväntas variera både mellan olika individer (mellan-individvarians) och över tid hos samma individ (inom-individvarians). För att undersöka denna variabilitet genomfördes en upprepad mätning hos 20 av studiedeltagarna under en andra mätvecka, benämnd som uppföljningsvecka.

Deltagare som uttryckte intresse för att medverka vid en uppföljningsvecka rekryterades fram till dess att 20 personer hade tackat ja. Den andra mätveckan planerades i direkt anslutning till avslutad första mätvecka för respektive deltagare. Vid uppföljningsveckan tilldelades deltagarna nya provtagare, med undantag för formaldehydprovtagaren som endast användes under den första mätveckan. Deltagarna fick även en ny aktivitetsdagbok att fylla i under den andra mätveckan.

Efter avslutad mätvecka och inlämning av den efterfrågade dokumentationen erhöll deltagarna ekonomisk ersättning för sitt deltagande. Ersättningen beskattades i enlighet med Skatteverkets regler och uppgick till 1 500 kronor för deltagare som genomförde en mätvecka, och 3 000 kronor för dem som deltog under två mätveckor. Under hösten 2025 skickades individuella provresultat ut till samtliga deltagare som återkoppling på deras medverkan i studien.

Stationära utomhusmätningar

Stationära utomhusmätningar genomfördes på två platser på Södermalm i Stockholm där Stockholms stad har fasta mätstationer med aktiva provtagare för kontinuerlig mätning av luftkvalitet. Dessa platser var en takstation på Torkel Knutssonsgatan (urban bakgrund) samt en markbur på Hornsgatan (gaturumsmätning). Takstationen på Torkel Knutssonsgatan valdes utifrån att denna plats kontinuerligt används av SLB-analys (Stockholms Luft- och Bulleranalys) som är en enhet på Miljöförvaltningen i Stockholm som ansvarar för övervakningen av luftmiljön i staden. Provtagarna var där oåtkomliga för allmänheten då man behöver både kod och nyckel för att komma upp på hustaket. Provtagarna placerades i lätt väderskydd som monterades på taket. Hornsgatan valdes ut för att representera en tungt trafikerad plats och där kunde väderskydd med provtagarna placeras i en låst mätbur ca. 2 meter över marknivå.

Figur 3: Provtagarna under lätt väderskydd i markburen på Hornsgatan respektive på takstationen på Torkel Knutssongatan på Södermalm. Väderskyddet bestod av en enkel plastkupa eller platta i rostfritt stål som tillåter luft strömma över provtagarna genom ett mellanrum mellan kuporna.

Provtagarna som användes var desamma som användes vid de personburna provtagningarna för samtliga ämnen, det vill säga bensen, 1,3-butadien, formaldehyd och kvävedioxid. Väderskyddet bestod av en enkel plastkupa eller platta i rostfritt stål som tillåter luft strömma över provtagarna genom ett mellanrum mellan kuporna (figur 3). Detta ger lätt skydd mot regn, snö och vind. Vid både takstationen på Torkel Knutssongatan och markburen på Hornsgatan genomfördes mätningar under en vecka (för att ha samma exponeringstid som de personburna provtagningarna) i totalt 6 veckor (2024-10-01 till 2024-10-29 samt 2024-12-04 till 2024-12-11). Mätningarna pågick under veckor som de personburna mätningarna pågick för att ge representativa värden avseende utomhusluften för hela perioden.

Mätmetoder och analyser

Mätningar genomfördes med tre olika passiva provtagare, där ämnet diffunderar in i provtagaren och fastnar på en adsorbent eller preparerat filter. Mätningarna gav således en genomsnittlig exponering per vecka. Tidpunkt för mätningarnas start och stopp noterades och provtagningsvolymen bestämdes utifrån den totala mättiden för provtagningen vilken sedan multiplicerades med diffusionskoefficienter för respektive ämne. Provtagarna skickades med budfirma till laboratorierna för analys i två omgångar under mätperioden. Mät- och analysmetoderna var identiska med dem som användes vid den föregående HÄMI-undersökningen i Malmö 2023.

Bensen och 1,3-butadien

För provtagning av bensen och 1,3-butadien användes ett Termisk desorptionsrör av rostfritt stål med Carbopack X 40/60 mesh (Figur 4). Rören fästes hos deltagarna utan kontakt med plastdetaljer i syfte att undvika eventuell kontaminering. Innan och efter provtagning förvarades provtagarna i rumstemperatur. Använda provtagare skickades till det miljökemiska laboratoriet vid Arbets- och miljömedicin (AMM) i Göteborg för analys. Under hela mätperioden användes totalt sju fältblanker vilka förvarades med de andra provtagarna oöppnade och skickades med de andra insamlade provtagarna till laboratoriet för analys.

Figur 4: Adsorbentrör av stål för provtagning av bensen och 1,3-butadien. Vid påbörjad provtagning avlägsnades mässingsbulten i änden av röret och skyddskåpan (till höger i bilden) sattes på.

Proverna analyserades med automatisk termisk desorption kopplad till gaskromatograf (GS) med masspektrometer (MS). För bensen var detektionsgränsen för den angivna mätperioden (en vecka) 0,014 µg/m3. Denna bestämdes utifrån 3 ggr standardavvikelsen på bruset på helt oanvända TD-rör. För 1,3-butadien var detektionsgränsen för den angivna mätperioden (en vecka) 0,0016 µg/m3. Upptagningshastigheten för bensen var 0,61 ml/min respektive för 1,3-butadien 0,59 ml/min. Mätosäkerheten för analysen angiven som relativ standardavvikelse var 2,1 % för bensen och 4,2 % för 1,3-butadien. Halten i fältblankerna var försumbar jämfört med de halter som uppmättes hos deltagarna.

Formaldehyd

För att mäta formaldehyd användes Umex 100 diffusiv (passiv) provtagare Cat. No 100-500 (Figur 4). Innan provtagning förvarades proverna i frys (-20 °C). Efter provtagning förvarades proverna i kylrum (4,7 °C). Formaldehydproverna analyserades av miljökemiska laboratoriet vid AMM Göteborg med högpresterande vätskekromatografi (HPLC) och UV-detektor. Under transport till laboratoriet så förvarades proverna i temperaturisolerad låda tillsammans med kylklampar.

Upptagningsfaktorn för provtagarna var 28,6 ml/min och detektionsgränsen för den angivna mätperioden (en vecka) var 0,2 µg /m^3. Mätosäkerheten för provtagarna var +/- 25 %. Provtagarna har en inbyggd blank där varje provtagare har två filter, varav de ena är exponerat för omgivningsluften under provtagning men inte det andra. Samtliga formaldehydhalter blankningsjusterades.

Figur 5: Umex 100 provtagare för formaldehyd. Vid provtagning skjuts det gröna locket ner så att luft kan diffundera in i provtagaren och komma i kontakt med filtret.

Kvävedioxid (NO_2)

För att mäta kvävedioxid användes IVL Svenska Miljöinstitutets passiva diffusionsprovtagare (figur 6). Metoden bygger på molekylär diffusion enligt Fick's lag och kräver ingen aktiv pumpning. Dosorna innehåller ett filter impregnerat med triethanolamin som binder NO_2 från luften. Efter exponering skickades provtagarna till IVL:s laboratorium i Göteborg. Det

absorberade NO_2 omvandlades till nitrit, som extraherades och analyserades med en kolorimetrisk spektrofotometrisk metod (absorbans vid ca 540 nm). Nitritmängden omräknades till NO_2-halt i luft (µg/m^3) med hänsyn till provtagningstid, diffusionskoefficient samt temperatur- och tryckförhållanden. IVL är ackrediterat av SWEDAC för analys och metoden följer IVL:s beskrivning av diffusionsprovtagning för kvävedioxid. Detektionsgränsen för den angivna tidsperioden (en vecka) var 2 µg/m3. Enligt IVL:s rutiner användes inga blankar.

De provtagningsinstruktioner som skickade ut från IVL följdes. De plaströr som provtagarna levererades i användes som väderskydd enligt instruktionerna från IVL. Vid de två tidigare undersökningarna i Stockholm användes en annan provtagare (Ogawa) (Sagán et al. 2015).

Provtagarna skickades efter mätveckorna till IVL för analys tillsammans med ett protokoll med start- och stoppdatum samt tid samt medeltemperatur för inom- och utomhus under mätveckan tillsammans med den totala tid tillbringat inom- och utomhus.

Figur 6: IVL:s kvävedioxidprovtagare. För att påbörja provtagning avlägsnas det röda locket och den röda mätpucken i röret tas ut, vänds och stoppas tillbaka i plströret varefter den vita ringen sätts på så att luft kan diffundera in till mätpucken.

Meteorologi

Lufttemperatur under mätperioden hämtades från SMHI hemsida (Ladda ner meteorologiska observationer | SMHI) för mätstationen på Stockholm Observatorielunden i centrala Stockholm. Temperaturen mäts som momentanvärde varje timme. Medeltemperaturen för varje deltagare och mätvecka beräknades utifrån temperaturen för varje dygn som deltagarna hade mätningen. Inomhus antogs att temperaturen var 20°C, detta enligt IVL:s standardantagande.

Statistiska metoder

För de enskilda ämnena beräknades följande statistiska mått: median, aritmetiskt medelvärde, standardavvikelse samt min- och maxvärden. För att studera samband mellan variabler användes Spearmans rang-korrelationskoefficient (rs). För jämförelser mellan grupper användes Wilcoxons rangsummestest. Gränsen för statistisk signifikans sattes vid ett p-värde på <0,05. Sambandsanalyser utfördes med hjälp av programmeringsspråket R.

För att beräkna inom individs- och mellanindividsvariation användes variansanalys (ANOVA) för upprepade mätningar (Howell,1997; Sundberg, 2020). Beräkningar gjordes på totalt 40 mätningarna från de 20 studiedeltagare som deltagit i en uppföljningsvecka (20 från första mätveckan samt 20 från andra mätveckan).

All känslig persondata, såsom namn, adress, kontaktuppgifter, enkätsvar och dagboksuppgifter, har lagrats säkert på Karolinska Institutets datalagringsplattform i enlighet med KI:s riktlinjer för informationssäkerhet och GDPR.

Resultat

Bakgrundinformation

Totalt deltog 40 personer i studien, varav 22 kvinnor och 18 män (Tabell 1). Medelåldern för samtliga studiedeltagarna var 41 år (kvinnor 42 år och män 41 år). Hälften av deltagarna deltog i en upprepad mätning, det vill säga i en uppföljningsvecka (9 kvinnor; 11 män). Medelåldern under uppföljningsveckan var densamma 41 år (kvinnor 40 år och män 42 år).

Majoriteten av deltagarna (35 personer) bodde i lägenhet, medan 5 bodde i villa. Endast tre personer uppgav att de hade gasspis i hemmet. Byggnadsåren på bostäderna hos studiedeltagarna varierade mellan 1914 och 2023.

När det gäller sysselsättning var 90 % yrkesverksamma, medan en person studerade och tre var arbetssökande. De vanligaste färdmedlen till arbete eller skola var kollektivtrafik (55 %), följt av cykel och gång (vardera 23 %). Bil användes(alltid/ibland) av 6 personer (15 %), samtliga kvinnor.

Totalt 10 (25%) deltagare uppgav att de var exponerade för motoravgaser eller lösningsmedel på arbetsplatsen/utbildningen och 16 (40%) uppgav exponering på fritiden (8 individer var exponerade både på arbetet och på fritiden). Under de senaste tre månaderna uppgav 43 % att de ibland eller ofta besvärats av trafikbuller, och 35 % av bilavgaser. Upplevelsen av luft som irriterande vintertid var vanligare i stadens centrum (48 %) än i bostadsområdet (35 %).

Andelen rökare var låg, endast 3 personer (8 %), samtliga kvinnor varav en som deltog även i uppföljningsveckan. En deltagare använde e-cigarett (vejp) och under uppföljningsveckan rapporterade deltagaren att denne hade slutat vejpa. Analys för att mäta skillnader mellan rökare och icke-rökare kunde inte utföras på grund av för få observationer.

