



Uppdatering och förbättring av beräknade partikel- emissioner till luft i Sverige

Delrapport/Lägesrapport –
NFR 1 A 3 b, Road transportation

Helena Danielsson, IVL

2007-06-17

Avtal nr 309 0702

På uppdrag av Naturvårdsverket

Publicering: www.smed.se

Utgivare: Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut

Adress: 601 76 Norrköping

Startår: 2006

ISSN: 1653-8102

SMED utgör en förkortning för Svenska MiljöEmissionsData, som är ett samarbete mellan IVL, SCB, SLU och SMHI. Samarbetet inom SMED inleddes 2001 med syftet att långsiktigt samla och utveckla den svenska kompetensen inom emissionsstatistik kopplat till åtgärdsarbete inom olika områden, bland annat som ett svar på Naturvårdsverkets behov av expertstöd för Sveriges internationella rapportering avseende utsläpp till luft och vatten, avfall samt farliga ämnen. Målsättningen med SMED-samarbetet är främst att utveckla och driva nationella emissionsdatabaser, och att tillhandahålla olika tjänster relaterade till dessa för nationella, regionala och lokala myndigheter, luft- och vattenvårdsförbund, näringsliv m fl. Mer information finns på SMEDs hemsida www.smed.se.

Innehåll

Innehåll	3
Bakgrund och syfte	4
Metoder	5
Beräkningssätt	5
Submission 2007	5
EMEP/CORINAIR, simple methodology	5
EMEP/CORINAIR, detailed methodology	5
Karvosenoja et al., 2002	6
CEPMEIP	6
RAINS	6
US EPA AP-42	6
Aktivitetsdata och korrigeringsfaktor för dubbdäcksanvändning	6
Resultat och diskussion	8
Referenser	15

Bakgrund och syfte

I den internationella rapportering till CLRTAP ingår att rapportera ej avgasrelaterade partikelemissioner från vägtrafik under NFR-koderna 1 A 3 b vi (Automobile tyre and brake wear) och 1 A 3 b vii (Automobile road abrasion). Enligt EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook skall endast de emissioner som direkt härrör från däck-, broms- och vägslitage rapporteras. De partiklar som uppkommer till följd av återuppvirvling av partiklar på vägbanan skall ej inkluderas.

I den svenska rapporteringen av ej avgasrelaterade partikelemissioner har tidigare ej kunnat separeras med avseende på partiklarnas ursprung utan emissionerna har rapporterats aggregerade under NRF 1 A 3 b vi (Automobile tyre and brake wear). Tidigare rapporteringars beräkningar bygger delvis på resultat från in situ-mätningar av partikelhalter i vägtunnlar i Göteborg (Sternbeck et al., 2001). De framtagna emissionsfaktorerna antas därför även representera en del återuppvirvlade partiklar.

Under 2006 genomfördes en förstudie som syftade till att förbättra Sveriges internationella rapportering av partikelemissioner. Resultatet från denna förstudie visar bland annat att ny och för Sverige relevant information finns tillgänglig som möjliggör att förbättra den svenska rapporteringen av partikelemissioner från slitage av däck, bromsar och vägbeläggning.

Syftet med föreliggande studie har varit att:

- uppdatera beräknade partikelemissioner från slitage av vägbeläggningar, däck och bromsar med hjälp av nya publicerade studier
- fördela emitterade partiklar på koderna 1 A 3 b vi (Automobile tyre and brake wear) och 1 A 3 b vii (Automobile road abrasion).

Metoder

I studien har beräknade ej avgasrelaterade partikelemissioner från vägtrafik enligt nuvarande beräkningssätt (kallad Submission 2007) jämförts med resultat baserade på sex andra beräkningssätt. Den nuvarande metoden, som bygger på tunnelmätningar, inkluderar även återuppvirvlade partiklar från vägbanan och antas därför något överskatta beräknade emissioner. De flesta beräkningssätt som finns beskrivna är anpassade till dubbdäcksfria förhållanden och antas därför ge en underskattning av emissionerna. Resultat presenterade av Gustafsson et al. (submitted; pers. komm) tyder på ett avsevärt högre beläggningsslitage vid användning av dubbdäck som motiverar att en korrigeringsfaktor för dubbdäcksanvändning inkluderas i ett nytt beräkningssätt.

