



**Swedish National Air Pollution and  
Health Effects Program 2001-2006  
– SNAP –**

**Slutrapport**

### Förord

Föreliggande rapport är framtagen för att sammanfatta de resultat som kommit fram ur det Svenska forskningsprogrammet om hälsoeffekter av luftföroreningar – SNAP. Som komplement till denna sammanfattning finns mera uttömmande delrapporter från programmets enskilda forskningsprojekt, samt en rad projektrapporter och vetenskapliga publikationer. Mer information om SNAP kan läsas i ansökan och halvtidsrapporten som finns att hämta bland publikationer på programmets hemsida [www.snap.se](http://www.snap.se).

SNAP är ett nationellt forskningsprogram om hälsoeffekter av luftföroreningar, som officiellt startades i september 2001 efter beslut i Naturvårdsverkets Miljöforskningsnämnd att bevilja stöd till programmet 31 maj 2001. Programmet föreslogs av representanter från Institutet för Miljömedicin vid Karolinska Institutet, Arbets- och Miljömedicin vid Stockholms läns landsting, Arbets- och Miljömedicin vid Göteborgs respektive Lunds universitet, Stockholms luft- och bulleranalys (Slb), Stockholm och Uppsala läns Luftvårdsförbund, samt IVL Svenska Miljöinstitutet. Därtill har även tillkommit Umeå universitet och Institutionen för Tillämpad Miljövetenskap vid Stockholms universitet och programmets styrgrupp har dessutom bestått av representanter för Naturvårdsverket, Energimyndigheten och BilSweden.

En halvtidsuppföljning med en extern internationell granskning genomfördes i maj 2003. I en särskild halvtidsrapport beskrevs hur programmet utvecklats och dess utsikter att nå de uppsatta målen. SNAP hade då utvecklats från att inkludera ursprungligen 14 forskningsprojekt till att omfatta 19 projekt och från början 13 personer i styrgruppen till aktivt deltagande av 20 personer inkluderande representanter från avnämningarorganisationerna. Granskningsgruppen förordade fortsatt finansiering och dåvarande Miljöforskningsnämnden vid Naturvårdsverket beslutade att bevilja programmet resterande finansiering i enlighet med den sökta budgeten. Slutligen ingick 27 delprojekt i SNAP och närmare 30 personer erhöll regelbundet inbjudan till styrgruppens möten.

Forskning innebär ofta en lång process från idé, formulering av hypoteser, ansökan om finansiering, insamling av data, bearbetning och analys, till resultatsammanställning, slutsatser och vetenskaplig publicering. Detta stäcker sig oftast över flera år och det tar ibland upp till ett par år bara att få sin vetenskapliga rapport granskad av andra forskare och sedan publicerad i en vetenskaplig tidskrift. Flera av programmets delprojekt har därför inte hunnit bli publicerade när denna rapport skrivs, särskilt de som tillkom sent i samband med de båda utlysningarna av nya forskningsmedel från SNAP under 2003 och 2004. Av detta skäl innehåller föreliggande rapport både redovisning av resultat med referens till vetenskaplig publikation som stödjer syntesen och i mer allmänna ordalag utifrån preliminära resultat från projektrapporter utan publicerad referens.

De personer som varit särskilt engagerade i skrivandet av slutrapporten har varit Mats Rosenlund (programsekreterare), Tom Bellander (vice programdirektör), Göran Pershagen (programdirektör) och Janine Wichmann (assistent). Slutrapporten har även granskats av medlemmarna i SNAPs styrgrupp.

Stockholm december 2006.

Göran Pershagen, programdirektör för SNAP

## Innehåll

Sammanfattning .....	3
Inledning .....	4
Modeller för exponeringsbestämning .....	4
Kvantitativ riskbedömning.....	7
Känsliga grupper.....	9
Biologiska mekanismer.....	10
Kommunikation, integration, bemanning och avrapportering .....	11
Vetenskapliga publikationer med anknytning till SNAP .....	12
Bilaga 1. Kort beskrivning av projekt som ingår i SNAP.....	15

## Sammanfattning

The Swedish National Air Pollution and Health Effects Programme (SNAP) är ett nationellt forskningsprogram om hälsoeffekter av luftföroreningar som pågått 2001-2006 med stöd av Naturvårdsverket. Medverkan har skett av ett stort antal forskargrupper vid olika universitet och institut samt av myndigheter och industri. Bakgrunden till programmet var den ökade medvetenheten om att hälsoeffekter kan uppträda även vid relativt låga halter av luftföroreningar och att underlaget behövde stärkas för riskbedömning rörande de specifika förhållanden som råder i Sverige. En del av programmet inriktades på exponering för luftföroreningar. Härvid framkom bl a att småskalig vedeldning kan bidra med över 50% till halter av partiklar, PAH och VOC i vissa av landets mindre städer. Lufthalten av gaser beskrivs bättre av modeller än partikelhalten, men generellt är osäkerheten i dessa beräkningar oftast mindre än 30%. Historiska emissionsdatabaser och spridningsmodellering för både gaser och partiklar har utnyttjats i långtidsstudier av hälsoeffekter av luftföroreningar. De epidemiologiska projekten inom SNAP talar bl a för att förhöjda luftföroreningshalter i svenska städer orsakar flera tusen extra dödsfall årligen och att exponering för luftföroreningar från trafiken under lång tid ökar risken för död i hjärtinfarkt. En studie från Stockholm visade att hög exponering för luftföroreningar från vägtrafiken under första levnadsåret ökar risken för allergi och astmasymtom hos barn samt påverkar lungfunktionen. Genetiskt betingad känslighet verkar ha betydelse för dessa effekter. Då det gäller möjliga mekanismer tyder resultaten på att både dieselavgaser och vedrökspartiklar kan förorsaka inflammation. Luftföroreningar förefaller även påverka hjärtats elektriska retledningsförmåga vilket bl a kan orsaka plötslig hjärtdöd. Sammantaget har forskningsprogrammet bidragit till ett närmare samarbete mellan olika forskargrupper i landet, ett stort antal vetenskapliga publikationer och flera avhandlingar som rönt stor uppmärksamhet. En nära kommunikation har även skett med myndigheter och industri samt med internationella organ, bl a EU och WHO. Resultaten är av stor betydelse för Miljömålsarbetet, särskilt miljömålet ”Frisk luft”.