Bakgrund	**Kvinnor**	**Män**	**Totalt**	**Andel (%)**
Antal	22	18	40	
Medelålder (max-min)	42 (22-58)	41 (23-60)	41(22-60)	
Rökare	3	0	3	8
Deltog i upprepade mätningar	9	11	20	50
Boende				
- Lägenhet	19	16	35	88
- Villa	3	2	5	13
Gasspis	2	1	3	
Sysselsättning				
Aktiva i arbetslivet	21	15	36	90
Studerar		1	1	
Arbetssökande	1	2	3	
Färdmedel till arbete/skola				
Åker kollektivtrafik	12	10	22	55
Cyklar	3	6	9	23
Gående	6	3	9	23

Bil	6	0	6	15
Kontakt med motoravgaser/ lösningsmedel				
På arbetsplatsen/ utbildningen	5	5	10	25
På fritiden	9	7	16	40
De senaste tre månaderna har besvärats Ja ibland (Ja ofta)				
Av trafikbuller	11(1)	4 (1)	17	43
Av bilavgaser	8 (1)	4 (1)	14	35
Upplever luften som irriterande vintertid ibland eller periodvis (dagligen eller nästan dagligen)				
i bostadsområdet	9 (0)	4 (1)	14	35
i stadens centrum	12 (1)	5 (1)	19	48

Tabell 1. Fördelning (uppdelat på kön) av deltagare avseende boende förhållande, pendlingsmedel och exponeringsförhållanden som är en sammanställning av de uppgifter som studiedeltagarna angett i enkäten (bilaga 5).

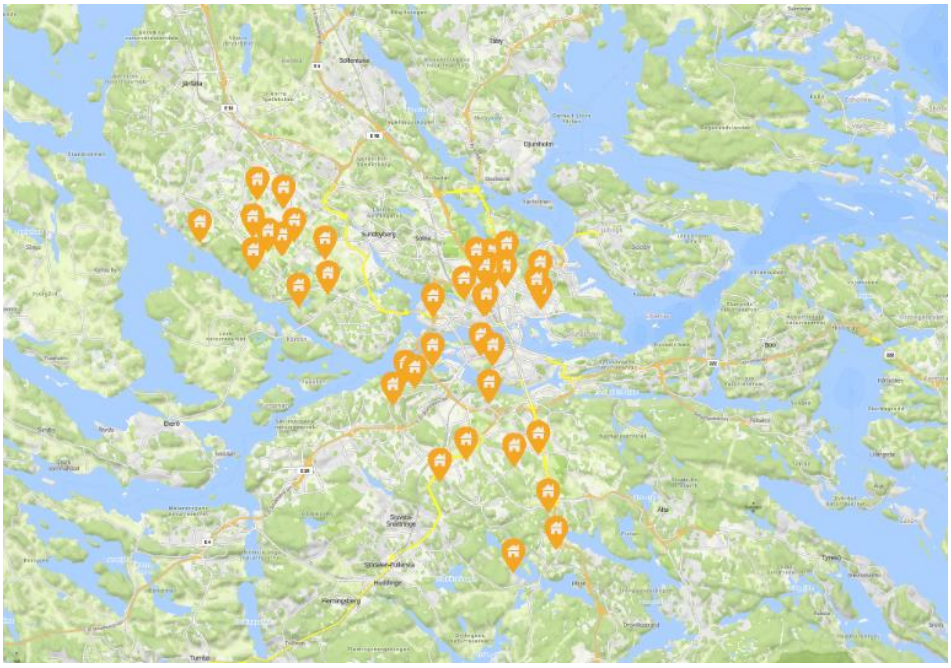
Andel av tiden som studiedeltagarna tillbringat i olika miljöer återfinns i tabell 2 och är en sammanställning av de uppgifter som studiedeltagarna angett i dagboken för respektive mätvecka (se bilaga 6). Dagboken avser hela dygnet, d.v.s. såväl vaken tid som den tid man sover. Det förekom ibland att deltagarna angav ofullständiga/felaktiga uppskattningar av sin vistelsetid vilket resulterade i felaktig summering av antal timmar/dygn och vecka. För att ändå ge ett representativt värde anges den procentuella tiden av de värden deltagarna angav. För deltagarna i första mätveckan tillbringades större delen av tiden inomhus (91 %). Större delen av denna tid tillbringades i bostaden (72%), och en mindre del på arbetsplatsen (11 %) och inomhus i övriga lokaler (5 %; t.ex. affärer, restauranger etc.). Deltagarna vistades totalt 9 % av mätveckan utomhus varav 6 % i trafik (bil, buss, gående eller cyklande längs vägar) och 3 % utomhus i naturen eller på innergårdar. Hur mycket tid de enskilda studiedeltagarna spenderade på respektive plats varierade mycket. Fördelningen av tid i olika miljöer för studiedeltagarna under uppföljningsveckan såg liknande ut.

Mätvecka1	**Median (%)**	**Min-Max (%)**
Inomhus i bostäder	72	42-91
Inomhus på arbetsplatser	11	0-24
Inomhus övrigt	5	0-13
Utomhus i trafik	6	2-24
Utomhus på arbetsplatsen	0	0-18
Utomhus annat (naturen)	3	0-25
Inomhus totalt	91	53-96
Utomhus totalt	9	4-47
Mätvecka 2	**Median (%)**	**Min-Max (%)**
Inomhus i bostäder	74	37-93
Inomhus på arbetsplatser	9	0-28
Inomhus övrigt	4	1-14
Utomhus i trafik	6	4-15
Utomhus på arbetsplatsen	0	0-22
Utomhus annat (naturen)	2	0-22
Inomhus totalt	91	41-95
Utomhus totalt	8	5-59

Tabell 2: Andel tid (i procent) som deltagarna tillbringade i olika miljöer baserat på de uppgifter som studiedeltagarna angett i dagboken (bilaga 6).

Befolkningsurval

Av deltagarna bodde nitton personer i Stockholms innerstad (postnummer 111XX–118XX samt 120XX), medan tjugoen personer bodde utanför innerstaden (figur 7).



Figur 7. Geografisk fördelning av de slumpmässigt utvalda studiedeltagarnas bostadsadresser inom Stockholms stad. Kartan är framtagen med Printmaps, ett verktyg för att skapa statiska kartor för visualisering av geografiska data. Se även figur 1 som visar de 11 olika stadsdelsområdena i Stockholms stad.

Personburna mätningar av ämneshalter i förhållande till normer, mål och rekommendationer

Bensen

Bensen är ett ämne med cancerframkallande effekt på människor och klassificeras i Grupp 1 av International Agency for Research on Cancer (IARC; del av Världshälsoorganisationen WHO), vilket innebär att det finns tillräcklig evidens för cancerframkallande effekt hos människor. Huvudsakliga källor till bensenexponering för allmänbefolkningen är bilavgaser och avdunstning från bensin, vedeldning och cigarettrök.

Miljökvalitetsnorm (MKN): Enligt regeringens luftkvalitetsförordning (SFS 2010:477) får bensen inte förekomma i utomhusluft med mer än i genomsnitt 5 µg/m^3 luft (årsmedelvärde).

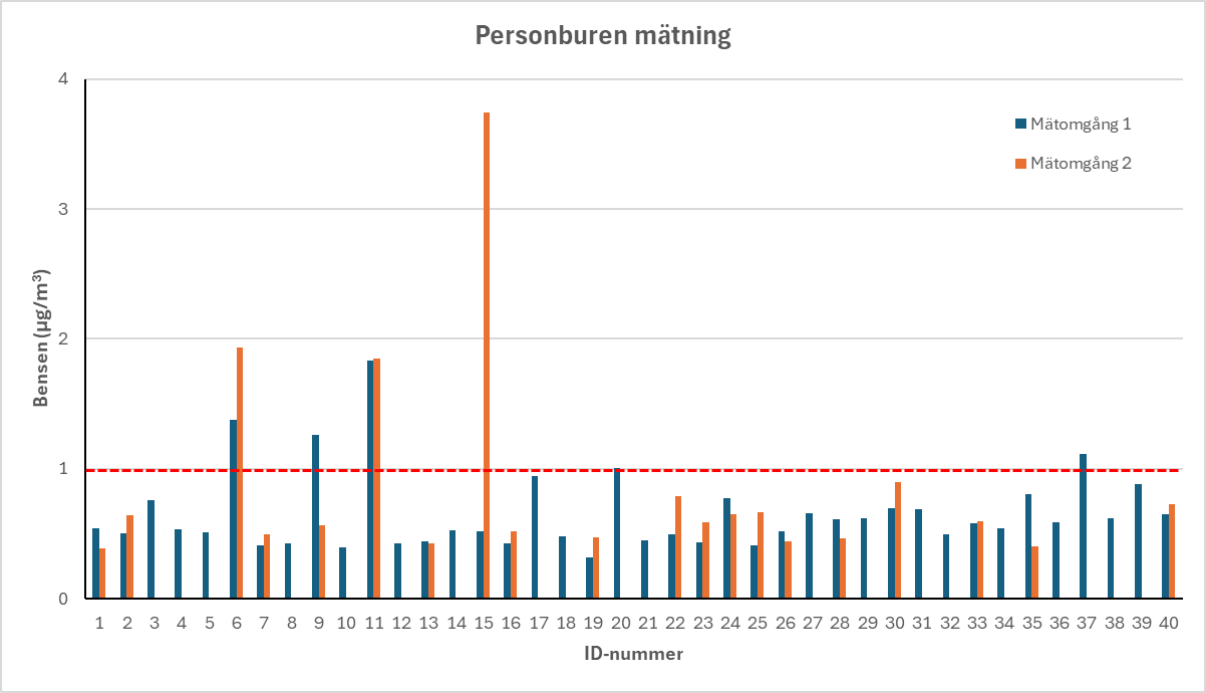
Miljömål: Enligt regeringens miljökvalitetsmål Frisk Luft anges att halten av bensen inte ska överstiga 1 µg/m^3 luft (årsmedelvärde).

IMM (hälsorelaterat): Rekommendationerna från Institutet för Miljömedicin vid Karolinska Institutet (IMM) är en lågrisknivå för bensen på 1,3 µg/m^3 luft som långtidsmedelvärde avseende risken för cancer.

I tabell 3 och figur 8 redovisas resultaten av de personburna mätningarna av bensen. Både medel- och medianhalterna av bensenexponeringen för deltagarna i båda mätveckorna låg under miljömålet på 1 µg/m³ luft (årsmedelvärde). Sex deltagare låg över miljömålet i någon av mätveckorna.

Bensen	**N**	**Median** (µg/m³)	**Medel** (µg/m³)	**SD**	**Min–Max** (µg/m³)
Mätvecka 1	40	0,544	0,658	0,300	0,318-1,832
Icke-rökare	37	0,542	0,641	0,287	0,318-1,832
Rökare	3	0,758	0,877	0,368	0,498-1,276
Individer med upprepad mätning					
Mätvecka 1	20	0,530	0,682	0,373	0,318-1,832
Mätvecka 2	20	0,595	0,865	0,392	0,392-3,744

Tabell 3. Personburen mätning av bensen. I tabellen redovisas antal deltagare (N), medianvärde, medelvärde, standardavvikelse (SD) samt lägsta och högsta värde (Min–Max). Resultaten för deltagare med upprepade mätningar redovisas som mätvecka 1 och mätvecka 2.



Figur 8. Individuella veckomedelvärden av bensenhalter (µg/m³) från personburna mätningar. Blå staplar representerar mätvecka 1 och orange staplar mätvecka 2 (upprepade mätningar på 20 deltagare). Sex deltagare hade halter över miljömålet (streckade linjen).

Statistisk analys av uppmätta bensenhalter visar att variationen i mätresultat till 62 % förklaras av skillnader mellan individerna och endast till 2 % av skillnader inom individer/mellan mätveckorna. Resterande variation beror på andra faktorer som dessa variabler inte fångar.

Det fanns inga signifikanta skillnader i uppmätta bensenhalter mellan män och kvinnor, eller samband mellan bensenhalter och den tid deltagarna tillbringade i trafik (i bil, buss, gående eller cyklande). Ungefär hälften av deltagarna (18 individer) angav att de på arbetstid och/eller fritid

kommer i kontakt med motoravgaser/bensinångor eller lösningsmedel men det var inga signifikanta skillnader mellan grupperna, W = 237, p-värde = 0,2989 (Wilcoxon tvåsidigt rangsummestest).

Sex deltagare uppvisade bensenhalter över miljömålet. Genomgång av enkät- och/eller dagboksuppgifter visade att de individerna med de högsta bensentopparna (Id 6, 11 och 15) möjligtvis kunde förklaras av exponering för motoravgaser, bensinångor eller lösningsmedel både under arbetstid/utbildning och på fritiden (Id 15 och 11). För den observerade skillnaden i halter för Id 15 mellan omgång 1 och 2 kunde ingen tydlig förklaring identifieras utifrån tillgängliga uppgifter. Id 6 var rökare och angav vistelse i rum med tobaksrök under 13 timmar per vecka vid båda mättillfällena.

1,3-butadien

IARC har klassificerat 1,3-butadien som cancerframkallande för människa (Grupp 1). 1,3-Butadien används vid framställning av gummi och plaster och bildas vid förbränning av biomassa. Det förekommer även i bilavgaser och cigarettrök.

Miljökvalitetsnorm (MKN): Det saknas en miljökvalitetsnorm för 1,3-butadien.

