



PAH i Stockholm – Källor och effekter

Slutrapport

RTK dnr: 200304-154

Sakredovisning

Bidragsmottagare:

Stockholms stad, miljöförvaltningen

Kontaktperson

Arne Jonsson
Avd för Miljöövervakning
Miljöförvaltningen
Box 38024
10064 Stockholm
tfn 08-508 289 39
arne.jonsson@miljo.stockholm.se

Rapporter framtagna inom projektet:

Gustafsson, Ö., Mandalakis, M., Unger, M. och Gustavsson, H.: Kol-14 datering av sot och PAH i Stockholms sediment: en pilotstudie. Institutet för tillämpad miljöforskning, Stockholms universitet. 2004.

Hansson T., Åkerman, G., Tjärnlund, U., Grunder, K. och Balk, L.: Undersökning av källor med avseende på biologisk effekt. Institutet för tillämpad miljöforskning, Stockholms universitet. 2004.

Möller, L. och Eriksson, H.: Pilotstudie av tätortspartiklar. Centrum för nutrition och toxikologi, Karolinska Institutet. 2004.

Vetenskapliga artiklar publicerade inom projektet:

Mandalakis, M., Gustafsson, Ö., Reddy, C. and Xu, L.: Radiocarbon Apportionment of Fossil versus Biofuel Combustion Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Stockholm Metropolitan Area. Environmental Science and Technology 38: 5344-5349, 2004.

Karlsson, H.L., Nilsson, L., Möller, L.: Subway Particles Are More Genotoxic than Street Particles and Induce Oxidative Stress in Cultured Human Lung Cells. Chemical Research in Toxicology 18: 19-23, 2005.

BAKGRUND

Polycykliska aromatiska kolväten (PAH) är en grupp ämnen som omfattar hundratals olika föreningar, vilka alla består av tre eller flera sammanfogade aromatiska kolväteeringar. De flesta bildas vid ofullständig förbränning av organiskt material, men PAH finns också i så kallade högaromatiska oljor som används som mjukgörare i däck, och i kreosot och stenkolstjära. PAH förekommer ofta i förorenade mark- och sedimentområden. Flera PAH är mycket cancerframkallande. På den lista som finns i EG:s vattendirektiv (2000/60/EG bil. X) finns PAH med som ”prioriterat farligt ämne”, vilket innebär att utsläpp och spill ska upphöra eller stegvis elimineras före 2021.

Miljö- och hälsoskyddsnämnden gav i augusti 2002 miljöförvaltningen i uppdrag att redovisa förutsättningarna för framtagandet av en strategi för att minska utsläppen av polycykliska aromatiska ämnen. Bakgrunden var två rapporter som visade på dessa ämnens betydelse för giftigheten hos sediment i centrala Stockholm, och pekade ut trafikrelaterade källor som huvudansvariga för deras förekomst.

SYFTE

För att ta fram ytterligare kunskapsunderlag för detta arbete har miljöförvaltningen genomfört ett projekt med finansiering dels ur de egna anslagen för uppföljning av miljöprogrammet, dels med medel ur Stockholms Läns Landstings Miljöanslag. Projektet har haft följande målsättning (ur ansökan till SLL):

”Den övergripande målsättningen med projektet är att ta fram underlag för åtgärder syftande till att nå upp till vattendirektivets mål om att utsläpp och spill av PAH ska upphöra, och till att begränsa luftföroreningars påverkan på människors hälsa.