### **Inledning**

SNAP är beteckningen på ett nationellt forskningsprogram om hälsoeffekter av luftföroreningar. Programmet har haft den övergripande målsättningen att ta fram ny viktig information som kan ligga till grund för den kvantitativa riskbedömningen av luftföroreningar och förbättra samarbetet och integrationen mellan svenska forskare inom luftföroreningsområdet. SNAP har drivits under perioden 2001-2006 med stöd av Naturvårdsverket. Denna rapport är en sammanfattande syntes av programmet. Strukturen följer de ursprungligt uppsatta målsättningarna som finns närmare beskrivna i programmets tidigare ansökan. Rubrikerna i rapporten utgår i stora drag från de syften som formulerades vid programmets start, men eftersom några av dessa går in i varandra diskuteras slutsatserna för vissa av målen under en gemensam rubrik. Forskningen inom programmet har genomförts i form av 27 separata delprojekt och en väsentlig del av programmets syntes består av de projektrapporter som sammanfattats inför programmets avslutningsmöte i juni 2006. Föreliggande rapport är en avnämaranpassad syntes av hela forskningsprogrammet enligt Naturvårdsverkets modell för slutrapportering. En lista över samtliga SNAP-projekt finns i bilaga 1 till denna rapport.

Bakgrunden till det föreslagna forskningsprogrammet var den ökande medvetenheten om att luftföroreningar är ett viktigt folkhälsoproblem också i länder och regioner som tidigare ansetts vara mer eller mindre fria från sådana hälsoeffekter. Senare tids forskningsunderlag har visat att även de relativt låga halterna av luftföroreningar i Sverige behöver sänkas ytterligare för att förhindra bland annat luftvägs- och hjärtkärlsjukdomar. Det fanns ett stort behov av förbättrade kunskaper om både befolkningens exponering och konsekvenserna för folkhälsan, inte minst när det gäller de nationella miljö kvalitetsmålen, miljö kvalitetsnormerna och andra politiska processer som kan bidra till att minska exponeringen och därmed hälsokonsekvenserna av luftföroreningar. Dessa behov kräver ett tvärvetenskapligt angreppssätt som sträcker sig över flera forskningsdiscipliner och ett nära samarbete mellan forskare, myndigheter och politiker. Därför startades detta nationella forskningsprogram om hälsoeffekter av luftföroreningar, som organiserats av de svenska universiteten och forskningsinstituterna med betydande luftföroreningsforskning och de myndigheter som huvudsakligen är involverade i beslutsfattande och reglering inom detta område, samt industrirepresentanter från viktiga områden som bland annat bilindustrin, vars verksamhet kan inverka på luftföroreningshalterna i Sverige.

Den nya information som programmet producerat kan användas vid kvantitativa riskbedömningar för luftföroreningar och kommer att vara viktig i utvecklandet av den nationella miljöpolitiken och särskilt när det gäller det svenska miljömålsarbetet. Det förbättrade samarbetet mellan olika forskargrupper inom luftföroreningsområdet och den stärkta interaktionen mellan svenska forskare och olika myndigheter och industrin har ökat kompetensen inom den nationella luftföroreningsforskningen. Detta har skett genom kunskapsuppbyggnad hos forskare och experter, genom utbildning av nya doktorander inom programmets olika delprojekt samt genom ökat samarbete med internationella forskargrupper och myndighetsrepresentanter.

### **Modeller för exponeringsbestämning**

Två av programmets specifika syften var särskilt inriktade på exponering för luftföroreningar. Dessa handlar om att utveckla metoder, karlägga exponering och olika källors betydelse, förbättra och validera modeller för exponeringsklassificering, respektive att utforska olika aspekter av exponering för luftföroreningar på hälsan. Flera av programmets delprojekt syftar direkt till att uppfylla dessa mål, men detta utgör också en väsentlig del av många andra

projekt med huvudsakligt syfte att studera sambanden mellan exponering och olika sjukdomar. I ljuset av senare tids forskning ägnas idag stor fokusering på partiklar och det finns flera sätt att mäta och beskriva befolkningens exponering för partiklar i omgivningsluften. Exempelvis kan massan eller antalet partiklar mätas och medan mått på massan såsom  $PM_{10}$  och  $PM_{2.5}$  används i lagstiftningen, så visar aktuell forskning att antalet partiklar kan vara ett bättre mått på de allra minsta partiklarna, vilka kan betyda mer för hälsan.

Resultaten av partikelforskningen inom SNAP har bidragit till att flera nya väsentliga slutsatser har kunnat formuleras, av vilka en stor del förklaras närmare i en avhandling (Gidhagen 2004). Till exempel visar denna forskning att fordonsutsläpp är den dominerande källan till partiklar mätt som antalskoncentration och att kalla vinterdagar leder till nästan fördubblade utsläpp av antal partiklar jämfört med varma sommardagar. Modellberäkningar visar att förutom utspädningen sker deposition av partiklar nära vägbanan, medan andra processer som koagulering (sammanslagning av små partiklar) har mindre betydelse för antalskoncentrationen i stadsmiljön. Vid låga temperaturer sker kraftigt ökad kondensation av kolväten och vattenånga på befintliga partiklar, främst de allra minsta, vilket ökar partiklarnas storlek (Olivares m fl 2006). Sammantaget tyder detta på att antalet partiklar är en luftföroreningsmarkör för vilken haltminskningen främst sker genom utspädning (undantaget de sekundsnabba processerna direkt efter emission). Nya emissionsfaktorer för ultrafina partiklar har tagits fram inom programmet, vilket innebär att det nu är möjligt att modellera också denna partikelfraktion. Modellberäkningar visar att det inte går att särskilja skillnader i långtidsexponering av lokala avgaspartiklar från partiklar som kommer från slitage av vägbanorna, vilket gör att det i många epidemiologiska studier inte går att avgöra vilken partikelkälla som är orsaken till hälsoeffekterna (Johansson m fl 2006). Däremot skiljer sig korttidsvariationerna (timme och dygn) i partikelhalterna från dessa två källor mycket kraftigt, främst på grund av att emissionerna av vägbanepartiklarna beror av fuktigheten på vägbanorna medan avgaspartiklarna främst berörs av utspädningen.

Personburna mätningar av fina partiklar ( $PM_{2.5}$  och  $PM_1$ ) visar att den personliga exponeringen är högre än halterna utanför bostaden men halterna är låga vid en internationell jämförelse.  $PM_1$  utgjorde ca 70-80% av  $PM_{2.5}$ . Samtidiga mätningar av  $PM_{2.5}$  och  $BS_{2.5}$  (black smoke) i en bakgrundsstation korrelerade väl med halterna utanför bostaden (Johannesson m fl 2006). I projektet har spårelement analyserats och resultaten visar tydligt på inverkan på halterna inte bara utomhus utan även inomhus och personburet beroende på om luften som passerat kommit från Centraleuropa eller från havet eller norrifrån (Molnar m fl 2006).