Beräkningssätt

Nedan beskrivs i korthet de beräkningssätt som ingått i jämförelsen.

Submission 2007

- Emissionsfaktor som inkluderar partikelemissioner från vägbeläggning, bromsar och däck.
- EF inkluderar resuspension av vägdamm.
- EF grundar sig på information från:
 - Sternbeck, J., Sjödin, Å., Andréasson, K. 2001. Spridning av metaller från vägtrafik. (tunnelmätningar i Göteborg)
 - Areskoug et al. 2001. Kartläggning av inandningsbara partiklar i svenska tätorter och identifikation av de viktigaste källorna. Delrapport – Kartlägningsprojektet.
- Samma EF för samtliga fordonsslag

EMEP/CORINAIR, simple methodology

- Separata emissionsfaktorer för partikelemissioner från vägbeläggning, bromsar och däck, specificerade på fordonsslag.
- EF grundar sig på information från tillgänglig litteratur
- EF specificerade för fordonslagen personbilar, lätta lastbilar, tunga lastbilar och motorcyklar.
- Hög osäkerhet: -50% - +100%, enl. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 2006

EMEP/CORINAIR, detailed methodology

- Separata emissionsfaktorer för partikelemissioner från vägbeläggning, bromsar och däck, specificerade på fordonsslag.
- EF grundar sig på tillgängliga resultat från experimentella studier
- EF specificerade för fordonslagen personbilar, lätta lastbilar, tunga lastbilar och motorcyklar.
- EF för däck- och bromsslitage med hänsyn tagen till fordonens medelhastighet
- Något lägre osäkerhet jämfört med ”simple methodology”: -50% - +50%, enl. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 2006

Karvosenoja et al., 2002

- Emissionsfaktorer som inkluderar partikelemissioner från vägbeläggning och däck.
- EF inkluderar resuspension av vägdamm.
- Separat emissionsfaktor för partikelemissioner från bromsar.
- EF för tunga lastbilar 10 ggr högre än EF för övriga fordonsslag

CEPMEIP

- Separata emissionsfaktorer för partikelemissioner från vägbeläggning, bromsar och däck.
- EF specificerade för fordonslagen personbilar, lätta lastbilar, tunga lastbilar och motorcyklar.
- EF grundar sig på information från:
 - Berdowski et al. 2001. CEPMEIP database particulate matter 1995. TNO Institute of Environmental Sciences, Energy Research and Process Innovation, Apeldoorn, The Netherlands

RAINS

- Separata emissionsfaktorer för partikelemissioner från vägbeläggning, bromsar och däck.
- EF specificerade för fordonslagen lätta lastbilar, tunga lastbilar och motorcyklar.
- EF grundar sig på information från:
 - Klimont et al. 2002. Modelling Particulate Emissions in Europe. A Framework to Estimate Reduction Potential and Control Costs. IIASA, Interim Report IR-02-076.

US EPA AP-42

- Separata emissionsfaktorer för partikelemissioner från bromsar och däck.
- Emissionsfaktor för diffusa partikelemissioner som inkluderar emissioner från slitage av vägbeläggning, återuppvirvlade partiklar samt avgasrelaterade partikelemissioner
- EF för däckslitage med hänsyn tagen till antal däck.
- EF för bromsslitage ej specificerade med avseende på fordonsslag.

Aktivitetsdata och korrigeringsfaktor för dubbdäcksanvändning

För beräkningarna utnyttjas aktivitetsdata i form av körda fordonskilometrar per fordonsslag och för beräkning enligt EMEP/CORINAIR, detailed methodology, även medelhastigheter per fordonsslag. Samtliga aktivitetsdata är hämtade från ARTEMIS-modellen.