Miljömål: Enligt regeringens miljökvalitetsmål Frisk Luft anges att halten av 1,3-butadien inte ska överstiga 0,2 µg/m^3 för utomhusluft (årsmedelvärde).

IMM (hälsorelaterat): 0,2–1,0 µg/m^3 (riktvärde för långtidsexponering)

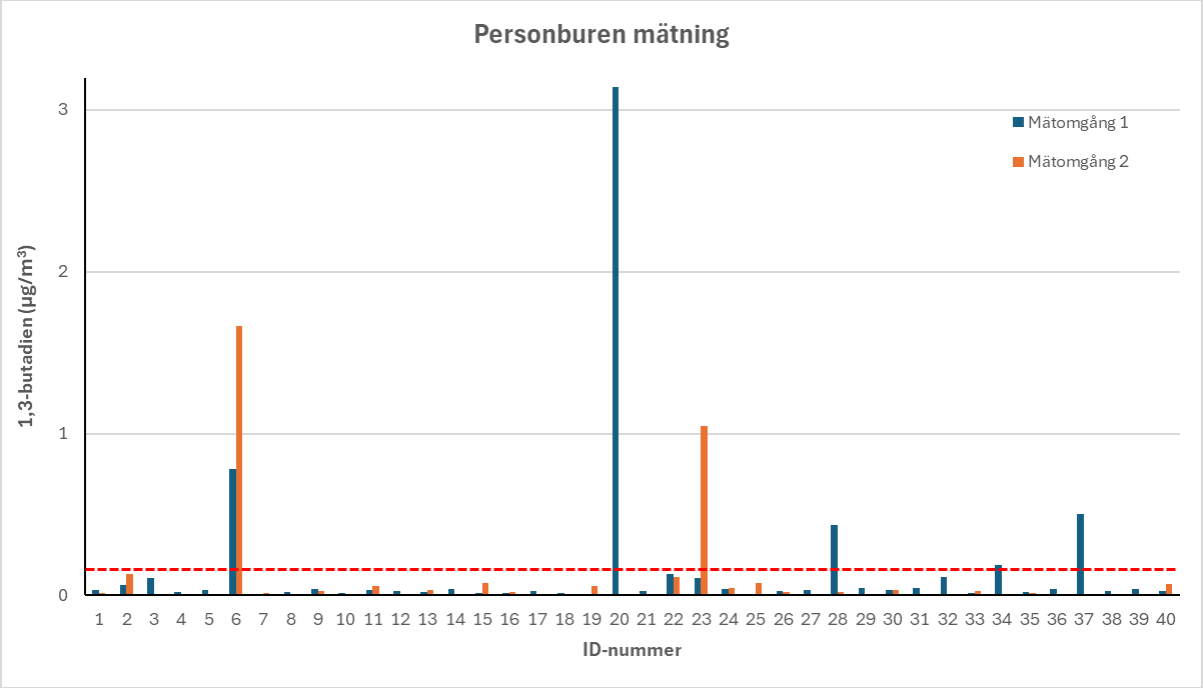
Median- och medelhalterna av 1,3-butadienexponering för deltagarna i båda mätveckorna låg under miljömålet (tabell 4). Fyra deltagare låg över miljömålet i mätvecka 1 och två i mätvecka 2 (figur 9).

1,3-butadien	**N**	**Median** (µg/m^3)	**Medel** (µg/m^3)	**SD**	**Min–Max** (µg/m^3)
Mätvecka 1	40	0,034	0,159	0,500	0,005-3,141
Icke-rökare	37	0,032	0,145	0,510	0,005-3,141
Rökare	3	0,332	0,111	0,316	0,107-0,779
Individer med upprepad mätning					
Mätvecka 1	20	0,0311	0,0927	0,183	0,0050-0,7786
Mätvecka 2	20	0,0411	0,1790	0,4059	0,0135-1,6663

Tabell 4. Personburen mätning av 1,3-butadien. I tabellen redovisas antal deltagare (N), medianvärde, medelvärde, standardavvikelse (SD) samt lägsta och högsta värde (Min–Max). Resultaten för deltagare med upprepade mätningar redovisas som mätvecka 1 och mätvecka 2.

Statistisk analys av uppmätta butadienhalter visar att variationen i mätresultat till 77 % förklaras av skillnader mellan individerna och endast till 2 % av skillnader inom individer/mellan mätveckorna. Resterande variation beror på andra faktorer som dessa variabler inte fångar.

Det fanns inga signifikanta skillnader mellan män och kvinnor, eller samband mellan butadienhalter och den tid deltagarna tillbringade i trafik (i bil, buss, gående eller cyklande) eller om de angett att de exponerats för motoravgaser eller lösningsmedel.



Figur 9: Individuella veckomedelvärden av 1,3-butadien (µg/m3) vid personburna mätningar. Blå staplar visar mätvecka 1 och orange staplar visar mätvecka 2 (upprepade mätningar på 20 deltagare). Sex deltagare hade halter över miljömålet (streckade linjen).

Vid genomgång av dagbok samt enkät för deltagare med 1,3-butadientoppar över 1,0 µg/m^3 (Id 6, 20 och 23) framkom det att individ 6 var rökare och uppgav ha varit exponerad för rök 13 h/v båda veckorna. Individ 20 (som enbart deltog vid mätvecka 1) hade i dagboken uppgett exponering i samband med målning och individ 23 uppgav exponering för avgaser/lösningsmedel på fritiden i enkäten men utifrån dagboken var ingen särskild exponering angiven.

Analysen av fem mätningars siffervärden (Id 6 omgång 2, Id 20, Id 23 omgång 2, Id 28 omgång 1, och Id 37 omgång 1; samtliga var >0,4 µg/m^3) bör även tas med förbehåll eftersom topparna i kromatogrammen var bredare än de borde. Samtidigt har dessa individer även rapporterat att de under den veckan utsatts för olika typer av exponeringar som rökning; extra mycket luftföroreningar vid rök/dimma för foto/ målning; gasspis i hemmet; och vistats i bostad samtidigt som det eldats med ved/pellets.

Formaldehyd

Formaldehyd har klassificerats som cancerframkallande hos människa (Grupp 1) av IARC. I den yttre miljön är bilavgaser och annan förbränning de största källorna till formaldehydutsläpp men det är inomhusmiljön som är av större betydelse för exponeringen där de största källorna till formaldehydemissioner är byggnadsmaterial som exempelvis spånskivor och plaster. Formaldehyd har visats orsaka irritation i slemhinnor vid lufthalter på ca 0,4 ppm.

Miljökvalitetsnorm (MKN): Det saknas en miljökvalitetsnorm för formaldehyd.

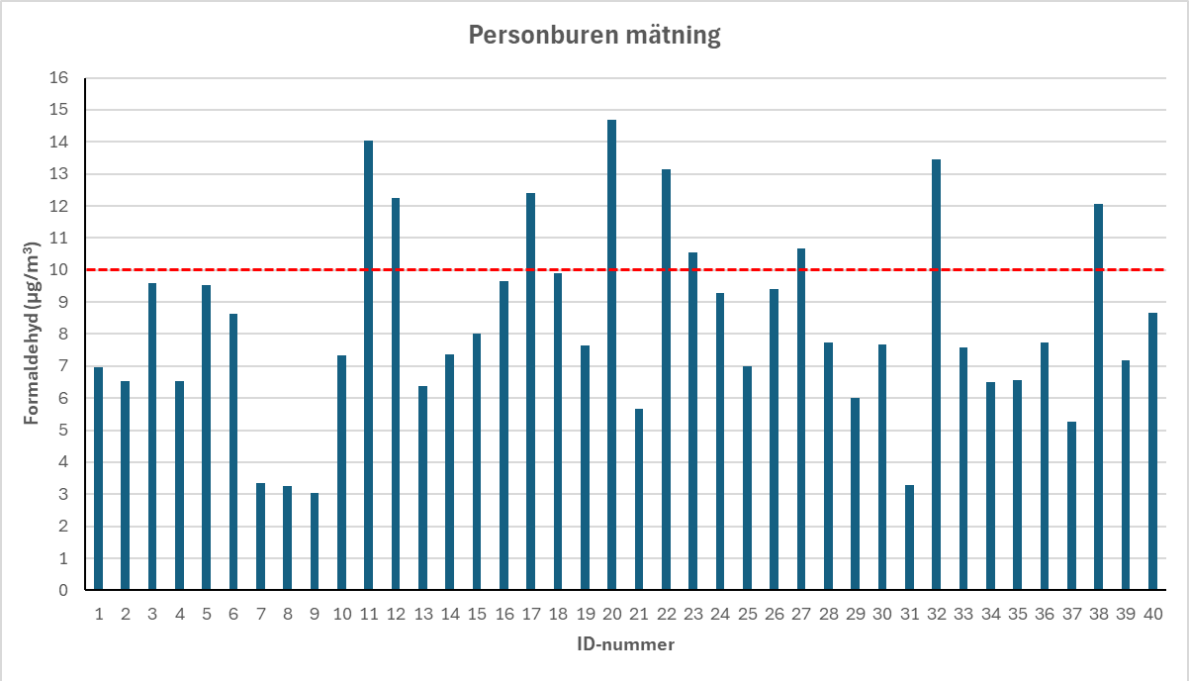
Miljömål: Enligt regeringens miljökvalitetsmål Frisk Luft anges att halten av formaldehyd inte ska överstiga 10 µg/m^3 luft (årsmedelvärde).

IMM (hälsorelaterat): lågriskintervall 12–60 µg/m³ långtidsmedelvärde

Både medel- och medianhalterna av formaldehydexponering för deltagarna låg under miljömålet på 10 µg/m³ (tabell 5 och figur 10). Samtliga exponeringsnivåer var inom eller under IMM:s lågriskintervall på 12–60 µg/m³ (långtidsmedelvärde).

Formaldehyd	**N**	**Median** (µg/m³)	**Medel** (µg/m³)	**SD**	**Min–Max** (µg/m³)
Mätvecka 1	40	7,7	8,3	2,9	3,0-14,7
Icke-rökare	37	7,6	8,1	2,9	3,0-14,7
Rökare	3	9,6	10,6	2,1	8,6-13,4

Tabell 5. Personburen mätning av formaldehyd. I tabellen redovisas antal deltagare (N), medianvärde, medelvärde, standardavvikelse (SD) samt lägsta och högsta värde (Min–Max). Resultaten för deltagare med upprepade mätningar redovisas som mätvecka 1 och mätvecka 2.



Figur 10: Individuella veckomedelvärden av formaldehyd (µg/m³) från den personburna mätningen i första och enda mätveckan (n=40). Nio deltagare hade halter över miljömålet (streckade linjen).

Nio deltagare påvisade halter över miljömålet på 10 µg/m³. Vid genomgång av deras dagböcker och enkätsvar framkom det att fyra av dem bodde i villa och sex angett att de hade utsatts för exponering under mätveckan i form av målning (tre individer), slipning av betong/drejning och elektrokemi vid dental verkstad.

Den personliga exponeringen för formaldehyd var betydligt högre än de halter som uppmättes i utomhusluft. Till exempel var den lägsta personburna exponeringen högre än den högsta uppmätta utomhushalten.

Det fanns inte några signifikanta skillnader mellan män och kvinnor, den tid deltagarna tillbringade i trafik (i bil, buss, gående eller cyklande) eller om de angett att de exponerats för motoravgaser eller lösningsmedel.

Kvävedioxid (NO_2)

Kvävedioxid samt kväveoxid bildas huvudsakligen vid förbränning då primärt kvävemonoxid bildas, vilket sedan oxideras till kvävedioxid i luften. Den huvudsakliga källan till exponering för kvävedioxid utomhus i tätorter är trafiken och energiproduktion. I hem med gasspisar eller gaseldade varmvattenberedare är koncentrationen av kvävedioxid i allmänhet högre inomhus än utomhus. Det finns enligt IMM inga klara bevis för att kvävedioxid är cancerframkallande och riskbedömningar baseras därför generellt på toxiska effekter på lungan och luftvägarna. Även vid halter av motsvarande höga omgivningskoncentrationer har man sett ökat bronkiell reaktivitet, främst hos personer med astma och kronisk obstruktiv bronkit.

Miljökvalitetsnorm (MKN): Enligt luftkvalitetsförordningen (SFS 2010:477) får kvävedioxid inte förekomma i utomhusluft med mer än i genomsnitt 40 µg/m^3 luft (årsmedelvärde), 60 µg/m^3 luft (dygnsmedelvärde) samt 90 µg/m^3 luft (timmedelvärde).

Miljömål: Enligt regeringens miljökvalitetsmål *Frisk Luft* anges att halten av kvävedioxid inte ska överstiga 20 µg/m^3 luft (årsmedelvärde) eller 60 µg/m^3 luft (timmedelvärde).