För att kunna angripa PAH-problemet på ett relevant vis krävs således fördjupade kunskaper på en rad områden, t ex:

- *Vilka är de dominerande källorna till PAH i vatten- och luftmiljön i och runt Stockholm?*
- *I vilken utsträckning kan luftburna PAH-innehållande partiklar ligga bakom skador på människors hälsa som orsakas av luftföroreningar?*
- *Hur skiljer sig olika källor åt med avseende på toxisk potens, PAHernas biotillgänglighet etc.?”*

RESULTAT

Avdelningen för miljöövervakning använder den av Europeiska Miljöbyrån presenterade DPSIR-modellen (Drivers/Drivkrafter, Pressure/Belastning, State/Miljötilstånd, Impact/Effekter, Responses/Åtgärder) för att beskriva sambanden mellan orsak och verkan för miljöproblem. I termer av DPSIR-modellen kan den första frågan sägas handla om D och P, medan de båda andra har bäring på olika aspekter av I. Tillståndet, S, har vi förhållandevis god kunskap om sedan tidigare. R är de slutsatser om nödvändiga åtgärder som kan dras ur den samlade kunskapen och som presenteras sist i föreliggande rapport.

Drivkrafter, Belastning

Tidigare studier har identifierat både vedeldning (ex Holmgren 1999) och fossila, trafikrelaterade källor (Hellebuyck, 2002) som de viktigaste källorna till PAH i stockholmsmiljön. De resultat som nu presenteras av Gustafsson m.fl. tyder på att PAHerna i vattenmiljön kommer från förbränning, huvudsakligen av fossila bränslen. Ändå kommer en inte försumbar mängd från icke-fossila bränslen. Närmast centrala Stockholm, i provpunkten Slussen kan även däckslitage vara en betydande källa, framför allt av reten.

Vad gäller PAH i luften kan man för innerstaden förklara större delen av förekomsten med fordonsavgaser. I ytterområdena bidrar individuell uppvärmning med en större del. Bakgrundsbidraget utgör mellan 25 och 35 procent av den totala halten (Johansson m fl, 2001: Monitor luft, Rapport 2000).

Baserat på uppgifter ur emissionsdatabasen har Peter Sundkvist (2004) beräknat olika källors bidrag till de totala PAH-emissionerna i Stockholm. Han kommer fram till att småskalig uppvärmning (inklusive vedeldning) står för 57 % och vägtrafiken för 39 %. Resterande fyra procent fördelas på industri- och energianläggningar, panncentraler och sjöfart. Dock påpekas att vedeldningens bidrag som ingår i posten småskalig uppvärmning sannolikt är överskattat.

Källor till PAH i Stockholm verkar inte vara en enkel fråga. Man kan göra en uppdelning där olika källor har olika betydelse i olika miljöer:

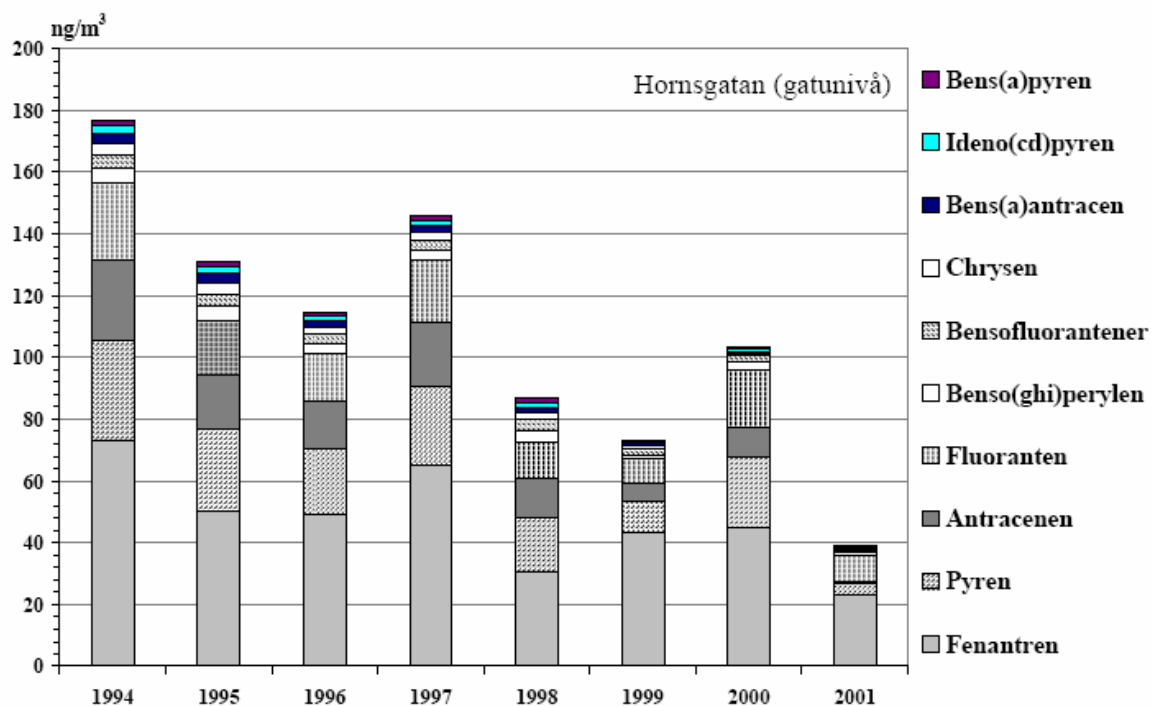
	Centralt	Perifert
Vatten	Fordonsavgaser Däckslitage	Fordonsavgaser Småskalig biomassaförbränning
Luft	Fordonsavgaser	Fordonsavgaser Småskalig biomassaförbränning