Studier utförda i de nordiska länderna visar tydligt på ett avsevärt ökat vägbaneslitage vid dubbdäcksanvändning (Gustafsson et al., submitted; pers komm., Hussein et al., submitted, Johansson et al., 2005).

Resultat från mätningar gjorda med vägprovningssmaskin presenterade av Gustafsson et al., (submitted) visar på att dubbdäck ger mellan 50 och 100 gånger högre partikelemissioner än friktionsdäck och sommardäck. Även sandning av vägar ökar slitaget av vägbanan genom det som benämns "sandpapperseffekten". Denna effekt är dock av mycket mindre betydelse än dubbdäcksslitage.

För det ökade slitaget på grund av dubbdäcksanvändning har följande antaganden gjorts:

- Dubbdäck används endast på personbilar och lätta lastbilar
- Dubbdäck används under fyra av årets månader
- 70% av körda fordonskilometrar körs av personbilar och lätta lastbilar med dubbdäck

$$4/12 \times 0.70 = 0.23 \quad \text{dvs. ca 20\%}$$

I föreliggande studie har en korrigeringsfaktor för dubbdäcksanvändning på 50 x PM₁₀ använts för 20% av det totala antalet körda fordonskilometrar för personbilar och lätta lastbilar.

Resultat och diskussion

En jämförelse av emissionsfaktorer för beräkning av partikelemissioner från *vägslitage* (Tabell 1) visar att EF för PM₁₀ och PM_{2,5} är i samma storleksordning för beräkningsmetoderna presenterade av EMEP/CORINAIR, CEPMEIP och RAINS. Däremot skiljer sig CEPMEIPs emissionsfaktor för TSP väsentligt och ger ca. 10 - 13 gånger högre TSP-emissioner än övriga tre beräkningsmetoder. CEPMEIP-modellen förutsäger också att inga partiklar mindre än PM_{2,5} produceras.

Tabell 1. Emissionsfaktorer för beräkning av partikelemissioner från vägslitage.

EMEP/CORINAIR, simple methodology	Emissionsfaktorer, partiklar (g/fordonskm) ROAD SURFACE WEAR		
	TSP	PM10	PM2,5
Passenger cars	0.0150	0.0075	0.0041
Light Duty Trucks	0.0150	0.0075	0.0041
Heavy Duty Trucks	0.0760	0.0380	0.0205
Two-wheelers	0.0060	0.0030	0.0016
Particle size distribution			
	1.0000	0.5000	0.2700

EMEP/CORINAIR, detailed methodology	Emissionsfaktorer, partiklar och metaller (g/fordonskm) ROAD SURFACE WEAR		
	TSP	PM10	PM2,5
Passenger cars	0.0150	0.0075	0.0041
Light Duty Trucks	0.0150	0.0075	0.0041
Heavy Duty Trucks	0.0760	0.0380	0.0205
Two-wheelers	0.0060	0.0030	0.0016
Particle size distribution			
	1.0000	0.5000	0.2700

CEPMEIP	Emissionsfaktorer, partiklar (g/fordonskm) ROAD ABRASION		
	TSP	PM10	PM2,5
Passenger cars	0.1450	0.0073	0.0000
Light Duty Trucks	0.1900	0.0095	0.0000
Heavy Duty Trucks	0.7380	0.0269	0.0000
Two-wheelers	0.0730	0.0037	0.0000
Particle size distribution			
	1.0000	0.0500	0.0000

RAINS	Emissionsfaktorer, partiklar (g/fordonskm) ROAD ABRASION		
	TSP	PM10	PM2,5
Passenger cars	0.0150	0.0075	0.0042
Light Duty Trucks	0.0150	0.0075	0.0042
Heavy Duty Trucks	0.0760	0.0380	0.0209
Two-wheelers	0.0060	0.0030	0.0016
Particle size distribution			
	1.0000	0.5000	0.2800