IMM (hälsobaserat): Rekommenderar ett korttids (1-timmes) riktvärde på 100 µg/m^3 luft, vilket skulle motsvara ett långtidsmedelvärde (halvår) på ca 40 µg/m^3 luft.

I EU:s nya luftkvalitetsdirektiv som ska gälla senast 2030 är det nya årsmedelgränsvärdet 20 µg/m^3, ett steg mot EU:s vision om noll förorening till 2050.

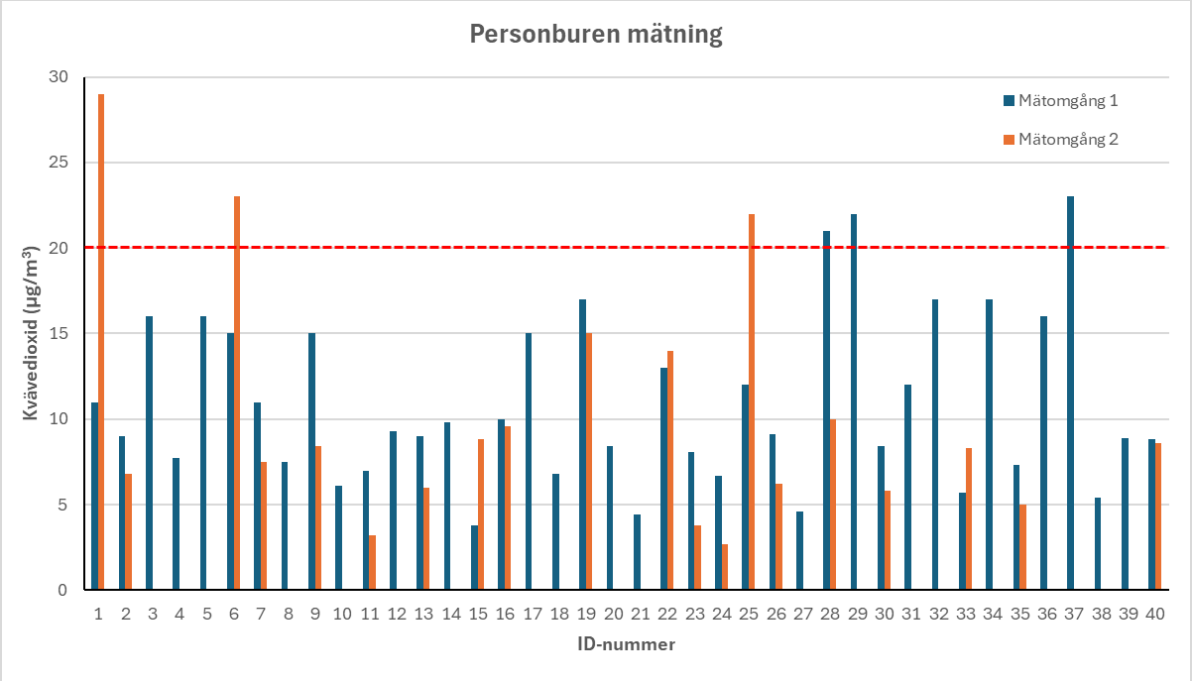
Både medel- och medianhalterna av kvävedioxidexponeringen för deltagarna låg under mätperioden lägre än miljömålet för årsmedelvärde (20 µg/m^3) och timmedelvärde (60 µg/m^3) men över WHO:s rekommenderade riktvärde på 10 µg/m^3 (tabell 6). Sex enskilda deltagare, i någon av mätveckorna, låg över miljömålet (årsmedelvärde) (figur 11) men under årsmedelvärdet för MKN (40 µg/m^3).

NO_2	**N**	**Median** (µg/m^3)	**Medel** (µg/m^3)	**SD**	**Min–Max** (µg/m^3)
Mätvecka 1	40	9,2	11,0	4,9	3,8-23,0
Icke-rökare	37	9,0	10,6	4,9	3,8-23,0
Rökare	3	16,0	16,0	0,8	15,0-17,0
Gasspis	3	12,0	13,4	5,7	7,3-21,0
Mätvecka 1	20	9,1	10,4	4,0	3,8-21,0
Mätvecka 2	20	8,4	10,2	6,9	2,7-29,0

Tabell 6. Personburen mätning av kvävedioxid. I tabellen redovisas antal deltagare (N), medianvärde, medelvärde, standardavvikelse (SD) samt lägsta och högsta värde (Min–Max). Resultaten för deltagare med upprepade mätningar redovisas som mätvecka 1 och mätvecka 2.

Statistisk analys av uppmätta kvävedioxidhalter visar att variationen i mätresultat till 69% förklaras av skillnader mellan individerna och inte alls (0%) av skillnader inom individer eller mellan mätveckorna. Resterande variation beror på andra faktorer som dessa variabler inte fångar.

Det fanns inga signifikanta skillnader mellan män och kvinnor eller samband mellan kvävedioxidhalter och den tid deltagarna tillbringade i trafik (i bil, buss, gående eller cyklande). Däremot fanns en effekt av den totala exponeringen för avgaser eller lösningsmedel på NO_2.



Figur 11: Individuella veckomedelvärden av kvävedioxid (µg/m³) vid personburna mätningar. Blå staplar visar mätvecka 1 och orange staplar visar mätvecka 2 (upprepade mätningar på 20 deltagare). Sex deltagare hade halter över miljömålet (streckade linjen).

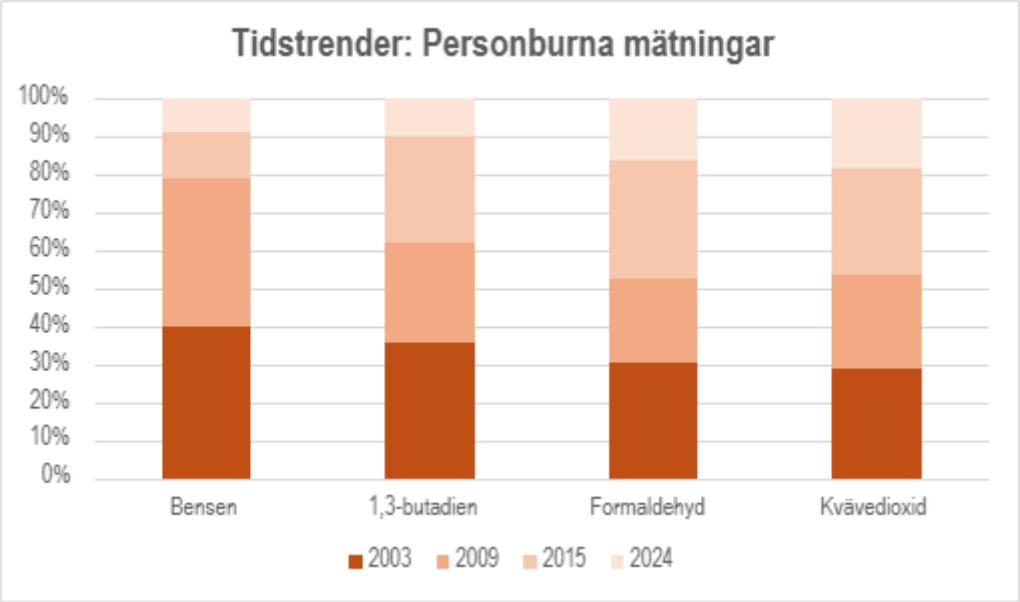
Vid genomgång av dagbok samt enkät för deltagare med NO_2 halter över miljömålet 20 µg/m^3 (Id 1,6, 25, 28, 29, 37) framkom det att individ 6 var rökare och uppgav sig ha varit exponerad för rök 13 timmar båda veckorna. Individ 28 hade gasspis och uppgav i sin dagbok att deltagaren under den första mätveckan varit utsatt för ovanligt mycket luftföroreningar på grund av rök som användes vid fotografering.

Individ 37 hade eldat två dygn/ 20 timmar totalt med ved eller pellets. För individerna 1, 25 och 29 finns inget i enkätuppgifterna eller i dagboksanteckningarna som skulle kunna förklara halterna över miljömålet 20 µg/m^3 eller skillnaden mellan mätvecka 1 och 2.

Personburna mätningar - Tidstrend

Personburna mätningar av luftföroreningar har genomförts i Stockholm vid fyra tillfällen: 2003, 2009, 2015 och nu senast 2024 (figur 12-13). Dessa mätveckor möjliggör en jämförelse över tid av individuella exponeringar för olika ämnen. Resultaten visar en tydlig nedåtgående trend för bensen, med successivt minskade halter vid varje mättillfälle sedan 2003. För 1,3-butadien är minskningen mest markant vid denna mätomgång 2024, även om halterna vid varje mättillfälle

har sjunkit jämfört med 2003. Halterna av formaldehyd och kvävedioxid minskade initialt mellan 2003 och 2009, ökade något vid mätningen 2015, men har därefter åter sjunkit. Vid mätningen 2024 uppmättes de lägsta nivåerna hittills för båda ämnena.



Figur 12. Procentuell fördelning (medelvärde) för de personburna mätomgångarna som genomförts i Stockholm 2003, 2009, 2015 och 2024. För att underlätta jämförelsen mellan ämnena räknade vi om halterna till procentenheter av total mängd, där 100% motsvara summan av medelhalterna för de fyra mättillfällena.

Stationära mätningar

De stationära mätningarna utomhus omfattade totalt sex mätveckor (sju dagar efter varandra 2024-10-01 till 2024-10-29 samt en extra vecka 2024-12-04 till 2024-12-11) och utfördes under samma period som de personburna mätningarna. Mätningarna syftade till att få en uppfattning om utomhushalterna under höstens mätperiod. Vid de två referensplatserna, urban bakgrund (takstation på Torkel Knutssonsgatan, Södermalm, Stockholm) och trafikerad gatunivå (Hornsgatan, Södermalm, Stockholm), gjordes en provtagning av bensen, 1,3-butadien, formaldehyd och kvävedioxid under en mätvecka i taget (tabell 7).

Stationära referensmätningar (µg/m³)					
Urban bakgrund	**N**	**Median (µg/m³)**	**Medel (µg/m³)**	**SD**	**Min–Max ((µg/m³)**
Bensen	6	0,494	0,504	0,139	0,313-0,706
1,3-butadien	6	0,0085	0,0085	0,0030	0,0049-0,0139
Formaldehyd	5	2,1	2,1	0,4	1,3-2,5
NO_2	6	7,6	8,7	2,9	5,9-14,0
Trafikerad gatunivå	**N**	**Median (µg/m³)**	**Medel (µg/m³)**	**SD**	**Min–Max (µg/m³)**
Bensen	6	0,598	0,644	0,128	0,478-0,835
1,3-butadien	6	0,0138	0,0194	0,0136	0,0083-0,0487
Formaldehyd	6	1,8	1,9	0,4	1,3-2,5

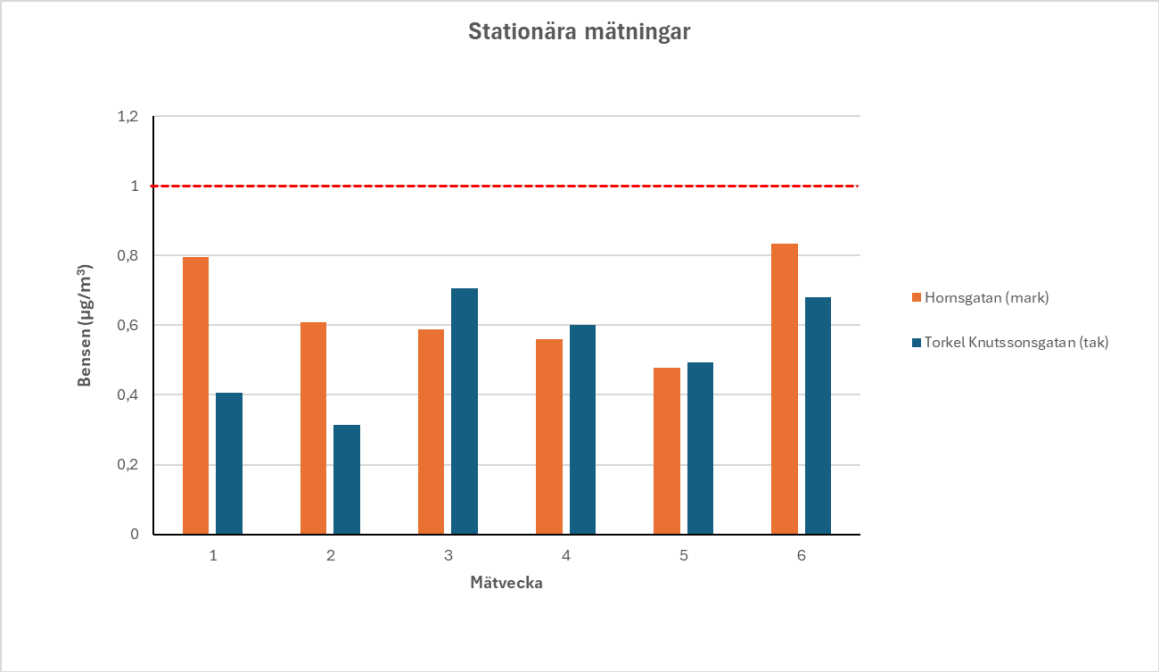
NO_2	6	18,0	20,2	4,1	17,0-28,0

Tabell 7. Stationära utomhusmätningar i urban bakgrund (Torkel Knutssongatan, taknivå) och trafikerad gatunivå (Hornsgatan) i Stockholm 2024 (veckovis).