I stora delar av landet är småskalig vedeldning vanligt förekommande och kan stå för lika stor del som vägtrafiken för utsläpp av fina partiklar i mindre städer (Forsberg m fl 2005b). Exponeringen och hälsoeffekterna från småskalig vedeldning har varit betydligt mindre utforskat jämfört med andra källor till luftföroreningar. Forskning inom SNAP har bidragit till de första kunskaperna någonsin om den personliga exponeringen och jämförelser mellan halterna inomhus och utomhus för bensen, butadien, formaldehyd, kolväten, partiklar ( $PM_{2.5}$ ) och sot som markörer för småskalig vedeldning (Molnar m fl 2005, Gustafson m fl 2006). Resultaten visar att vedeldning bidrar till de lokala halterna av partiklar, PAH och VOC. Den personliga exponeringen för partiklar innehållande kalium, kalcium och zink kan vara mellan 66-80% högre för de som eldar med ved som uppvärmningskälla till hushållet (Molnar m fl 2005). Även exponeringen för butadien och bensen är högre i hushåll där man eldar med ved, men inte vissa andra gaser, som formaldehyd och acetaldehyd (Gustafson m fl 2006).

Nya mätmetoder för bensen och butadien har jämförts i ett av programmets delprojekt, vilket visade goda möjligheter att bestämma den personliga exponeringen för dessa luftföroreningar (Strandberg m fl 2005, Strandberg m fl 2006). Ett av SNAP-projekten fokuserade särskilt på förhållandena mellan inomhus- och utomhushalterna av luftföroreningar och hur stor mängd som kan tänkas tränga in utifrån i bostäder och förskolor. Resultaten tyder på att inomhushalterna är jämförbara med utomhushalterna för  $PM_{2.5}$ , sot och kvävedioxid, men att relationen mellan inom- och utomhushalter är starkare för sot och kvävedioxid än för  $PM_{2.5}$  (Wichmann m fl 2006). Detta indikerar att avgaser från trafiken lätt tränger in i svenska hus och att halterna av sot och  $NO_2$  inomhus – i avsaknad av väsentliga inomhuskällor som t ex cigarettrökning – i allt väsentligt speglar halterna utomhus. Förekomsten av källor till ”vita”, dvs icke förbränningsrelaterade, partiklar inomhus försvårar tolkningen av sambandet för  $PM_{2.5}$ . Analys av svavel och bly indikerar att infiltrationsgraden är ca 60%. Det fanns en hög korrelation mellan kopper i utomhusluft och utomhushalten av  $NO_2$  (Molnar m fl 2006b).

Under senare tid har så kallade geografiska informationssystem (GIS) kraftigt bidragit till utvecklingen av modeller för att skatta exponeringen för luftföroreningar, vilket sedan kan utnyttjas för sambandsanalyser i hälsostudier. Förutom att kalibrera modellerna mot mätningar i enstaka mätpunkter är det också mycket viktigt att validera mot mätningar som är geografiskt spridda i miljön, för att beräkningarna ska bli trovärdiga och få vetenskapligt erkännande. För stora delar av landet har det dock saknats väsentliga kunskaper som krävs för att utveckla sådana modeller. Inom ett SNAP-projekt har det tagits fram en ny GIS-modell för luftföroreningar över södra Sverige som är tänkt att kunna utnyttjas för att kartlägga exponeringen i epidemiologiska studier. En emissionsdatabas har konstruerats och modellberäkningar har gjorts för flera parametrar, såsom  $NO_x$ ,  $PM_{10}$ , CO,  $CO_2$ ,  $SO_2$ , VOC och bensen, vilka släpps ut från källor av väsentlig betydelse för halterna av luftföroreningar i Sverige, såsom biltrafiken och vedeldning. Även den nationella så kallade URBAN-modellen som baseras på mätningar av luftföroreningshalter i flera svenska städer sedan mitten av 1980-talet, har vidareutvecklats inom SNAP och dessa modellberäkningar har använts för att validera den skånska GIS-modellen (Sjöberg mfl 2004). Dessa valideringar visar att osäkerheten i modellerade  $NO_x$ -halter var cirka 15% och korrelationen mellan uppmätta och modellerade  $NO_2$ -halter var 0.92 (Gustafsson m fl, opubl). Den utveckling av URBAN-modellen som skett med stöd från SNAP är tänkt att kunna utnyttjas för att beräkna exponeringen för luftföroreningar över längre tidsperioder i hela Sverige.

Ett SNAP-projekt syftade särskilt till att validera de modeller som byggts och använts. Liknande meteorologiska spridningsberäkningar baserade på detaljerade emissionsdatabaser för  $NO_x$ , bensen och partiklar har jämförts med mätningar i Malmö, Göteborg och Stockholm. Projektet har lett till väsentliga kunskaper om modellernas osäkerheter för olika luftföroreningar i svenska städer och preliminära resultat tyder på att gaser som  $NO_x$  och  $NO_2$  beskrivs bättre av modellerna än partiklar och generellt är osäkerheten oftast mindre än 30%. Slutsatserna är att lokala  $NO_x$ -emissioner samt halterna av  $NO_x$  och  $NO_2$  går att beskriva med tillräcklig noggrannhet i samtliga tre städer.

Tidigare utvecklade modeller för att skatta individers exponering för luftföroreningar över flera decennier utifrån deras historiska bostadsadresser har vidareutvecklats inom SNAP och utnyttjats i flera av programmets epidemiologiska projekt. Modellernas geografiska upplösning har förbättrats och även nya parametrar har lagts till, såsom kolmonoxid. Erfarenheterna från flera SNAP-projekt visar att bostadsadresser som beskrivs genom geografiska koordinater fungerar bra som utgångspunkt för att bestämma enskilda individers haltnivåer av luftföroreningar utanför bostaden över flera år. Att bygga upp ett fungerande system med emissionsdatabaser och dispersionsmodelleringar kan vara arbetsamt och

tidskrävande, men blir ett mycket effektivt verktyg för att bestämma exponeringen i studier av hälsoeffekter av luftföroreningar när detta arbete väl en gång har genomförts. Metoden går att applicera på en lång rad sjukdomar och befolkningar och historiska nivåer över flera decennier kan modelleras.