Motsvarande jämförelse av emissionsfaktorer för beräkning av partikelemissioner orsakade av *bromsslitage* presenteras i Tabell 2. Jämförelsen visar att emissionsfaktorerna för PM₁₀ varierar med mellan en faktor 2 (personbilar) och en faktor 16 (motorcyklar). En variation av samma storleksordning kan ses även för TSP och PM_{2,5}. CEPMEIP-modellen förutsäger att samtliga partiklar emitterade på grund av bromsslitage är mindre än PM_{2,5} medan övriga modeller förutsäger en liten del av partiklarna är större än PM₁₀ och att PM_{2,5} utgör mellan ca. 40 och 64% av TSP.

Ur Tabell 3 kan utläsas att en stor variation finns i emissionsfaktorerna för beräkning av TSP-emissioner från *däckslitage* medan skillnaden är betydligt mindre för beräkning av PM₁₀ och PM_{2,5}. De högsta emissionsfaktorerna för TSP har RAINS- och CEPMEIP-modellerna och med CEPMEIP-modellen antas inga PM_{2,5}-partiklar produceras.

Tabell 2. Emissionsfaktorer för beräkning av partikelemissioner från bromsslitage.

EMEP/CORINAIR, simple methodology	Emissionsfaktorer, partiklar och metaller (g/fordonskm) BRAKE WEAR		
	TSP	PM10	PM2,5
Passenger cars	0.0074	0.0073	0.0029
Light Duty Trucks	0.0117	0.0115	0.0046
Heavy Duty Trucks	0.0327	0.0320	0.0127
Two-wheelers	0.0038	0.0037	0.0015
Particle size distribution			
	1.0000	0.9800	0.3900

EMEP/CORINAIR, detailed methodology	Emissionsfaktorer, partiklar och metaller (g/fordonskm) BRAKE WEAR		
	TSP	PM10	PM2,5
Passenger cars	0.0054	0.0054	0.0021
Light Duty Trucks	0.0085	0.0085	0.0033
Heavy Duty Trucks	0.0280	0.0280	0.0109
Two-wheelers	0.0012	0.0012	0.0005
Particle size distribution			
	1.0000	0.9800	0.3900

Karvosenoja et al., 2002	Emissionsfaktorer, partiklar (g/fordonskm) BRAKE WEAR		
	TSP	PM10	PM2,5
Passenger cars	0.0044	0.0036	0.0028
Light Duty Trucks	0.0044	0.0036	0.0028
Heavy Duty Trucks	0.0280	0.0230	0.0170
Two-wheelers	0.0044	0.0036	0.0028
Particle size distribution			
	1.0000	0.8182	0.6364

CEPMEIP	Emissionsfaktorer, partiklar (g/fordonskm) BRAKE WEAR		
	TSP	PM10	PM2,5
Passenger cars	0.0060	0.0060	0.0060
Light Duty Trucks	0.0075	0.0075	0.0075
Heavy Duty Trucks	0.0323	0.0323	0.0323
Two-wheelers	0.0030	0.0030	0.0030
Particle size distribution			
	1.0000	1.0000	1.0000

RAINS	Emissionsfaktorer, partiklar (g/fordonskm) BRAKE WEAR		
	TSP	PM10	PM2,5
Passenger cars	0.0044	0.0036	0.0022
Light Duty Trucks	0.0044	0.0036	0.0022
Heavy Duty Trucks	0.0275	0.0228	0.0071
Two-wheelers	0.0006	0.0005	0.0003
Particle size distribution			
	1.0000	0.8182	0.5000

USEPA AP-42	Emissionsfaktorer, partiklar (g/fordonskm) BRAKE WEAR		
	TSP	PM10	PM2,5
Passenger cars	0.0080	0.0078	0.0033
Light Duty Trucks	0.0080	0.0078	0.0033
Heavy Duty Trucks	0.0080	0.0078	0.0033
Two-wheelers	0.0080	0.0078	0.0033
Particle size distribution			
	1.0000	0.9800	0.4166

Tabell 3. Emissionsfaktorer för beräkning av partikelemissioner från däckslitage.