Asfaltslitage verkar inte vara en så betydande källa. Inte heller spridning från förorenade områden.

Miljötilståndet

Luft

PAH-halter i luft mäts på två platser i staden – i gatunivå på Hornsgatan sedan 1994 och i taknivå på Rosenlundsgatan sedan 1999. Halterna i gatunivå är cirka 3-4 ggr högre än i taknivå, och båda mätserierna visar på minskade halter, sannolikt beroende på ökad användning av katalysatorer och renare bränsle (figur 1). Fortfarande är dock halterna i gatunivå höga (Luften i Stockholm – Årsrapport 2003).



Figur 1: Summan av 10 st PAH-ämnen i både gas- och partikelfas i gatunivå på Hornsgatan. Från Luften i Stockholm – Årsrapport 2003.

Vatten

IVL Svenska Miljöinstitutet har på Miljöförvaltningens uppdrag genomfört sedimentundersökningar i Stockholm 1997 och 2002 (Östlund m.fl. 1998; Sternbeck 2000, Sternbeck m.fl. 2003 och Rahmberg m.fl. 2004). Man fann att cirka 80 % av sedimentproven i Saltsjön och Mälaren hade *höga* eller *mycket höga* halter av PAH, medan halterna i småsjöarna med några undantag var *låga*. Vid jämförelse med djupare liggande, äldre sediment hade de nyare något lägre halter, men det syntes ingen signifikant förändring mellan de två undersökningstillfällena.

I den senare undersökningen bedömdes även risken för biologiska effekter av de undersökta ämnena. Större PAHer (4-6 ringar) placerade sig där i topp i både Saltsjön, Mälaren och småsjöarna, med halter mer än 100 gånger över dem där effekter kan börja uppträda. Lättare PAH-föreningar (2-3 ringar) följde strax efter. Man konstaterar att det finns tecken som tyder på att sot i sediment kan göra PAH mindre biotillgängligt, men menar att halterna är så höga att de utgör en risk även om så är fallet.

Den geografiska fördelningen visar allmänt på stigande halter i ordningen småsjöar < Mälaren < Saltsjön. Studier med sedimentfällor av Broman m.fl (1988) visar att halterna sedan minskar relativt snabbt genom skärgården.

Effekter

Tidigare studier har visat att polyaromatiska föreningar står för huvuddelen av den toxiska potensen hos sediment från Stockholm, mätt som EROD-induktion hos fisk (Åkerman m.fl. 2002). Den nu genomförda studien av Hansson m.fl. har på motsvarande sätt undersökt olika källmatriser med avseende på toxisk potens. Resultaten visar att luftpartiklar från Hornsgatan ligger högt både vad gäller toxisk potens (räknat per gram partiklar) och PAH-koncentration. Partiklar från vedförbränning och däckslitage ligger högt vad gäller toxicitet, men lite lägre på PAH-innehåll. Det förklaras av att bara en del av de polyaromatiska föreningarna har analyserats, och toxiciteten är inte nödvändigtvis relaterad till just dem. Däremot är det i dessa

provmatriser – däck, Hornsgatan-partiklar och vedrök – som de polyaromatiska föreningarna står för störst andel av den uppmätta toxiciteten – 84-94 %.