Sammanfattningsvis har forskningen inom SNAP lett till följande framsteg:

- Framtagning av emissionfaktorer så att även ultrafina partiklar idag kan modelleras.
- Småskalig vedeldning kan bidra med över 50% till halterna av partiklar, PAH och VOC i mindre svenska städer och den personliga exponeringen för vissa element i partiklarna är mellan 66-80% högre för de som eldar med ved som uppvärmningskälla till hushållet. Även 1,3-butadien och bensenhalterna är högre.
- Utomhushalten av NO<sub>2</sub> och sot påverkar halterna inomhus mer än vad utomhushalterna av PM<sub>2.5</sub> gör. Den personliga exponeringen för PM<sub>2.5</sub> är i allmänhet låg i Sverige. En tydlig inverkan ses på elementförekomsten beroende på varifrån luftmassorna kommer .
- En tidigare uppbyggd metod för att med hjälp av historiska emissionsdatabaser och spridningsmodellering för både gaser (NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>) och partiklar går att utnyttja i långtidsstudier av hälsoeffekter av luftföroreningar. För partiklar (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>) krävs dock ytterligare utvecklingsarbete för att kunna beskriva utbredningen historiskt före 90-talet. I långtidsstudierna kan dock inte påverkan av vägtrafikens avgaspartikelutsläpp särskiljas från effekterna som uppkommer på grund exponering för partiklar från slitage av vägbanor, bromsar eller däck.
- Lufthalten av gaser som NO<sub>x</sub> och NO<sub>2</sub> beskrivs bättre av modeller än partiklar och generellt är osäkerheten i modellberäkningar oftast mindre än 30%.
- Personlig exponering för 1,3-butadien kan bestämmas med en validerad metod.

### **Kvantitativ riskbedömning**

Flera av programmets specifika syften handlade om att kvantitativt bestämma storleken på befolkningens hälsopåverkan av luftföroreningar. Detta har främst gjorts genom programmets epidemiologiska delprojekt med syfte att studera sambanden mellan antingen långtids- eller kortare tids exponering och olika sjukdomar. Kort tid handlar i detta sammanhang om timmar eller dagar och lång tid om år eller decennier. De sjukdomar som främst studerats är luftvägssjukdomar, allergi, astma, kronisk obstruktiv lungsjukdom (KOL), hjärtkärlsjukdom och hjärtinfarkt, medan sjukdomsmåtten innefattar alltifrån besvär, symtom, lungfunktionspåverkan och, sjukhusinläggningar till uppkomst av sjukdom och död. En övervägande del av sambandsanalyserna har genomförts i Stockholmsregionen, främst beroende på att denna region omfattar ett tillräckligt stort antal människor som utsätts för alltifrån låga nivåer till landets högsta luftföroreningshalter i omgivningsmiljön, samt att kunskapen om luftföroreningssituationen är mycket god i jämförelse med andra delar av landet. Programmets ursprungliga målsättningar med inriktning på riskbedömning kan sammanfattas i fyra huvudsakliga uppgifter:

- Kvantitativ riskuppskattning
- Beräkna de nationella folkhälsokonsekvenserna
- Utforska olika aspekter av luftföroreningsexponering på hälsan
- Studera påverkan på hälsan i en- och flerkomponentsmodeller

Beräkningar baserade på internationell litteratur om sambanden mellan luftföroreningar och död respektive svenska luftföroreningshalter och befolkningsdata resulterade i över 2800 extra dödsfall per år i Sverige på grund av förhöjda NO<sub>2</sub>-halter över 10 µg/m<sup>3</sup> som årsmedel-

## Slutrapport från SNAP

värde (Forsberg och Sjöberg 2005). Tidigare beräkningar har resulterat i att det lokala tillskottet till partiklar i utomhusluften i Sverige skulle orsaka omkring 1800 förtidiga dödsfall per år, medan långdistanstransporterade partiklar skulle orsaka cirka 3500 nya dödsfall årligen (Forsberg m fl 2005b).

Tidigare forskning har visat att luftföroreningar i stadsmiljöer kan utlösa astmasymtom, men det har saknats vetenskapliga belägg för att långtidsexponering för luftföroreningar skulle kunna påverka lungfunktionsutvecklingen eller öka risken för att insjukna i astma eller allergisk sjukdom. Forskning inom SNAP visar att de nivåer av luftföroreningar från trafiken som förekommer i Stockholmsregionen tycks kunna försämra utvecklingen av lungfunktionen och öka risken för luftvägssjukdom och allergi hos förskolebarn (Nordling m fl, opubl). En ökad allergirisk på grund av längre tids exponering för luftföroreningar från trafiken tycks särskilt gälla barn med vissa genupsättningar (Melén m fl, opubl). En europeisk kohortstudie med stöd från SNAP antyder även att flera års exponering för luftföroreningar från främst trafiken kan vara en riskfaktor för astma hos vuxna (ECRHS, opubl).

Stockholmspopulationens exponering för koncentrationen av antalet partiklar i luften har beräknats i ett SNAP-projekt. Genom att använda uppmätta partikelantal, påvisades en ökad risk för antalet dagliga sjukhusinläggningar i hjärtkärlsjukdomar med 0.44% för varje ökning i koncentrationen av antalet partiklar per 1000 enheter, medan motsvarande ökning var 0.33% och 0.22% för inläggningar och död i luftvägssjukdomar (Forsberg m fl 2005a). Enligt beräkningar baserade på bakgrundshalter i svenska tätorter, kan långdistanstransport av sulfatrika partiklar dominera hälsoeffekterna som orsakas av partiklar i Sverige (Forsberg m fl 2005b).

Sambanden mellan hjärtinfarkt och både längre respektive kortare tids exponering för luftföroreningar har studerats i flera SNAP-projekt. Medan en studie inte kunnat bekräfta tidigare rapporter om att luftföroreningar skulle utlösa hjärtinfarkter (Berglind m fl, opubl), tyder resultaten från andra projekt på att risken för hjärtkärlsjukdom ökar vid dagar med förhöjda luftföroreningshalter (Forsberg m fl 2005, von Klot m fl 2005, Forastiere m fl 2006).