EMEP/CORINAIR, simple methodology	Emissionsfaktorer, partiklar och metaller (g/fordonskm) TYRE WEAR		
	TSP	PM10	PM2,5
Passenger cars	0.0107	0.0064	0.0045
Light Duty Trucks	0.0168	0.0101	0.0071
Heavy Duty Trucks	0.0450	0.0270	0.0189
Two-wheelers	0.0047	0.0028	0.0020
Particle size distribution			
	1.0000	0.6000	0.4200

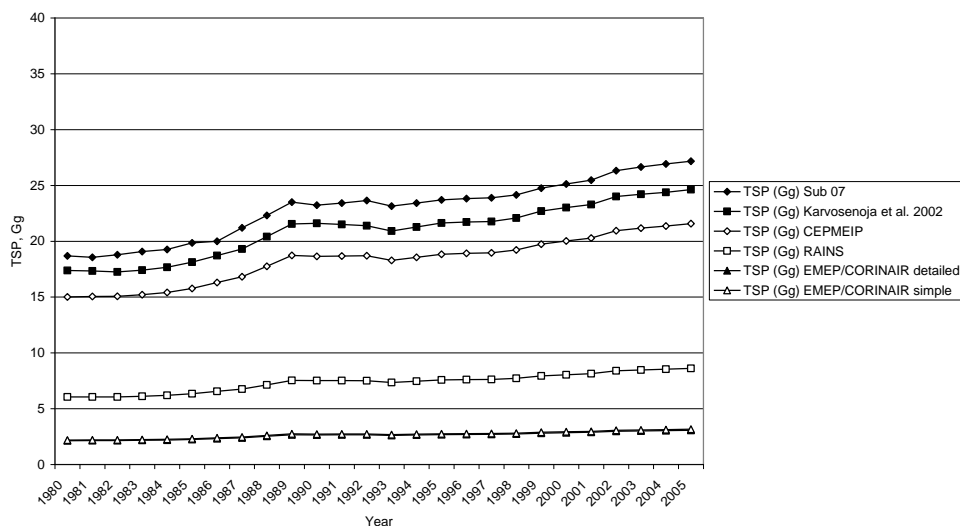
EMEP/CORINAIR, detailed methodology	Emissionsfaktorer, partiklar och metaller (g/fordonskm) TYRE WEAR		
	TSP	PM10	PM2,5
Passenger cars	0.0112	0.0067	0.0047
Light Duty Trucks	0.0177	0.0106	0.0074
Heavy Duty Trucks	0.0538	0.0323	0.0226
Two-wheelers	0.0042	0.0025	0.0017
Particle size distribution			
	1.0000	0.6000	0.4200

CEPMEIP	Emissionsfaktorer, partiklar (g/fordonskm) TYRE WEAR		
	TSP	PM10	PM2,5
Passenger cars	0.0690	0.0035	0.0000
Light Duty Trucks	0.0900	0.0045	0.0000
Heavy Duty Trucks	0.3713	0.0186	0.0000
Two-wheelers	0.0345	0.0017	0.0000
Particle size distribution			
	1.0000	0.0500	0.0000