Bensen

Under samtliga mätveckor låg halterna av bensen, både i urban bakgrundsmiljö och vid trafikerad gatunivå, under miljömålet på 1 µg/m^3. I den urbana bakgrunden uppmättes en medianhalt på 0,494 µg/m^3, ett medelvärde på 0,504 µg/m^3 (SD: 0,139) samt ett variationsintervall på 0,313–0,706 µg/m^3 (figur 13). Halterna vid den trafikerade gatunivån var något högre än i den urbana bakgrunden.

Jämfört med det genomsnittliga värdet för den personliga exponeringen (tabell 3) var de stationära mätningar generellt lägre i samma mätområde. Dock förekom ett fåtal personburna mätningar med avsevärt högre halter, där flera enstaka värden översteg 1 µg/m^3.

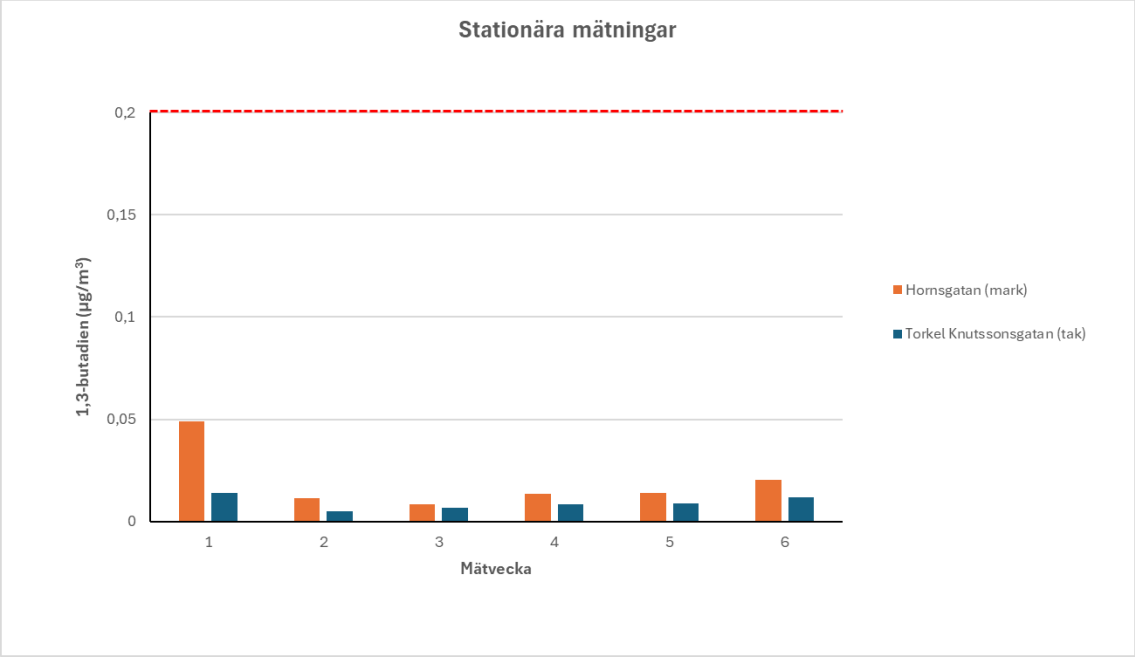


Figur 13. Bensenhalter vid stationära utomhusmätningar i Stockholm 2024 (veckovis). Orange staplar visar trafikerad gatunivå (Hornsgatan) och blåa staplar visar urban bakgrund (Torkel Knutssongatan). Streckade linjen visar miljömålet.

1,3-butadien

Under samtliga mätveckor låg halterna av 1,3-butadien i den urbana bakgrunden och i den trafikerade gatunivån med mycket god marginal under miljömålet 0,2 µg/m^3 för utomhusluft (median: 0,0085; medelvärde: 0,0085; SD: 0,0030 samt min–max: 0,0049–0,0139 µg/m^3) (figur 14). Halterna vid den trafikerade gatunivån var något högre än i den urbana bakgrunden.

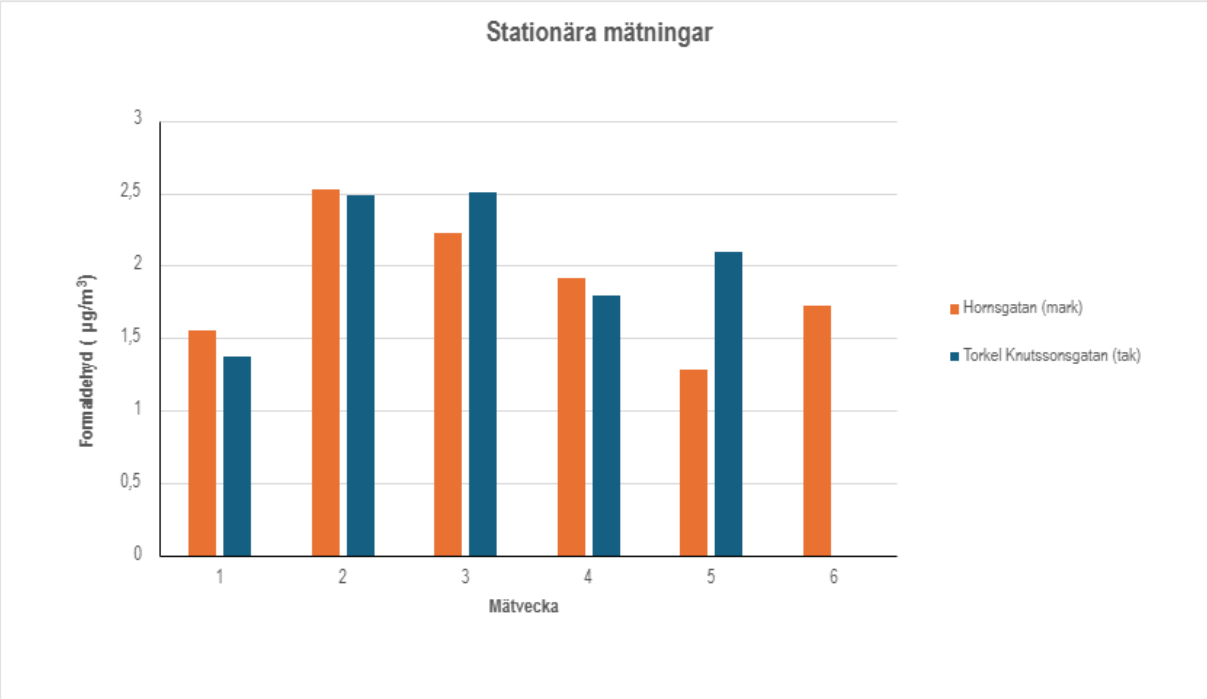
I förhållande till medelvärdet för personlig exponeringen (tabell 4) var utomhushalterna betydligt lägre.



Figur 14. 1,3-butadienhalter vid stationära utomhusmätningar i Stockholm 2024 (veckovis). Orange staplar visar trafikerad gatunivå (Hornsgatan) och blåa staplar visar urban bakgrund (Torkel Knutssongatan). Streckade linjen visar miljömålet.

Formaldehyd

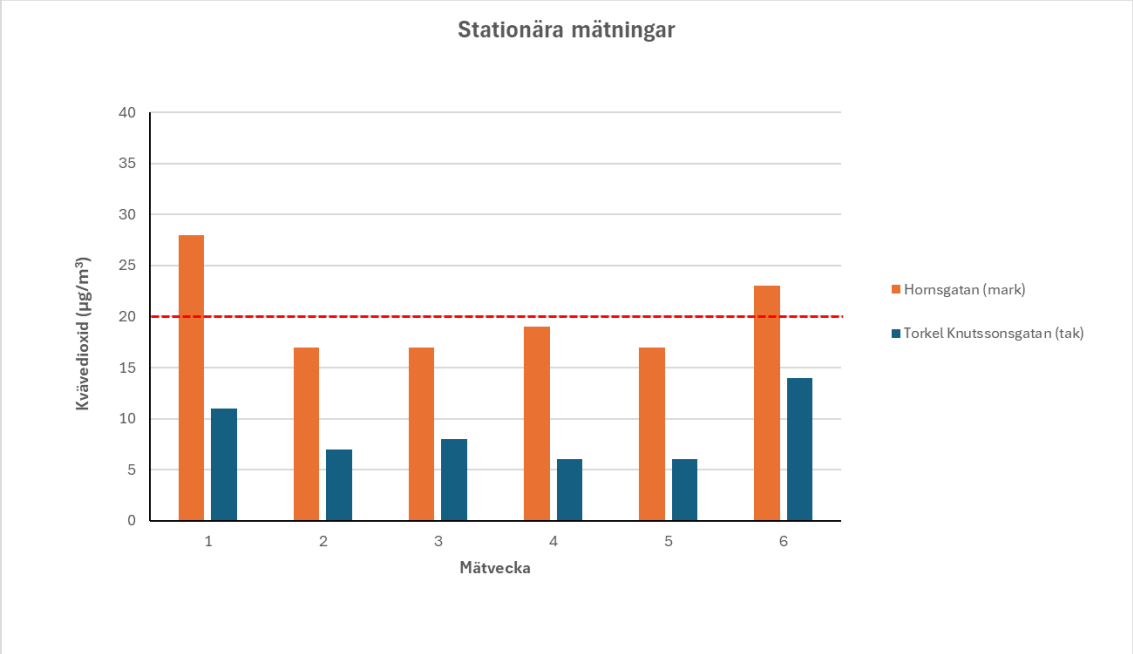
Under samtliga mätveckor låg formaldehydnivåerna i den urbana bakgrunden och i den trafikerade gatunivån under miljömålet på 10 µg/m^3 (figur 15). Halterna uppmättes både på taknivå och gatunivå. För den urbana bakgrundsmätningen genomfördes fem veckors mätning i stället för sex veckor, på grund av brist på tillgängliga mätare. På taknivå var medianvärdet 2,1 µg/m^3, medelvärdet 2,1 µg/m^3, standardavvikelsen (SD) 0,4 µg/m^3 och variationsintervallet (min–max) 1,3–2,5 µg/m^3. På gatunivå uppmättes ett medianvärde på 1,8 µg/m^3, med ett medelvärde på 1,9 µg/m^3, SD 0,4 µg/m^3 och ett min–max-intervall på 1,3–2,5 µg/m^3. De stationära mätningarna visade avsevärt lägre halter än de personburna mätningarna (tabell 5).



Figur 15. Formaldehydhalter vid stationära utomhusmätningar i Stockholm 2024 (veckovis). Orange staplar visar trafikerad gatunivå (Hornsgatan) och blåa staplar visar urban bakgrund (Torkel Knutssongatan). Miljömålet är på 10 µg/m³.