En handfull kohortstudier i USA och Europa har visat att flera års exponering för luftföroreningar ökar risken för att dö i hjärtlungsjukdomar, men det har saknats undersökningar om icke-dödlig hjärtkärlsjukdom och uppföljning av exponeringen över flera decennier. Risken för hjärtinfarkt vid längre tids exponering för luftföroreningar har studerats i två SNAP-projekt. Resultaten från dessa antyder att boende vid trafikerade gator med förhöjda luftföroreningshalter under lång tid tycks vara särskilt relaterat till dödlig hjärtinfarkt, medan det inte verkar finnas några lika tydliga samband för icke-dödlig infarkt. Trettio års genomsnittlig exponering för en NO<sub>2</sub>-halt från trafiken över 30 µg/m<sup>3</sup> var förknippat med en cirka 50%-igt förhöjd risk att drabbas av en dödlig hjärtinfarkt och en drygt fördubblad risk för att dö i hjärtinfarkt utanför sjukhuset (Rosenlund m fl 2006). Preliminära resultat från en betydligt större registerstudie med sämre tillgång till individinformation om bl a rökvanor, stödjer dessa resultat (Rosenlund m fl, opubl). Denna större undersökning antyder något svagare samband, troligen beroende på brist på information om individernas tidigare bostäder, vilket bidrar till utspädning av sambanden.

Sammantaget visar de epidemiologiska projekten inom SNAP att:

- Förhöjda luftföroreningshalter i svenska städer orsakar flera tusen extra dödsfall årligen.



## Slutrapport från SNAP

- Kortvarigt ökat antal partiklar i svenska städers utomhusluft medför en ökad risk för sjukhusinläggningar i hjärtkärlsjukdomar samt inläggningar och död i luftvägssjukdomar.
- Svenska barn som utsätts för luftföroreningar från trafiken under första levnadsåret har försämrad utveckling av lungfunktionen och ökad risk för luftvägssjukdom och allergi i förskoleåldern.
- Att utsättas för förhöjda luftföroreningshalter från trafiken i Sverige under lång tid ökar risken för död i hjärtinfarkt och plötslig hjärtdöd.

### Känsliga grupper

Ett flertal SNAP-projekt berör direkt olika gruppers känslighet för att drabbas av hälsoeffekter av luftföroreningar. Målsättningen med programmet var dels att identifiera särskilt känsliga grupper när det gäller hälsoeffekter av luftföroreningar, dels att undersöka potentiell interaktion mellan andra faktorer i studier av luftföroreningars hälsoeffekter.

Det råder stora kunskapsluckor avseende vilka delar av befolkningen som löper en särskilt stor risk att drabbas av sjukdom i samband med förhöjda luftföroreningshalter i Svenska städer. Internationella undersökningar har antytt att diabetiker och personer med tidigare hjärtsjukdom kan vara särskilt känsliga för korttidsvariationer i luftföroreningshalterna. Det kvarstår dock stora kunskapsluckor när det gäller vilka faktorer hos individen, t ex i form av sociala, biologiska och kliniska faktorer, som påverkar risken att insjukna och dö på grund av luftföroreningar. Därmed är det fortfarande osäkert om rådande riktvärden verkligen skyddar alla delar av den allmänna befolkningen, inklusive de stora grupper som röker eller lider av kardiovaskulära sjukdomar och diabetes.

Forskning inom SNAP har visat att luftföroreningar från trafiken är relaterat till återinläggning på grund av hjärtproblem hos tidigare hjärtinfarktspatienter (von Klot m fl 2005). Svaga och icke-konsistenta resultat antydde dessutom en förhöjd risk för total dödlighet vid höga luftföroreningsnivåer. Eftersom studien även inkluderade andra städer i Europa, kan skillnader i luftföroreningshalter, ålder och könsstrukturer, samt behandlingsrutiner mellan olika länder kan vara förklaringar till olikheterna i resultaten.

Att utsättas för höga luftföroreningshalter kan vara särskilt skadligt för personer med redan skadade luftvägar till exempel på grund av astma eller kronisk obstruktiv lungsjukdom (KOL). Forskning inom SNAP visar att luftvägarna hos personer med dessa sjukdomar som exponeras för dieselavgaser påverkas i större utsträckning än de gör för friska personer (Stenfors m fl 2004). Detta kan bero på att deras immunförsvar försvagats.

I vägtunnlar kan luftföroreningshalterna från trafiken bli högre än i andra miljöer, särskilt vid stillastående trafik i rusningstid. Detta har föranlett misstankar om att känsliga personer med till exempel astma eller allergisk sjukdom kan påverkas allvarligt om de blir sittande längre tid i bilköer i tunnlar. En serie studier har genomförts i Söderledstunneln i Stockholm för att undersöka just detta. Både friska försökspersoner och astmatiker har suttit i tunneln och en rad medicinska parametrar har mätts samtidigt som luftföroreningshalterna följts. Dessa undersökningar visar att exponering under två timmar för luftföroreningar motsvarande en PM<sub>10</sub>-halt på 176 µg/m<sup>3</sup>, orsakar en inflammatorisk reaktion i de lägre luftvägarna hos friska försökspersoner (Sehlstedt m fl, opubl). Även subjektiva reaktioner ökade, men preliminära resultat tyder inte på några samband med försämrad lungfunktion eller andra relaterade effekter hos milda astmatiker.

I samband med utlysningarna av nya forskningsmedel från SNAP efterfrågades särskilt studier om bland annat interaktionen mellan gener och miljö. En undersökning som därmed tillkom antyder att en ökad risk för allergisjukdom hos barn som utsatts för längre tids exponering för luftföroreningar från trafiken kan modifieras av genvarianter som kontrollerar det antioxidativa systemet, såsom till exempel GSTP1 (Melén m fl, opubl).

Resultaten av forskningen inom SNAP när det gäller känsliga grupper kan sammanfattas med:

- Personer med hjärtkärl- och lungsjukdomar drabbas lättare av hälsoproblem i samband med dagar då luftföroreningshalterna är förhöjda i Sverige.
- Dieselavgaser påverkar luftvägarna särskilt mycket hos astmatiker och personer med kronisk obstruktiv lungsjukdom.
- Risken att svenska barn drabbas av allergi efter längre tids exponering för luftföroreningar från trafiken kan påverkas av genupsättningen.

### **Biologiska mekanismer**

Ett viktigt syfte med programmet var att undersöka olika biologiska mekanismer bakom sambandet mellan exponering för luftföroreningar och olika hälsoeffekter. Flera av programmets delstudier har direkt eller indirekt haft som målsättning att utforska vilka mekanismer som kan ligga bakom dessa samband.