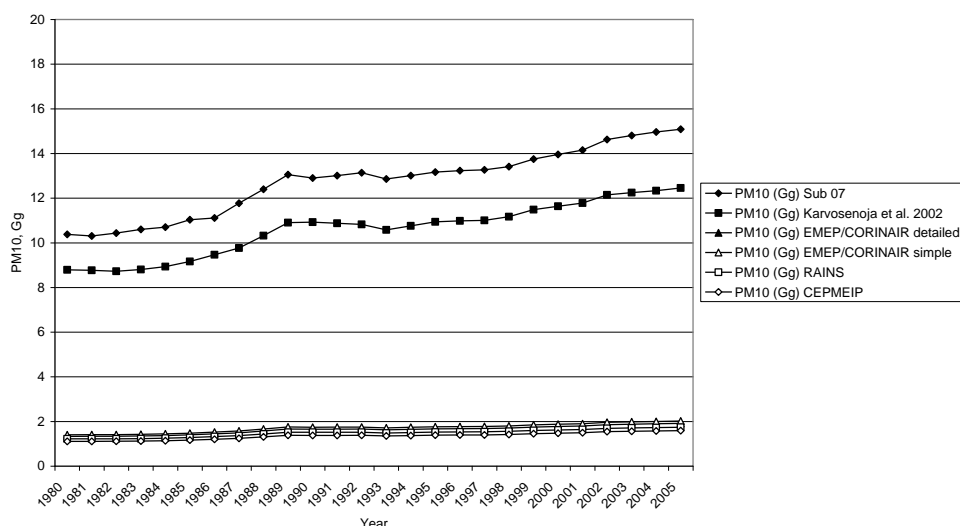
RAINS	Emissionsfaktorer, partiklar (g/fordonskm) TYRE WEAR		
	TSP	PM10	PM2,5
Passenger cars	0.0661	0.0065	0.0003
Light Duty Trucks	0.0661	0.0065	0.0003
Heavy Duty Trucks	0.4208	0.0400	0.0020
Two-wheelers	0.0282	0.0032	0.0001
Particle size distribution			
	1.0000	0.0983	0.0045

USEPA AP-42	Emissionsfaktorer, partiklar (g/fordonskm) TYRE WEAR		
	TSP	PM10	PM2,5
Passenger cars	0.0050	0.0050	0.0012
Light Duty Trucks	0.0050	0.0050	0.0012
Heavy Duty Trucks	0.0224	0.0224	0.0056
Two-wheelers	0.0025	0.0025	0.0006
Particle size distribution			
	1.0000	1.0000	0.2500

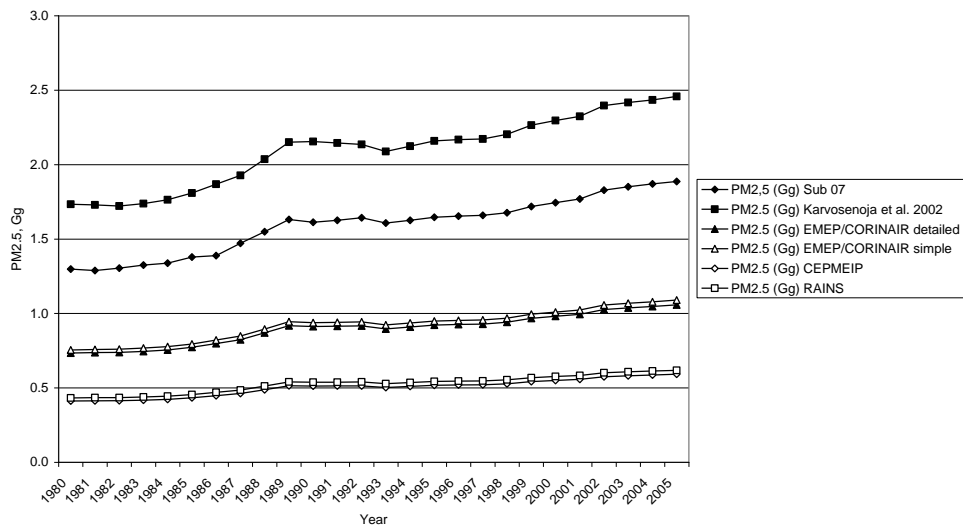
I Figur 1, Figur 2 och Figur 3, nedan, presenteras resultaten från beräkningarna gjorda exklusive korrigeringsfaktor för dubbdäcksanvändning. Resultatet visar att beräkningar av TSP, PM₁₀ och PM_{2.5} baserade på nuvarande beräkningssätt (Submission 2007) och Karvosenoja et al. (2002) ger de högst beräknade partikel-emissionerna. I båda dessa beräkningsmodellens emissionsfaktorer för beräkning av vägslitage ingår även återuppvirvlade partiklar från vägbanan och dessa beräkningsmodeller kan därför antas överskatta emissionerna.