Kvävedioxid (NO_2)

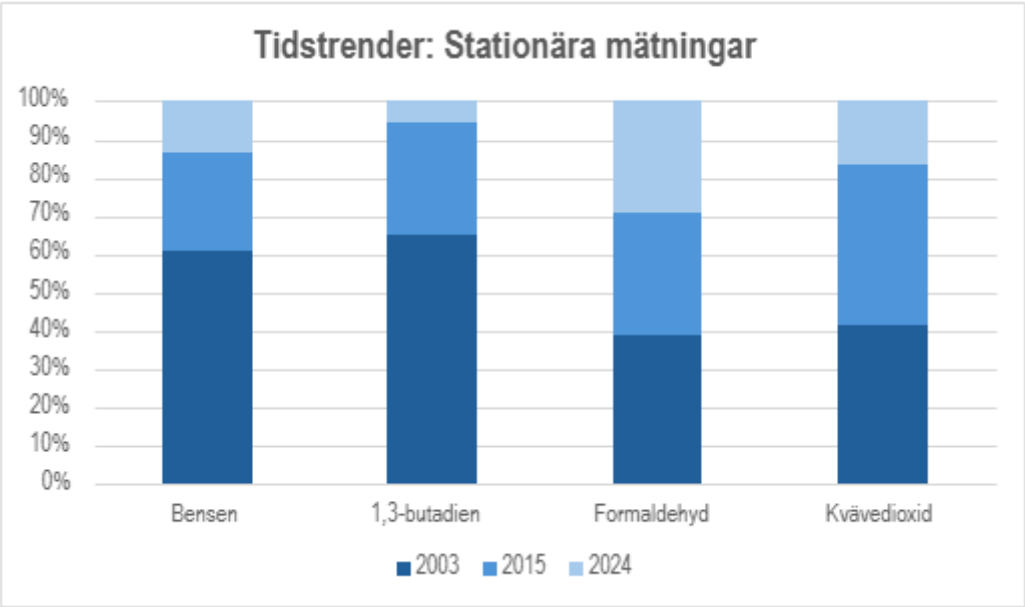
Under samtliga mätveckor låg halterna av kvävedioxid i den urbana bakgrunden under miljömålet (median: 7,1; medelvärde: 7,7; SD: 1,8; samt min-max: 5,9–11,0 µg/m³) vilket är lägre än miljömålet för årsmedelvärde (20 µg/m³) och timmedelvärde (60 µg/m³) men vid två veckor överskred mätningarna WHO:s rekommenderade riktvärde på 10 µg/m³ för årsmedelvärde (figur 16). I gatunivå däremot var halterna (median: 18,0; medelvärde: 20,2; SD: 4,1; samt min-max: 17,0-28,0 µg/m³) över WHO:s rekommenderade riktvärde samtliga mätveckor men under årsmedelvärdet för MKN (40 µg/m³). I relation till medelvärdet för personlig exponeringen (tabell 6) var utomhushalterna i samma mätområde.



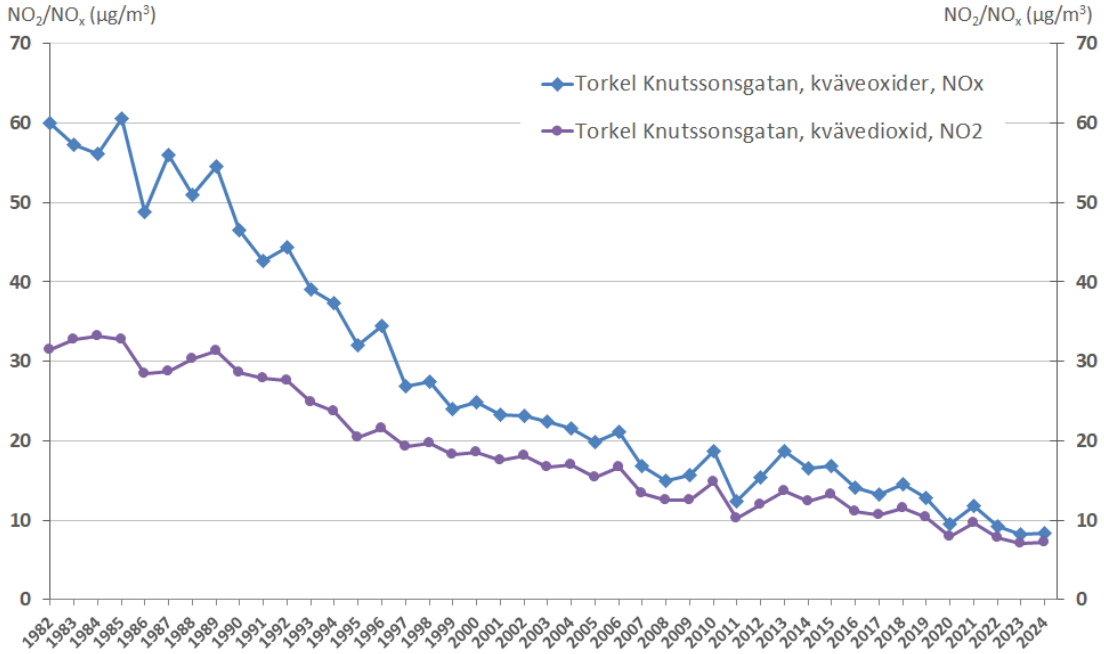
Figur 16. Kvävedioxidhalter vid stationära utomhusmätningar i Stockholm 2024 (veckovis). Orange staplar visar trafikerad gatunivå (Hornsgatan) och blå staplar visar urban bakgrund (Torkel Knutssongatan). Streckade linjen representerar miljömålet.

Stationära mätningar - Tidstrend

De fyra mätomgångarna som genomförts i Stockholm 2003, 2015 och 2024 gör det möjligt att studera tidstrender de senaste 20 åren. Resultaten visar en tydlig minskning av bensenhalter vid varje mättillfälle. Kvävedioxinhalter minskar också vid varje mättillfälle och de lägsta nivåerna uppmättes år 2024, vilket också bekräftas av rapporten ”Luften i Stockholm 2024” (figur 18). Även 1,3-butadien uppvisar en nedåtgående trend, särskilt mellan 2015 och 2024. För formaldehyd finns en svag nedåtgående, men inte lika tydlig trend.



Figur 17. Förändringar över tid av procentuell fördelning för medelvärden av bakgrundsmätningarna som genomförts i Stockholm 2003, 2015 och 2024. Medelvärdena är sammanslagningar av mätningar på mark och på tak. För att underlätta jämförelsen mellan ämnena räknade vi om halterna till procentenheter av total mängd, där 100% motsvara summan av medelhalterna för de fyra mättillfällena. Data för mätningarna för år 2009 saknas hos datavärden.



Figur 18. Bild från Luften i Stockholm 2024. Trender för uppmätta årsmedelvärden av kväveoxider, NO_x, och kvävedioxid, NO_2, i Stockholms urbana bakgrundsluft som mäts i taknivå vid Torkel Knutssonsgatan. (Luften i Stockholm År 2024. SLB-rapport :15:2025; Miljöförvaltningen i Stockholms stad)

Diskussion

Under HÄMI-mätomgången i Stockholm 2024 uppmättes halter av bensen, 1,3-butadien, formaldehyd och kvävedioxid genom personburna mätningar och stationära referensmätningar. Syftet med de personburna mätningarna är att ge en realistisk bild av individers faktiska exponering och att jämföra dessa med miljömålet, miljökvalitetsnormer (MKN) samt hälsobaserade riktvärden från WHO och IMM. Resultaten från mätserien ska bland annat användas i utvärderingssyfte av Sveriges nationella miljömål Frisk luft.

Deltagarfrekvensen i Stockholm 2024 uppgick till 30 %, vilket är högre än den föregående mätomgången inom HÄMI-serien (13 % deltagarfrekvens i Malmö 2023) men ligger under den rekommenderade nivån enligt Naturvårdsverkets metodhandbok, där en deltagarfrekvens på över 50 % eftersträvas för god representativitet. Den strategiska utvärderingen av HÄMI-serien

visar att deltagarfrekvensen har minskat kontinuerligt från cirka 70 % till 30 % under projektets gång vilket kan påverka urvalets representativitet både åldersmässigt och geografiskt (Julander & Palmberg, 2020).

Bensen och 1,3-butadien

Bensen och 1,3-butadien är båda cancerframkallande ämnen (IARC, Grupp 1) som bildas vid ofullständig förbränning. De förekommer främst i trafikavgaser, vedeldning, cigarettrök och vid vissa industriella processer. Dessa ämnen används ofta som indikatorer för förbränningsrelaterade luftföroreningar i tätortsmiljö.

De personburna mätningarna av bensen och 1,3-butadien visade att medianhalterna för bensen låg på 0,544 µg/m^3 och för 1,3-butadien på 0,034 µg/m^3, vilket innebär att majoriteten av deltagarnas exponering låg under miljömålet (1 µg/m^3 för bensen och 0,2 µg/m^3 för 1,3-butadien). Det är även lägre än den föreslagna lågrisknivån på 1,3 µg/m^3 för bensen samt intervallet 0,2–10 µg/m^3 för 1,3-butadien (Institutet för miljömedicin, Karolinska Institutet). Ett fåtal individer överskred dock miljömålet, främst bland dem som rapporterat exponering för motoravgaser, lösningsmedel eller tobaksrök. Sex deltagare hade bensenhalter över miljömålet men under MKN, och tre deltagare hade 1,3-butadienhalter över 1,0 µg/m^3, vilket är över miljömålet och över IMM:s lågrisknivå för långtidsexponering.

Medianhalter för bensen och 1,3-butadien mätta på de stationära stationerna i urban bakgrund (bensen: 0,494 µg/m^3; 1,3-butadien: 0,0085 µg/m^3) och trafikerad gatunivå (bensen: 0,598 µg/m^3; 1,3-butadien: 0,0138 µg/m^3) visade lägre halter än för de personburna mätningarna. I båda fall låg halterna under miljömålet (1 µg/m^3 för bensen och 0,2 µg/m^3 för 1,3-butadien). Skillnaden mellan tak- och gatunivå bekräftar att trafikmiljön är en betydande källa till exponering, särskilt för 1,3-butadien.

Både bensen och 1,3-butadien halterna i Stockholm visar på en tydligt minskande trend över 20-årsperioden, vilket överensstämmer med den trend man kan se även i Malmö och Umeå. Jämfört med tidigare mätomgångar i Stockholm (2003, 2009, 2015) visar resultaten för 2024 en fortsatt nedgång i halter av både bensen och 1,3-butadien. Denna trend är i linje med utvecklingen i andra städer inom HÄMI-programmet.

Formaldehyd

Formaldehyd är främst förknippat med exponering i inomhusmiljö från källor som till exempel. byggnadsmaterial och textilier. De personburna mätningarna visade en medianhalt på 7,7 µg/m^3 och ett medelvärde på 8,3 µg/m^3. Totalt åtta individer överskred miljömålet (10 µg/m^3), och vid genomgång av deras dagböcker och enkätuppgifter framkom att fyra av dessa bodde i villa, vilket kan indikera påverkan från byggmaterial som källa. I tidigare HÄMI-studier har nyinflyttning i nybyggda hus visat sig vara en tydlig riskfaktor för hög formaldehydexponering. Sex av de åtta hade dessutom uppgett att de under mätveckan sannolikt utsatts för extra höga luftföroreningar i samband med specifika aktiviteter, såsom målning, slipning av betong, drejning, samt elektrokemiskt arbete vid dental verkstad. Enligt uppdrag från Naturvårdsverket, behövs numera inte upprepad mätning av formaldehyd genomföras, främst för att exponeringen är låg.

Även om inga deltagare överskred WHO:s riktvärde för formaldehyd (100 µg/m^3), var den personliga exponeringen betydligt högre än halterna i utomhusluften. De stationära mätningarna visade avsevärt lägre halter; urban bakgrund (taknivå) hade en median på 2,1 µg/m^3 medan den trafiknära platsen hade en median på 1,8 µg/m^3. Den lägsta personburna exponeringen var högre

än den högsta uppmätta stationära halten, vilket tydligt visar att stationära mätningar underskattar den faktiska exponeringen för formaldehyd. Jämfört med tidigare stationära utomhusmätningar i Stockholm har formaldehydhalterna varit relativt stabila över tid, med små variationer mellan de olika mätomgångarna och de lägsta nivåerna uppmättes vid den senaste mätningen.

Jämfört med tidigare personburna mätningar i Stockholm (2003, 2009, 2015) ligger halterna i 2024 års mätning på liknande nivåer eller något lägre, men fortfarande högre än i utomhusluften. Detta mönster har även observerats i andra städer inom HÄMI-programmet, där formaldehyd konsekvent uppvisar högre personburna halter än stationära.

Kvävedioxid (NO_2)

Kvävedioxid bildas huvudsakligen vid förbränningsprocesser och är starkt kopplad till trafikemissioner, energiproduktion och inomhuskällor som gasspisar (Dėdelė & Miškinytė, 2016)(Hagenbjörk-Gustafsson, 2014). Även vedeldning kan bidra till förhöjda halter. Ämnet används ofta som en indikator för trafikrelaterade luftföroreningar, även om tidigare HÄMI-studier visat att personliga halter påverkas mer av inomhuskällor som rökning och gasspis än av tid i trafik (Julander & Palmberg, 2020).

De personburna mätningarna av kvävedioxid i Stockholm 2024 visade en medianhalt på 9,2 µg/m^3 och ett medelvärde på 11,0 µg/m^3, vilket är under miljömålet för årsmedelvärde (20 µg/m^3) och långt under MKN (40 µg/m^3). Trots detta överskrider flera individers exponering WHO:s hälsobaserade riktvärde (10 µg/m^3) och några överskred miljömålet (20 µg/m^3) under någon av mätveckorna. Dessa överskridanden kunde delvis kopplas till specifika faktorer såsom rökning, användning av gasspis och vedeldning, vilket framkom i dagboks- och enkätuppgifter. Personburna mätningar visar en minskning mellan 2003 och 2009, en mindre ökning 2015, och en tydlig minskning 2024.