Det verkar således som att toxiciteten inte är direkt kopplad till innehållet av de analyserade PAHerna, utan att det är andra föreningar som står för den. Det gör också att det är svårt att säga vilka källor som är mest betydelsefulla för den i sedimenten observerade toxiciteten, så länge vi inte har kunskap om flöden av de olika matriserna.

De humantoxikologiska studier som har genomförts av Lennart Möller m.fl. visar att partiklar från stadsmiljö orsakar genskador i form av strängbrott (den ena eller båda DNA-kedjorna går av), oxidationsskador (DNA-baserna oxideras) och addukter (främmande molekyldelar byggs in på DNA). Att döma av de försök som har gjorts i detta projekt bidrar olika ämnen till olika typer av skador. Metaller och PAH-er som är adsorberade på partiklarna bidrar, men även tvättade partiklar orsakar skada. Partiklar från Hornsgatan uppvisade DNA-skadande förmåga. Detsamma gällde för partiklar från däckslitage och från vedförbränning.

SLUTSATSER - ÅTGÄRDER

Det övergripande syftet med projektet har varit att ta fram förslag på åtgärder som skulle bidra till att minska belastningen av polycykliska aromatiska ämnen på stockholmsmiljön och utanför liggande områden. En viktig drivkraft i detta arbete är de av länsstyrelsen föreslagna åtgärderna för att klara miljö kvalitetsnormerna för kvävedioxid och partiklar (PM10). Många av dessa åtgärder kommer, om de genomförs, att bidra även till minskade utsläpp av PAH. Det är ännu inte klart exakt vilka åtgärder som blir genomförda även om regeringen nyligen (januari 2005) fastställt vissa delar av åtgärdsförslaget. Idag finns inga miljö kvalitetsnormer för PAH. Däremot finns förslag till EU-direktiv, men nivåerna är höga och klaras redan idag. Baserat på den information som framkommit tillsammans med tidigare kunskap framstår följande åtgärder som mest angelägna ur PAH synvinkel:

- Fortsätt minska utsläppen från vägtrafiken. Åtgärdsprogrammet mot kvävedioxid pekar på behovet av såväl renare fordon som minskad trafikbelastning. Genom användandet av katalysatorer och miljödiesel har utsläppen minskats, men vidare åtgärder är fortsatt angelägna. *Trängselavgifterna* kan sannolikt bidra. Katalysatorer bidrar till att personbilar blir allt renare, men fortfarande finns många bilar som saknar katalysator. Då den tunga trafikens bidrag har minskat genom miljödielels genomslag har dessa katalysatorlösa bilars bidrag blivit mer betydande. Även införandet av *miljözonen* har minskat utsläppen från den tunga trafiken, och åtgärdsprogrammet mot kvävedioxid talar om att ställa krav på att miljözonen endast får trafikeras av personbilar som har katalysator. Man talar också om en översyn av *parkeringspolitiken*, till exempel en skarpare tillämpning av förmånsbeskattningen av fria parkeringsplatser vid arbetsplatsen, och om en utbyggd *kollektivtrafik*. Samtliga dessa åtgärder skulle ha positiv effekt även på PAH-situationen i staden.
- Öka användningen av HA-fria däck. Staden har en antagen *policy att alla däck som används ska vara HA-fria* (KF 2003-03-17 §23; dnr 332-242/2001). Vad som behövs är ett offensivt arbete för att förmå även verksamhetsutövare och allmänhet att välja HA-fritt. Detta kan delvis uppnås genom *projektet Miljöanpassad upphandling*, som arbetar med miljökrav vid upphandling av bland annat transporttjänster.
- Minimera utsläppen från enskild biobränningsförbränning. Staden bör verka för att de villaägare som ersätter sin olje- eller elbaserade uppvärmning väljer moderna ved- eller pellets pannor med bästa tillgängliga miljöegenskaper. Ur ett bredare perspektiv är sannolikt pellets många gånger att föredra, tack vare användarvänlighet, stabil

förbränning, automatiserad bränslehantering etc. Detta kan göras inom ramen för stadens *energirådgivning*.