Figur 1. Emissioner av TSP (summa väg-, broms- och däckslitage, exklusive korrigeringsfaktor för dubbdäcksanvändning) från vägtrafik i Sverige 1980-2005 enligt olika beräkningssätt.

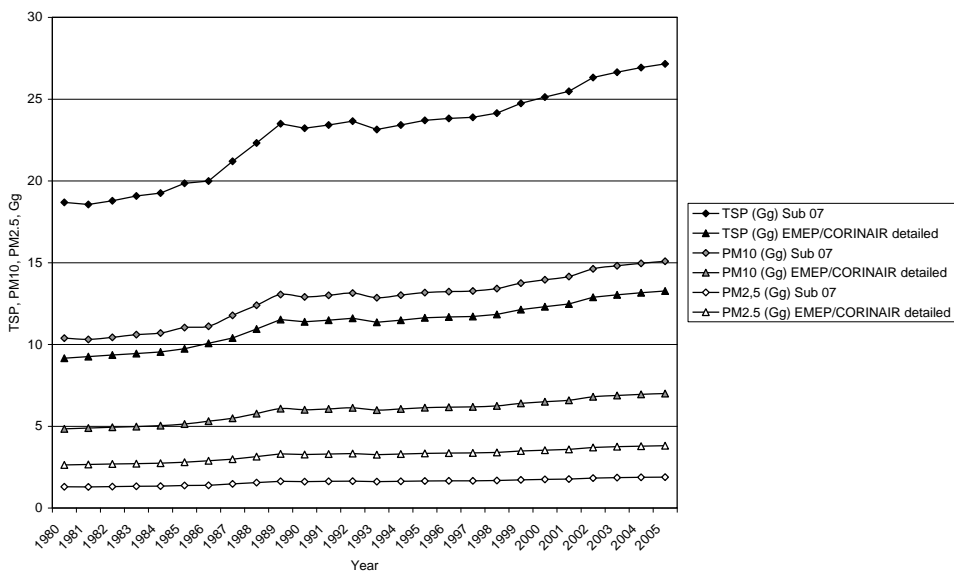


Figur 2. Emissioner av PM₁₀ (summa väg-, broms- och däckslitage, exklusive korrigeringsfaktor för dubbdäcksanvändning) från vägtrafik i Sverige 1980-2005 enligt olika beräkningssätt.



Figur 3. Emissioner av PM_{2.5} (summa väg-, broms- och däckslitage exklusive korrigeringsfaktor för dubbdäcksanvändning) från vägtrafik i Sverige 1980-2005.