Variabilitetsanalysen visade att mellanindividvariansen dominerar (69 %), vilket indikerar att skillnader i boendemiljö och aktiviteter har större betydelse för exponeringen än tillfälliga variationer mellan veckor. Ingen korrelation kunde påvisas mellan tid i trafik och NO_2-halter, vilket överensstämmer med tidigare HÄMI-rapporter. Variabeln ”tid i trafik” omfattar all slags vistelse i ”trafik”, även kollektivtrafik såsom tunnelbana, vilket sannolikt bidrar till den svaga korrelationen.

De stationära mätningarna visade betydande skillnader mellan urban bakgrund (taknivå) med medianvärde på 7,6 µg/m^{3}och gatunivå (Hornsgatan) med medianvärde på 18,0 µg/m^3. Halterna vid gatunivå låg över WHO:s riktvärde under samtliga mätveckor, men under MKN. Detta bekräftar att trafikmiljön är en viktig källa till NO_2, men att personburna halter ofta är lägre än stationära gatunivåmätningar, sannolikt på grund av att deltagarna tillbringar majoriteten av sin tid inomhus. Jämfört med tidigare utomhusmätomgångar i Stockholm (2003 och 2015) visar resultaten för 2024 en nedåtgående trend, med de lägsta nivåerna hittills. Halterna av kvävedioxid, NO_2, i staden har minskat kraftigt under de senaste tio åren (Luften i Stockholm 2024). Det beror främst på minskade utsläpp av kväveoxider från fordonsparken på grund av ökad elektrifiering och minskade dieselandelar för lätta fordon samt genomslag för hårdare utsläppskrav bland tunga dieselfordon.

Skillnaden mellan personburna och stationära halter indikerar att individens exponering ofta är lite lägre än vad som registreras vid fasta mätpunkter på gatunivå.

EU:s nya luftkvalitetsdirektiv sänker gränsvärdet för årsmedelvärde av kvävedioxid (NO_2) från 40 µg/m^3 till 20 µg/m^3 senast 2030. Syftet är att minska hälsorisker och miljöpåverkan, som ett viktigt steg mot EU:s mål om noll förorening till 2050.

Sammanfattande diskussion och observation

Resultaten från den hälsorelaterade miljöövervakningen av cancerframkallande ämnen i tätortsluft i Stockholm 2024 visar att den personliga exponeringen för samtliga undersökta ämnen, bensen, 1,3-butadien, formaldehyd och kvävedioxid generellt sett låg över de nivåer som uppmättes vid stationära mätplatser i urban bakgrund. Detta mönster har varit konsekvent i tidigare HÄMI-rapporter, vilket visar att personburna mätningar är ett viktigt komplement till stationära mätningar för att få en mer realistisk bild av individers faktiska exponering.

Tidstrenderna visar en positiv utveckling med minskade halter av bensen och 1,3-butadien sedan 2003. För formaldehyd och kvävedioxid ses en mer varierad utveckling, men även här uppmättes de lägsta nivåerna hittills under 2024. Sammantaget visar resultaten att luftkvaliteten i avseende bensen, 1,3-butadien, formaldehyd och kvävedioxid i Stockholm har förbättrats över tid, men att individers exponering fortfarande kan överskrida miljökvalitetsmålen, särskilt i vissa miljöer eller vid specifika aktiviteter. Studien bidrar därmed med viktig kunskap för fortsatt utvärdering av miljömålet *Frisk luft* och för framtida åtgärder för att minska exponeringen för cancerframkallande ämnen i tätortsluft.

Variabilitetsanalyser visar att mellanindividvariansen dominerar, vilket tyder på att skillnader i livsstil, boendemiljö och aktiviteter har större betydelse för exponeringen än tillfälliga variationer som ses vid upprepade mätningar. Även detta visar vikten av att inkludera personburna mätningar i miljöövervakningen för att bättre förstå hur olika grupper i befolkningen påverkas. Detta överensstämmer även med resultatet från den strategiska utvärderingen av HÄMI-serien (Julander & Palmberg, 2020).

En genomgående observation från resultaten är att den genomsnittliga personliga exponeringen, baserad på personburna mätningar, ligger högre än de urbana bakgrundshalter som uppmätts vid stationära mätplatser för samtliga undersökta ämnen: bensen, 1,3-butadien, formaldehyd och kvävedioxid. Denna skillnad kan förklaras av att personburna mätningar fångar individens verkliga exponering i olika miljöer, inklusive inomhusmiljöer, trafiknära områden och andra platser där koncentrationerna kan vara högre än vid stationära bakgrundsmätningar. Stationära mätningar, särskilt vid urbana bakgrundsstationer, är utformade för att spegla den generella luftkvaliteten i ett område och underskattar därför ofta den individuella variationen i exponering. Detta mönster visar att personburna mätningar är ett viktigt komplement till stationära mätningar för att få en mer realistisk bild av människors faktiska exponering för luftföroreningar.

Totalt deltog 3 rökare i första mätveckan, varav en även deltog i andra mätveckan. Eftersom det är för få observationer utfördes ingen statistisk analys för att mäta skillnader mellan rökare och icke-rökare. De uppmätta exponeringsnivåerna för dessa personer var något högre än genomsnittet för övriga deltagare, men resultaten bör tolkas med försiktighet. Att rökning är avgörande faktorer för ökad exponering av dessa luftföroreningar överensstämmer med resultatet från den vetenskapliga publikation som analyserat sammanslagna mätdata från studien år 2000–2008 (Hagenbjörk-Gustafsson et al., 2014). Sedan tidigare är det känt att bilavgaser och rökning är två av de större källorna till exponering för bensen och 1,3-butadien i vår omgivningsmiljö. Vi fann att rökarna (N = 3) hade något högre exponering för både bensen och 1,3-butadien. En observation var att en deltagare använde e-cigarett (vejp) och uppgav att

denne under den första veckan hade vistats i rökiga miljöer i totalt sju timmar. Under uppföljningsveckan rapporterade deltagaren att denne hade slutat vejpa. Mätresultaten visade en minskning mellan mätveckorna: NO_2 sjönk från 7 till 5 µg/m^3, 1,3-butadien från 0,018 till 0,014 µg/m^3, och bensen från 0,81 till 0,40 µg/m^3, vilket möjligtvis kan förklaras av den förmodat lägre exponeringen.

Vi fann inte någon korrelation mellan tiden deltagarna tillbringade utomhus i trafik och exponering för något av de mätta luftföroreningarna. Det fanns inte heller några signifikanta skillnader av uppmätta halter av ämnena mellan män och kvinnor.

Sammantaget visar både personburna och stationära mätningar en positiv utveckling med minskade halter av samtliga undersökta ämnen mellan 2003 och 2024. Personburna mätningar ger dock en mer direkt bild av den faktiska exponeringen och kan fånga variationer som inte syns i stationära data, exempelvis från inomhuskällor eller individuella rörelsemönster.

Tack

Vi vill rikta ett varmt tack till samtliga deltagare som medverkade i studien och därmed gjorde genomförandet möjligt. Ett särskilt tack vill vi ge till SLB-analys för att vi fick möjlighet att använda referensplatserna vid Wollmar Yxkullsgatan och Hornsgatan. Vi vill även tacka Jennie Hurkmans vid SLB-analys för värdefull hjälp under fältarbetet. Slutligen vill vi uttrycka vår uppskattning till kollegor vid andra institutioner som bidragit med stöd och expertis under projektets gång.

Referenser

Dėdelė, A., & Miškinytė, A. (2016). Seasonal variation of indoor and outdoor air quality of nitrogen dioxide in homes with gas and electric stoves. *Environ Sci Pollut Res Int*, *23*(17), 17784-17792. https://doi.org/10.1007/s11356-016-6978-5

Hagenbjörk-Gustafsson, A., Tornevi, A., Andersson, E. M., Johannesson, S., Bellander, T., Merritt, A. S.,...Sallsten, G. (2014). Determinants of personal exposure to some carcinogenic substances and nitrogen dioxide among the general population in five Swedish cities. *J Expo Sci Environ Epidemiol*, *24*(4), 437-443. https://doi.org/10.1038/jes.2013.57

Howell, D.C. (1997). Statistical Methods for Psychology (4de uppl.). Belmont, CA: Wadsworth.

Julander, A., Palmberg L. Genomgång och strategisk utvärdering av HÄMI-serien" Cancerframkallande ämnen i tätortsluft" 2020.

Luften i Stockholm År 2024. SLB-rapport :15:2025; Miljöförvaltningen i Stockholms stad.

Sagán, Löhmus Sundström (2015). Personlig exponering och bakgrundsmätning Stockholm 2015.

Sundberg, R. (2020). Lineära Statistiska Modeller. Stockholm: Stockholms universitet (kompendium i matematisk statistik).

Bilaga 1. Inbjudningsbrev

Inbjudan till Luftkvalitetsstudie i Stockholm

Hej,

Du är en av de slumpmässigt utvalda personerna* som har möjlighet att delta i en forskningsstudie om luftföroreningar i Stockholm som Institutet för Miljömedicin på Karolinska Institutet i samarbete med Centrum för Arbets- och Miljömedicin i region Stockholm genomför under hösten (september-december). Ditt deltagande bidrar till att öka kunskapen om luftkvaliteten i vår stad.

Vad innebär studien för dig?

1. **Bära ett band runt halsen med diskreta provtagare** Provtagarna samlar in värdefulla data om luftföroreningar som du andas in – allt du behöver göra är att ha de på dig under dina mätdagar och bredvid dig när du sover.
2. **Besvara en kort enkät**
3. **Föra en aktivitetsdagbok** under den veckan som mätningen genomförs.

Ditt deltagande:

Efter avslutad mätning får du ett arvode på 1500 kr (för en vecka) och 3000 kr (om du väljer att delta två veckor) som beskattas enligt Skatteverkets regler. Men det viktigaste är att du blir en del av en större insats för en renare och hälsosammare stadsluft.

Hur anmäler du dig?

Det är enkelt! Svara på de korta frågorna via QR-koden nedan eller kontakta oss via tel.nr: 08-12337250 eller e-post: alexandra.lovquist@ki.se.

Ange ditt namn och telefonnummer, om du vill delta en eller två veckor och vilka veckor under hösten du inte kan delta. Vi ser fram emot att ha dig med i studien!

Gör så här:

- Scanna koden med kameran i din mobiltelefon
- Följ hänvisning till digitalt formulär
- Fyll i med ditt ID-nummer: «Idnr»

Ditt bidrag gör skillnad: När projektet är avslutat får du resultatet från din personliga mätning per post. Projektet ingår i Naturvårdsverkets program för Hälsorelaterad miljöövervakning (HÄMI) och används vid utvärderingen av ett av Sveriges miljömål, *Frisk luft*. Dina personuppgifter kommer inte att förekomma i den officiella rapporten till Naturvårdsverket.

Du hittar mer utförlig information om studien vår hemsida

https://ki.se/imm/hami-luftfororeningar-exponeringsstudier

Tack för att du hjälper oss skapa en friskare miljö!

Anne-Sophie Merritt
Forskningsledare
anne-sophie.merritt@ki.se
Telefon: 08-12337265

Alexandra Lövquist
Projektkoordinator
alexandra.lovquist@ki.se
Telefon: 08-12337250

Viktigt! Har vi inte hört av dig inom någon vecka efter detta utskick går frågan vidare till en annan person.

* Adresskälla: Statens Personadressregister SPAR

Bilaga 2. Informationsbrev

Information om studien
Det går även att läsa om studien på vår hemsida:

https://ki.se/imm/hami-luftfororeningar-exponeringsstudier

Institutet för Miljömedicin på Karolinska Institutet genomför under september-december 2024 ett forskningsprojekt där vi mäter luftföroreningar. Projektet ingår i Naturvårdsverkets program för Hälsorelaterad miljöövervakning (HÄMI) och har pågått sedan 2000.

Luftföroreningar kommer från många olika källor såsom trafikavgaser, sjöfart och industrier. Mätningar av luftföroreningar sker vanligtvis utomhus på centralt belägna platser i stadsmiljö. Vi människor vistas både inomhus och utomhus och i många olika miljöer, och syftet med att utföra personburna mätningar är att dessa mätningar bättre avspeglar luften vi människor andas. Projektet är unikt och används bl.a. för att utvärdera ett av Sveriges miljömål, *Frisk luft*.

Hur går studien till?

Tackar du ja till att delta i studien så kommer vi att kontakta dig via telefon eller mail för att avtala ett datum och en tid (måndag – fredag) då vi träffas på central plats i Stockholm eller i våra lokaler på Torsplan, vad som passar dig. Vid detta tillfälle överlämnar vi provtagarna och informerar dig om hur provtagningen går till. I samband med att du hämtar provtagarna har du så klart även möjlighet att ställa frågor om undersökningen. Totalt ingår 40 slumpmässigt utvalda personer i studien (boende i Stockholms stad, 20-60 år).