- Uppmuntra och underlätta användningen av alkylatbensin för tvåtaktsmotorer, i första hand genom att öka tillgängligheten. Denna källa har visserligen inte studerats i detta projekt, men sedan tidigare är det känt att tvåtaktsmotorer i fritidsbåtar sprider stora mängder PAH'er rakt ut i vattnet, och att användning av alkylatbensin minskar dessa utsläpp med upp till 90 % (Tjärnlund m fl, 2002, Projekt Grön Kemi). Där tvåtaktsbränsle används i stadens egna verksamheter borde det vara självklart att alkylatbensin används. Inom *projektet Miljöanpassad upphandling* kommer man att arbeta med att undersöka i vilken utsträckning tvåtaktsbränsle används av staden, och verka för en förändring där det behövs och är möjligt.
- Försiktighet vid användning av uttjänta bildäck. Kasserade bildäck är en avfallsfraktion som under senare år har tilldragit sig intresse för återvinning från olika håll. Detta gäller till exempel användning i lågbullrande vägbeläggning och i konstgräs och som underlag på lekytor. Med tanke på däckens innehåll av PAH (och andra miljö- och hälsostörande ämnen) krävs dock stor försiktighet och restriktivitet så att de inte används på ett sätt som innebär att dessa ämnen mobiliseras och blir en risk för människa och miljö. Ur detta perspektiv är det bästa sättet att hantera kasserade däck sannolikt att förbränna dem vid hög temperatur, t ex i samband med cementtillverkning, så att de aromatiska föreningarna bryts ner. Idrottsförvaltningen söker i samarbete med miljöförvaltningen anslag ur stadens miljömiljard för att studera miljö- och hälsorisker förknippade med konstgräsmaterial.
- Beakta PAH-innehåll vid hantering av asfaltmassor. Särskilt äldre vägbeläggningar kan innehålla höga halter PAH och måste därför hanteras med medvetenhet om detta. Vissa asfaltmassor har så höga halter att de ska hanteras som farligt avfall. Det är viktigt att berörda aktörer följer de gränsvärden som finns på området.

Uppdraget från MHN som denna rapport är ett resultat av var att presentera förutsättningarna för en PAH-strategi för Stockholm. Som vi konstaterar ovan rymmer många av de åtgärder som skulle minska belastningen av denna ämnesgrupp inom andra strategier, satsningar och i det löpande arbetet, varför någon speciell strategi inte är motiverad.

VIDARE ARBETE

Resultaten av detta projekt kommer att publiceras på miljöförvaltningens web-sida om materialflöden, <http://www.miljo.stockholm.se/ext/materialfloden/index.htm>

Miljöförvaltningen kommer även fortsättningsvis att prioritera PAH i miljöövervakningen, till exempel i projektet Nya gifter – nya verktyg. Det syftar till att ta fram ytterligare kunskapsunderlag avseende miljögifters ursprung, förekomst och effekter som behövs för ett effektivt och relevant åtgärdsarbete.

Vi kommer också att hålla fortsatt kontakt med de forskare som på olika sätt studerar frågor om PAH i stockholmsmiljön. Till exempel har en grupp vid ITM startat ett projekt som syftar till att modellera spridningen av PAH i olika delar av miljön, med Stockholm som studieobjekt.

De här presenterade resultaten kommer att finnas som ett viktigt kunskapsunderlag i arbetet med det nya miljöprogrammet för Stockholm som inleds under våren.