Partiklar från vedeldningsrök vid  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  tycks kunna påverka inflammation, koagulation och möjligen lipidperoxidation (Barregård m fl 2006, Sällsten m fl 2006). Dessa faktorer kan vara involverade i mekanismerna för hur partikulära luftföroreningar påverkar kardiovaskulär sjuklighet och dödlighet. En annan studie tyder på att aerosolpartiklar från vedrök inte deponeras till så stor del i luftvägarna, vilket troligen är beroende av de storleks- och hygroskopiska egenskaperna hos partiklarna (Swietlicki m fl, opubl).

Forskning inom SNAP tyder på att luftföroreningar ökar risken för störningar i hjärtats elektrofysiologiska retledningssystem, vilket kan vara en viktig mekanism bakom sambandet mellan luftföroreningsexponering och ökad risk för död i hjärtkärlsjukdom (Ljungman m fl, opubl).

Toxikologiska studier inom SNAP tyder på att partiklar från vägdamm orsakar DNA-skador, bland annat genom att kolväten och oxidativa ämnen formar DNA-addukter (Karlsson m fl 2004). Partiklar från tunnelbanan tycks vara mer skadliga för DNA än partiklar från vägdamm (Karlsson m fl 2005). Oxidativ stress tycks vara en viktig mekanism för partiklars påverkan på mänskliga celler.

Forskning inom SNAP antyder att dieselavgaser försämrar immunförsvaret och kan leda till inflammation i luftvägarna (Stenfors m fl 2004, Behndig m fl 2006). Dessa effekter kan vara värre om man redan utsatts för andra luftföroreningar som till exempel ozon samt för redan känsliga personer med luftvägssjukdomar som KOL och astma.

Den samlade bilden av forskningen om biologiska mekanismer inom SNAP visar att:

- Både dieselavgaser och vedrökspartiklar kan leda till inflammatoriska effekter.
- Luftföroreningar i svenska storstäder kan påverka hjärtats elektriska retledningsförmåga, vilket kan orsaka plötslig hjärtdöd.

## Slutrapport från SNAP

- Partikulära luftföroreningar kan orsaka DNA-skador och partiklar från tunnelbanan kan vara mer skadliga för arvsmassan än partiklar från vägar.

### **Kommunikation, integration, bemanning och avrapportering**

Två av programmets delmål handlade om att kommunicera forskningsresultaten från programmet och förbättra integrationen mellan svenska forskare. Dessa mål var att:

- Producera, förmedla och kommunicera data
- Främja samarbete och integration mellan svenska forskargrupper

För att kunna leva upp till det övergripande syftet att producera forskning om hälsorisker med luftföroreningar är det särskilt viktigt att kunna ge stöd till doktorander och forskarutbildning. Antalet doktorander som medverkat i programmet har varit cirka 30 stycken och hittills har sju avhandlingar helt eller delvis baserats på projekt med stöd från SNAP. Utöver dessa har ytterligare omkring ett sextiototal forskningsassistenter och forskare varit involverade i SNAP. Det finns olika bibliometriska sätt att mäta resultat och framgång inom forskarvärlden, där ett av måtten är att ange antalet vetenskapliga publikationer. När denna rapport skrevs fanns det 38 publicerade eller accepterade vetenskapliga publikationer från SNAP. En lista över dessa kan hittas på [www.snap.se/publikationer.htm](http://www.snap.se/publikationer.htm).

Forskningen inom SNAP har presenterats dels på vetenskapliga konferenser både i Sverige och utomlands, dels på nationella möten, i olika rapporter och genom massmedia. Av samtliga 27 SNAP-projekt hade vid programmets avslutning 17 (63%) presenterats muntligt på någon internationell konferens, 20 (74%) på en nationell konferens, 21 (78%) inom arbetsplatsen och 8 (30%) i massmedia. Sexton (59%) projekt hade publicerat sina resultat i vetenskaplig tidskrift, medan 10 projekt (37%) blivit publicerade som svensk eller internationell annan rapport, åtta (30%) i annan facklitterär form och åtta (30%) har rapporterats i dagspressen. En viktig del av programmets informationsverksamhet har skett genom hemsidan ([www.snap.se](http://www.snap.se)).

Samarbetet mellan luftföroreningsforskare inom Sverige har utvecklats starkt under programmets genomförande. Flera nya forskargrupper har integrerats sedan programmets startades, vilket är ett viktigt resultat av de båda utlysningarna av nya forskningsmedel inom SNAP. Förutom två nya universitet (Umeå och Stockholm), har även nya forskargrupper inom redan befintliga deltagarorganisationer införlivats, till exempel inom Karolinska Institutet (Möller, Alfredsson), Umeå Universitet (Forsberg) och Lunds Universitet (Swietlicki). Dessutom har personer inom andra forskningsnätverk med inriktning mot luftföroreningar involverats i styrgruppen för SNAP, till exempel BHM, Nätverket och EMFO. Ett närmare samarbete mellan svenska luftforskare har även åstadkommit genom interaktionen mellan programmets enskilda forskningsprojekt och särskilt i samband med utlysningarna av nya forskningsmedel från programmet, då flera aktiva forskargrupper inom SNAP gått samman för att söka till gemensamma nya projekt. På så sätt har dubbelarbete genom snarlika ansökningar kunnat undvikas, samtidigt som nya kontakter skapats och programmets inriktning kraftigt utvidgats.

I juni 2006 genomfördes en stor avslutande programkonferens i Nobel Forum på Karolinska Institutet. Förutom att programmets viktigaste forskningsresultat presenterades höll även internationella inbjudna nyckelpersoner inom luftföroreningsforskningen föredrag. Därmed framkom flera viktiga nyheter från den internationella forskningsfronten som tillsammans med slutsatserna från programmets forskning har beaktats i denna slutrapport.

## Vetenskapliga publikationer med anknytning till SNAP

Aalto P, Hameri K, Paatero P, Kulmala M, Bellander T, Berglund N, Bouso L, Castano-Vinyals G, Sunyer J, Cattani G, Marconi A, Cyrus J, von Klot S, Peters A, Zetzsche K, Lanki T, Pekkanen J, Nyberg F, Sjobvall B, Forastiere F. Aerosol particle number concentration measurements in five European cities using TSI-3022 condensation particle counter over a three-year period during health effects of air pollution on susceptible subpopulations. *J Air Waste Manag Assoc.* 2005 Aug;55(8):1064-76.