Tre provtagare ska bäras i en vecka (7 dagar) i ett band runt halsen (se bild). Dessa mäter bensen och 1,3-butadien, formaldehyd samt kvävedioxid.

Provtagarna låter ingenting och de är lätta att bära. Det är ett metallrör (ungefär av en pennas storlek), en liten platta av plast, samt en ca 3 cm lång plastcylinder (se bilden bredvid).

Du får under provtagningsveckan fylla i en enkel dagbok kopplat till aktiviteter som kan påverka din exponering (t.ex. hur lång tid du vistas inomhus, utomhus, i trafik etc. under veckan). Du får även besvara några frågor i en kort enkät om hur du bor, t.ex. bostadstyp och typ av uppvärmning. Efter en vecka, då provtagningsperioden är över, ses vi igen för att hämta provtagarna och dagboken. Du kan alltid nå oss via telefon eller e-post om du har frågor under mätveckan.

Deltagande och ersättning

Deltagande i undersökningen är helt frivilligt och du har rätt att när som helst avbryta utan att ange något skäl. Efter fullständigt genomförd mätning i en vecka, samt inlämnande av ifylld dagbok och enkät, får du en ekonomisk ersättning på 1500 kr. Ersättningen beskattas enligt Skatteverkets regler. Det finns även möjlighet att eventuellt delta i en andra mätvecka, då utgår ytterligare 1500 kr i ersättning för denna vecka.

Vad händer med resultaten?

När alla mätningar är avslutade och de kemiska analyserna är klara får du veta ditt resultat per brev. Vi kommer sedan att sammanställa och presentera resultaten av samtliga mätningarna (avidentifierat) i en skriftlig rapport till Naturvårdsverket.

Hantering av personuppgifter

Alla deltagare i studien är anonyma vid all databearbetning och inga av de personliga uppgifter vi har från befolkningsregistret, d.v.s. namn och adress, kommer finnas i den skriftliga rapporten. Uppgifter om deltagarna används endast i detta enskilda forskningsprojekt. Efter avslutat projekt kommer alla personliga uppgifter att raderas. Ansvarig för dina personuppgifter är Karolinsk Institutet.

Om du har frågor eller önskar veta mer om undersökningen är du välkommen att kontakta oss!

Anne-Sophie Merritt
Projektledare
anne-sophie.merritt@ki.se
Telefon: 08-12337265

Alexandra Lövquist
Projektkoordinator
alexandra.lovquist@ki.se
Telefon: 08-12337250

Ansvarig för studien är:

Anne-Sophie Merritt
Forskare
Karolinska Institutet

---

* Enligt EU:s dataskyddsförordning har du rätt att kostnadsfritt få ta del av de uppgifter om dig som hanteras i studien. Du kan också begära att uppgifter om dig raderas samt att behandlingen av dina personuppgifter begränsas. Det är Karolinska Institutet som är personuppgiftsansvarig för personuppgiftsbehandlingen. Vid frågor kring Dataskyddsförordningen kontakta dataskyddsombud@ki.se.

Bilaga 3. Instruktioner

Provtagningsinstruktion

Tack för att du vill delta i undersökningen!

Mätningar av luftföroreningarna sker personburet, dvs. provtagarna bärs i ett halsband av deltagarna. I samband med mätningarna ska du fylla i en enkel dagbok varje dag samt ett frågeformulär som du fyller i när du kommer till oss. För att mätningarna ska bli riktiga krävs att man gör på rätt sätt och nedan följer en kortfattad information. Vid frågor, tveka inte att kontakta någon av oss.

Personburna mätningar:
Du kommer att bära tre olika provtagare på ett band runt halsen under sju dygn. Metallröret mäter koncentrationen av bensen och butadien, den svarta plattan mäter formaldehyd och den vita provtagaren i plströret mäter kvävedioxid.
Kom ihåg att du ska ha mätarna på dig hela dagen och att de alltid ska sitta utanpå dina kläder! Provtagarna fungerar endast när de är i kontakt med luft, alltså inte när de täcks över med kläder.

- Viktigast av allt, halsbandet med provtagarna ska följa med dig överallt.
- Provtagarna fästs i halsbandet med hjälp av metallklämmorna (görs av vår personal). De ska sitta i närheten av andningszonen.
- Det är viktigt att hålen i den svarta plattan hänger utåt, dvs. kommer i kontakt med luften.
- Tänk på att alltid flytta mätarna så att de hänger utanpå ytterkläderna när du går ut.
- Om du har ett kontorsjobb kan halsbandet med provtagarna hänga bredvid dig men om du går på lunch, ta med dem!
- Om det börjar regna eller snöa vill vi att du tillfälligt skyddar mätarna (t ex genom att täcka över med jackan/halsduk/använder paraply).
- Vid dusch eller bad hänger du provtagarna så nära dig som möjligt utan att de blir blöta.
- Om du går på gym/sportanläggning kan du hänga halsbandet med provtagarna i omklädningsrummet.
- Under natten bör provtagarna hängas över exempelvis en stol intill din säng. Se till så att öppningarna på samtliga provtagare kommer i kontakt med luften!

Lycka till! 😊

Vid frågor kontakta:

Anne-Sophie Merritt
Projektledare
Telefon: 08-12337265

Alexandra Lövquist
Projektkoordinator
Telefon: 08-12337250

Bilaga 4. Samtyckesblankett

Samtycke till att delta i studien ” Cancerframkallande ämnen i tätortsluft, en studie inom den hälsorelaterade miljöövervakningen”.

- Jag samtycker till att delta.
- Jag har fått muntlig och/eller skriftlig information om studien och har haft möjlighet att ställa frågor. Jag får behålla den skriftliga informationen. Jag är medveten om att mitt deltagande är frivilligt och att jag när som helst och utan närmare förklaring kan avbryta mitt deltagande (och är även medveten om att ersättning då ej betalas ut).

Plats och datum

Underskrift

Namnförtydligande

Bilaga 5. Enkät

Enkät (bakgrundsfrågor)

ID-nummer: _____

Datum: _____

Namn:

_____

Gatunamn:

_____

1. Är du rökare? Ja ☐ Nej ☐

2. Hur bor du? villa ☐ lägenhet ☐ radhus/parhus ☐

Ungefärligt byggår: _____ Ungefärligt renoverings år (om tillämpligt): _____

3. Uppvärmning av bostaden sker med

fjärrvärme ☐
enbart oljepanna ☐
enbart elpanna ☐
enbart ved/pellets ☐

Kombination/övrigt: _____

Är oljepanna eller ved/pelletspanna placerad inne i bostaden?

Ja ☐ Nej ☐

4. Finns det gasspis i din bostad? Ja ☐ Nej ☐

5. Var arbetar/studerar du i huvudsak?

Arbetsplats/skola: _____
Om du har flera arbetsplatser eller skolor, skriv på baksidan (fråga nr **14**).

6. Yrke/studieinriktning: _____

7. Arbetstider/studietider: _____

8. Färdmedel till arbete/skola (om flera olika, ange så detaljerat du kan):

_____

Pendlar du dagligen mellan orter? _____

Antal dagar/vecka du jobbar på distans/hemifrån (om tillämpligt) _____

9. Finns garage inbyggt i ditt bostadshus? Ja ☐ Nej ☐

10. Kommer Du i kontakt med motoravgaser/bensinångor eller lösningsmedel på ditt arbete eller utbildning? Ja ☐ Nej ☐

11. Kommer Du i kontakt med motoravgaser/bensinångor eller lösningsmedel på din fritid?
Ja ☐ Nej ☐

12. Har du de senaste tre månaderna känt dig besvärad av något av följande?

	Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej, aldrig
a) trafikbuller	☐	☐	☐
b) bilavgaser	☐	☐	☐

13. Hur ofta brukar du vintertid uppleva luften som irriterande?

	dagligen eller nästan dagligen	ibland eller periodvis	aldrig eller nästan aldrig
a) i ditt bostadsområde	☐	☐	☐
b) i stadens centrum	☐	☐	☐

14. Eventuella övriga arbetsplatser eller skolor (forts från fråga nr **5**):

Arbetsplats/skola: _____

Arbetsplats/skola: _____

Bilaga 6. Dagbok

Dagbok

Dagboken börjar när mätningen startas.

Start kl.		Stopp kl.	:

		Dygn 1	*Dygn 2*	*Dygn 3*	*Dygn 4*	*Dygn 5*	*Dygn 6*	*Dygn 7*
Tid i trafik								
Hur länge har du vistats **ute i trafik** på vägar och längs trottoarer (i bil, buss, gående eller cyklande etc.)? Ange **timmar (hel eller halvtimma)**								
Tid inomhus								
Hur länge har du **vistats inomhus i bostäder (egen eller annan)**? Ange **timmar**.								
Hur länge har du vistats **inomhus på arbetsplatser**? Ange **timmar**.								
Hur länge har du vistats **inomhus i andra lokaler** (t ex affärer, restauranger, nöjeslokaler etc.)? Ange **timmar**								
Övrig tid utomhus								
Hur länge har du vistats **utomhus på arbetsplatser** (utöver vistelse i trafik)? Ange **timmar.**								
Hur länge har du vistats **utomhus annat än i trafik eller på arbetsplatser** (t ex på innergårdar, i naturen)? Ange **timmar**								
Summa (ska vara 24 timmar)								
Har du under dygnet täckt över provtagarna p.g.a. väder (regn/snö)? **Om ja, ange hel eller halvtimma**		Ja o Nej o ..... tim.	Ja o Nej o ..... tim.	Ja o Nej o ..... tim.	Ja o Nej o ..... tim.	Ja o Nej o ..... tim.	Ja o Nej o ..... tim.	Ja o Nej o ..... tim.
Har du vistats i ett rum där rökning förekom? Om ja, hur lång tid sammanlagt? **Ange timmar**		Ja o Nej o ..... tim.	Ja o Nej o ..... tim.	Ja o Nej o ..... tim.	Ja o Nej o ..... tim.	Ja o Nej o ..... tim.	Ja o Nej o ..... tim.	Ja o Nej o ..... tim.
		Dygn 1	*Dygn 2*	*Dygn 3*	*Dygn 4*	*Dygn 5*	*Dygn 6*	*Dygn 7*
Har du utfört någon speciell aktivitet under veckan där du tror dig ha utsatts för extra mycket luftföroreningar (målat, svetsat, lackerat etc.)		Ja o Nej o	Ja o Nej o	Ja o Nej o	Ja o Nej o	Ja o Nej o	Ja o Nej o	Ja o Nej o

Om ja, vad?	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Har du vistats i bostad (egen eller annans) samtidigt som det eldats med ved/pellets? **Om ja, hur länge**?	Ja o Nej o ..... tim.	Ja o Nej o ..... tim.	Ja o Nej o ..... tim.	Ja o Nej o ..... tim.	Ja o Nej o ..... tim.	Ja o Nej o ..... tim.	Ja o Nej o ..... tim.
Har du tankat **bensin** (ej diesel) under dygnet?	Ja o Nej o	Ja o Nej o	Ja o Nej o	Ja o Nej o	Ja o Nej o	Ja o Nej o	Ja o Nej o
Har Du hanterat **bensin** vid andra tillfällen än tankning av bil?	Ja o Nej o	Ja o Nej o	Ja o Nej o	Ja o Nej o	Ja o Nej o	Ja o Nej o	Ja o Nej o
Har Du haft sovrumsfönstret öppet eller på glänt under natten?	Ja o Nej o	Ja o Nej o	Ja o Nej o	Ja o Nej o	Ja o Nej o	Ja o Nej o	Ja o Nej o

Namn:	
Startdatum:	
Slutdatum:	
IDnr:	

Bilaga 7. Bankuppgifter

Forskningsstudie om luftkvalitet i Stockholm

Du kommer att få 1500 kr i försökspersonsarvode efter avslutad mätning. Ersättningen är beskattningsbar och skatteavdrag sker före utbetalning enligt Skatteverkets regler.

Pengarna betalas ut av Karolinska Institutet. Beroende på när din mätning slutfördes kan det dröja upptill en månad innan utbetalningarna sker.

Alla utbetalningar görs via Swedbank. Om du önskar utbetalning direkt till en annan bank behöver du gå in och registrera ditt bankkonto hos Swedbank
Det gör du enklast här:

https://www.swedbank.se/privat/betala-och-overfora/konton/anmal-konto-till-swedbanks-kontoregister.html.

När det är gjort kommer ersättningen sättas in direkt på ditt bankkonto.

Tack än en gång för din medverkan!
Anne-Sophie Merritt och Alexandra Lövquist
Institutet för Miljömedicin
Karolinska Institutet

Vänligen fyll i dina uppgifter:

Namn: _____

Personnummer: _____

Adress:_____