REFERENSER

- Gustafsson, Ö., Mandalakis, M., Unger, M. och Gustavsson, H.: Kol-14 datering av sot och PAH i Stockholms sediment: en pilotstudie. Institutet för tillämpad miljöforskning, Stockholms universitet. 2004.
- Hansson T., Åkerman, G., Tjärnlund, U., Grunder, K. och Balk, L.: Undersökning av källor med avseende på biologisk effekt. Institutet för tillämpad miljöforskning, Stockholms universitet. 2004.
- Hellebuyck, A.: PAH i sediment i Stockholmsområdet – halter och källor. Miljöförvaltningen, Stockholm. Februari 2002.
- Holmgren, A.: PAH-budget för Stockholm. Stockholm Vatten och Institutet för tillämpad miljöforskning, Stockholms universitet. 1999.
- Luften i Stockholm – Årsrapport 2003. SLB 1:2004 Miljöförvaltningen, Stockholm. Maj 2004
- Möller, L. och Eriksson, H.: Pilotstudie av tätortspartiklar. Centrum för nutrition och toxikologi, Karolinska Institutet. 2004.
- Projekt Grön Kemi. Göteborgsregionens Kommunalförbund, Länsstyrelsen i Västra Götalands Län, Västra Götalandsregionen och Business Region Göteborg.
www.gronkemi.nu
- Sundkvist, P.: Polycykliska aromatiska kolväten i stadsluftkällor – spridning och betydelse för folkhälsan. Examensarbete i miljöskydd och hälsoskydd. Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi, Stockholms universitet, 2004
- Rahmberg, M., Junestedt, C. och Sternbeck, J.: Har belastningen av metaller, PAH eller PCB i Stockholms vattendrag förändrats under perioden 1997-2002? IVL rapport B 1582. Maj 2004.
- Sternbeck, J., Brorström-Lundén, E., Remberger, M., Kaj, L., Palm, A., Junedahl, E. och Cato, I.: WFD Priority substances in sediments from Stockholm and the Svealand coastal region. IVL rapport B 1538. September 2003.
- Tjärnlund, U., Åkerman, G., Grunder, K., Zebühr, Y., Sundberg, H., Broman, D. och Balk, L.: Undersökningar av kondensat bildat i kölvatten från båtar med utombordsmotorer. Institutet för Tillämpad Miljöforskning, Stockholms universitet. 2002.
- Åkerman, G., Tjärnlund, U., Sundberg, H., Zebühr, Y., Broman, D. och Balk, L.: Miljöövervakning i Stockholms kommun Mälaren och Saltsjön – BIOLOGI. Institutet för Tillämpad Miljöforskning, Stockholms universitet. 2002.
- Östlund, P., Sternbeck, J. och Brorström-Lundén, E.: Metaller, PAH, PCB och totalkolväten i sediment runt Stockholm – flöden och halter. IVL rapport B 1297. Maj 1998.

BILAGOR:

1. Gustafsson, Ö., Mandalakis, M., Unger, M. och Gustavsson, H.: Kol-14 datering av sot och PAH i Stockholms sediment: en pilotstudie. Institutet för tillämpad miljöforskning, Stockholms universitet. 2004.
2. Hansson T., Åkerman, G., Tjärnlund, U., Grunder, K. och Balk, L.: Undersökning av källor med avseende på biologisk effekt. Institutet för tillämpad miljöforskning, Stockholms universitet. 2004.

3. Möller, L. och Eriksson, H.: Pilotstudie av tätortspartiklar. Centrum för nutrition och toxikologi, Karolinska Institutet. 2004.
4. Mandalakis, M., Gustafsson, Ö., Reddy, C. and Xu, L: Radiocarbon Apportionment of Fossil versus Biofuel Combustion Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Stockholm Metropolitan Area. *Environmental Science and Technology* 38: 5344-5349, 2004.
5. Karlsson, H.L., Nilsson, L., Möller, L.: Subway Particles Are More Genotoxic than Street Particles and Induce Oxidative Stress in Cultured Human Lung Cells. *Chemical Research in Toxicology* 18: 19-23, 2005.
6. Ekonomisk redovisning.