Barregard L, Sällsten G, Gustafson P, Johansson L, Basu S, Andersson L, Stigendal L. Experimental exposure to wood smoke particles in healthy humans: effects on markers of inflammation, coagulation and lipid peroxidation. *Inhalation Toxicology* 2006;18:845-853.

Behndig AF, Ian S Mudway IS, Brown JL, Stenfors N, Helleday R, Duggan ST, Wilson SJ, Boman C, Cassee FR, Frew AJ, Kelly FJ, Sandström T, Blomberg A. Airway Antioxidant And Inflammatory Responses To Diesel Exhaust Exposure In Healthy Humans. *Eur Respir J*, 2006 Feb;27(2):359-65.

Forastiere F, Stafoggia M, Picciotto S, Bellander T, D'Ippoliti D, Lanki T, von Klot S, Nyberg F, Paatero P, Peters A, Pekkanen J, Sunyer J, Perucci CA. A case-crossover analysis of out-of-hospital coronary deaths and air pollution in Rome, Italy. *Am J Respir Crit Care Med.* 2005 Dec 15;172(12):1549-55.

Forsberg B and Sjöberg, K. Quantification of deaths attributed to air pollution in Sweden using estimated population exposure to nitrogen dioxide as indicator, IVL Report B 1648, 2005.

Forsberg B, Hansson HC, Johansson C, Areskoug H, Persson K, Järvholm B. Comparative health impact assessment of local and regional particulate air pollutants in Scandinavia, *Ambio* 2005;34:11-19.

Forsberg B, Johansson C, Hansson HC. Assessing mortality effects of PM from local traffic emissions. 2005(a) Submitted.

Gehring U, Leaderer BP, Heinrich J, Oldenwening M, Giovannangelo ME, Nordling E, Merkel G, Hoek G, Bellander T, Brunekreef B. Comparison of parental reports of smoking and residential air nicotine concentrations in children. *Occup Environ Med.* 2006 Aug 15.

Gidhagen L. Emissions, dynamics and dispersion of particles in polluted air. PhD Thesis, 2004, Department of Meteorology, Stockholm university, 106 91 Stockholm, Sweden, ISBN 91-7265-808-8, pp 1-40.

Gidhagen, L., C. Johansson, G. Omstedt, J. Langner and G. Olivares, 2004. Model simulations of NO<sub>x</sub> and ultrafine particles close to a Swedish highway. *Environmental Science & Technology*, 38, 6730-6740.

Gidhagen, L., Johansson, C., J. Langner and V. Foltescu, 2005. Urban scale modeling of particle number concentration in Stockholm. *Atmospheric Environment*, 39, 1711-1725.

Gidhagen, L., Johansson, C., Langner, J. & Olivares, G., 2003. Simulation of NO<sub>x</sub> and Ultrafine Particles in a Street Canyon in Stockholm, Sweden. *Atmospheric Environment*, 38, 2029-2044.

Gidhagen, L., Johansson, C., Langner, J. & Olivares, G., 2003. Simulation of NO<sub>x</sub> and Ultrafine Particles in a Street Canyon in Stockholm, Sweden. *Atmospheric Environment*, 38, 2029-2044.

## Slutrapport från SNAP

- Gidhagen, L., Johansson, C., Ström, J., Kristensson, A., Swietlicki, E., and Pirjola, L., 2003. Model simulation of ultrafine particles inside a road tunnel. *Atmospheric Environment*, 37, 2023-2036.
- Giovannangelo M, Gehring U, Nordling E, Oldenwening M, de Wind S, Bellander T, Almqvist C, Heinrich J, Hoek G, Brunekreef B. Childhood cat allergen exposure in three European countries: The AIRALLERG study. *Sci Total Environ*. 2006 Oct 1;369(1-3):82-90.
- Giovannangelo M, Nordling E, Gehring U, Oldenwening M, Bellander T, Heinrich J, Hoek G, Brunekreef B. Variation of biocontaminant levels within and between homes - the AIRALLERG study. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2006 Apr 5;
- Giovannangelo ME, Gehring U, Nordling E, Oldenwening M, van Rijswijk K, de Wind S, Hoek G, Heinrich J, Bellander T, Brunekreef B. Levels and determinants of beta(1-->3)-glucans and fungal extracellular polysaccharides in house dust of (pre-)schoolchildren in three European countries. *Environ Int*. 2006 Jul 18.
- Gustafson P, Barregard L, Strandberg B, Sällsten G. The impact of domestic wood burning on personal, indoor and outdoor levels of 1,3-butadiene, benzene, formaldehyde and acetaldehyde (submitted 2006).
- Johannesson S, Gustafson P, Molnár P, Barregard L, Sällsten G. Exposure to fine particles (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub>) and black smoke in the general population: personal, indoor and outdoor levels (submitted 2006)
- Johannesson S, Gustafson P, Molnár P, Barregard L, Sällsten G. Exposure to fine particles close to a Swedish highway. *Environmental Science & Technology*, 38, 6730-6740.
- Johansson, C., Norman, M. & Gidhagen, L., 2006. Spatial & temporal variations of PM<sub>10</sub> and particle number concentrations in urban air. *Environmental Monitoring and Assessment*, DOI - 10.1007/s10661-006-9296-4.
- Karlsson HL, Nilsson L, Möller L. Subway particles are more genotoxic than street particles and induce oxidative stress in cultured human lung cells. *Chem Res Toxicol*. 2005 Jan;18(1):19-23.
- Karlsson HL, Nygren J, Möller L. Genotoxicity of airborne particulate matter: the role of cell-particle interaction and of substances with adduct-forming and oxidizing capacity. *Mutat Res*. 2004 Dec 31;565(1):1-10.
- Mårtensson, E.M., Nilsson, E. D., Buzorius, G., Johansson, C. 2006. Eddy correlation measurements and parameterisation of particle emissions in an urban environment, 2006 *Atmos. Chem. Phys.* pages:769-785 DOI:1680-7324/acp/2006-6-769.
- Molnár P, Bellander T, Sällsten G, Boman J. Indoor and outdoor concentrations of PM<sub>2.5</sub> trace elements at homes, preschools and schools in Stockholm, Sweden (submitted 2006).
- Molnár P, Gustafsson P, Johannesson S, Barregård L, Boman J, Sällsten G. Domestic wood burning and PM<sub>2.5</sub> trace elements: Personal exposures, indoor and outdoor levels. *Atmospheric Environment*, 2005, 39, 2643-2653.
- Molnár P, Johannesson S, Boman J, Barregård L, Sällsten G. Personal exposures and indoor, residential outdoor and urban background levels of fine particle trace elements in the general population. *J Environ Monit* 2006, 8, 543 – 551.
- Norman, M. & Johansson, C., 2006. Studies of some measures to reduce road dust emissions from paved roads in Scandinavia. *Atmospheric Environment*, 40, 6154-6164.

## Slutrapport från SNAP

- Olivares, G., Johansson, C., Ström, J., The role of ambient temperature for particle number concentrations in a street canyon. *Atmospheric Environment*, 2006, in press.
- Omstedt, G., Johansson, C., & Bringfelt, B., 2005. A model for induced non-tailpipe emissions of particles along Swedish roads. *Atmospheric Environment*, 39, 6088-6097.
- Sällsten G, Gustafson P, Johansson L, Johannesson S, Molnár P, Strandberg b, Tullin C, Barregård L. Human experimental wood smoke exposure. *Inhal Toxicol* 2006;18:855-864.
- Sjöberg K, Haeger-Eugensson M, Liljeberg M, Blomgren H, Forsberg B. Quantification of general population exposure to nitrogen dioxide in Sweden, IVL Report B 1579, 2004.
- Stenfors N, Nordenhall C, Salvi SS, Mudway I, Söderberg M, Blomberg A, Helleday R, Levin JO, Holgate ST, Kelly FJ, Frew AJ, Sandström T. Different airway inflammatory responses in asthmatic and healthy humans exposed to diesel. *Eur Respir J*. 2004 Jan;23(1):82-6.
- Strandberg B, Sunesson A- L, Olsson K, Levin J- O, Ljungkvist G, Sundgren M, Sällsten G, Barregård L. Evaluation of two types of diffusive samplers and adsorbents for measuring 1,3-butadiene and benzene in air. *Atmospheric Environment* 2005;39:4101-4110.
- Strandberg B, Sunesson A-L, Sundgren M, Levin J-O, Sällsten G, Barregård L. Field evaluation of two diffusive samplers and two adsorbent media to determine 1,3 butadiene and benzene levels in air *Atmospheric Environ* 2006 (in press) Rosenlund M, Berglind N, Pershagen G, Hallqvist J, Jonsson T, Bellander T. Long-term Exposure to Urban Air Pollution and Myocardial Infarction. *Epidemiology* 2006 Jul;17(4):383-90.
- von Klot S, Peters A, Aalto P, et al. Health Effects of Particles on Susceptible Subpopulations (HEAPSS) Study Group. Ambient air pollution is associated with increased risk of hospital cardiac readmissions of myocardial infarction survivors in five European cities. *Circulation*. 2005 Nov 15;112(20):3073-9.
- Wichmann J, Nilsson M A-M, Bellander T. Indoor and outdoor concentrations of PM2.5, soot and NO2 at homes, pre-schools and schools in Stockholm, Sweden (Manuscript)

## Bilaga 1. Kort beskrivning av projekt som ingår i SNAP.

Tabell över SNAP-projekt. Projekt 1-14 ingick från starten, medan projekt 15-19 tillkom i samband med den första utlysningen av projektmedel och 20-27 efter den andra utlysningen.

No	Projekttitel	Projektbeskrivning
1.	AIRALLERG	Effekter av luftföroreningar utomhus och inomhus på utvecklingen av allergisk sjukdom hos barn.
2.	PASTA	Partiklar i stadsmiljö — utsläpp, spridning och hälsoeffektskattningar med dos- respons samband.
3.	VEDLUFT	Exponering för cancerframkallande luftföroreningar från småskalig vedeldning.
4.	BUTADIEN	Mätmetod för individers exponering för 1,3-butadien.
5.	PM2,5	Personlig exponering för små partiklar.
6.	INNE/UTE	Luftkvalité i små barns inomhusmiljö. En undersökning av utifrån kommande luftföroreningar bostäder och daghem.
7.	LEAP	Långtidsexponering för luftföroreningar och hjärtinfarkt.
8.	KOHORT	Svensk retrospektiv kohort för studium av luftföroreningar – studie av förutsättningar.
9.	SENSI	Akuta hälsoeffekter av luftföroreningar i känsliga grupper.
10.	HEAPSS	Hälsoeffekter av luftföroreningar i befolkningsgrupper med ökad känslighet – traditionella luftföroreningar, ultrafina partiklar och hjärtinfarkt.
11.	ALVA	Luftföroreningar och livshotande kammararytmier
12.	SALUT II	Stockholms akut effekt studie av exponering för bilavgaser i en vägtunnel.
13.	GIS-VERKTYG	Utveckling av verktyg för kvantifiering av exponering och risk avseende luftföroreningar.
14.	DATORMODELL	Utveckling av en modell för kvantifiering av befolkningens exponering för luftföroreningar i Sverige.
15.	ONSET	Luftföroreningar som trigger för hjärtinfarkt - vikten av gen-miljöinteraktioner.
16.	GENBAMSE	Luftföroreningar och allergisk sjukdom - vikten av gen-miljöinteraktioner.
17.	DIESEL	Luftvägs- och hjärtkärleffekter vid dieselexponering av personer med KOL (kronisk obstruktiv lungsjukdom).
18.	WOODPART	Akuta effekter av vedeldningsrök - en experimentell studie av verklighetsanpassad exponering.
19.	UPPTAG	Är det en skillnad i upptag av ultrafina partiklar efter exponering för luftföroreningar, hos friska personer, astmatiker och rökare?
20.	VEDRÖK	Hälsoeffekter orsakade av exponering för vedrök och deponering av partiklar i andningsvägarna.
21.	EXPOSE	Att skatta exponering – jämförelse mellan mätningar och beräkningar baserade på spridningsmodellering.
22.	FALKONAIR	En registerbaserad fall-kontrollstudie av långtidsexponering för luftföroreningar och hjärtinfarkt.
23.	LUNGPERM	Lungpermeabilitet, deposition och distribution av 30 nm förbränningspartiklar hos friska och astmatiker.
24.	ECRHS II	Luftföroreningsexponering och astma i en stor europeisk kohortstudie.
25.	LUFTVÄGSCELL	Inflammatorisk och genotoxisk potential i humana luftvägsceller av tätortspartiklar - en relativ riskjämförelse.
26.	SCANIA	Exponering för luftföroreningar och hälsoeffekter – en fallstudie i Scania, Skåne.
27.	HLEFFEKTER	Hjärtkärl- och luftvägseffekter av experimentell exponering för oxidativ och partikulär luftförorening.