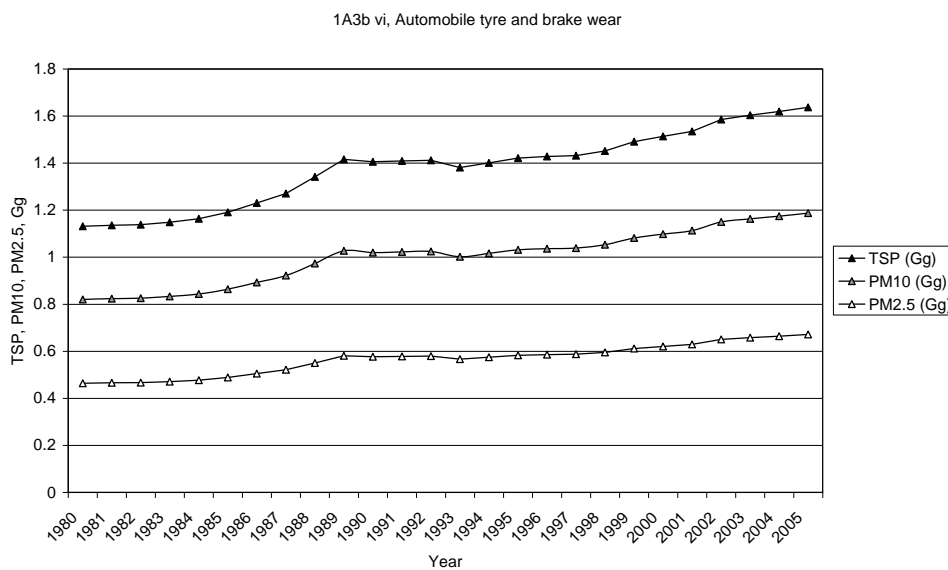
Resultatet av beräkningarna baserade på EMEP/CORINAIR, detailed methodology, med korrektionsfaktor för dubbdäcksanvändning presenteras i Figur 4.



Figur 4. Jämförelse mellan nuvarande beräkningsmetod (Submission 2007) vs. EMEP/CORINAIR, detailed methodology med korrektionsfaktor för dubbdäcksanvändning

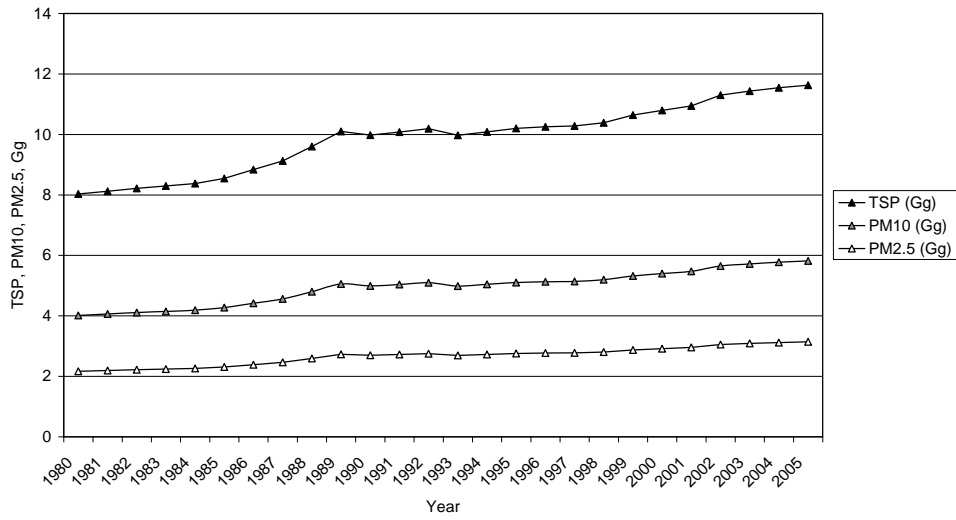
Rekommendation

Som resultat av föreliggande studie föreslås att beräkningar av partikelemissioner från vägslitage och från broms- och däckslitage framgent (från och med submission 2008) beräknas enligt EMEP/CORINAIR, detailed methodology, med tillägg av en korrektionsfaktor för personbilars och lätta lastbilars dubbdäcksanvändning enligt Gustafsson et al. (submitted; pers. komm.). Föreslagna tidsserier att rapportera under koderna 1 A 3 b vi och 1 A 3 b vii presenteras i Figur 5 och i Figur 6.



Figur 5. Tidsserier av TSP, PM₁₀ och PM_{2.5} från däck- och bromsslitage att rapportera under NFR-kod 1 A 3 b vi

1A3b vii, Automobile road abrasion



Figur 6. Tidsserier av TSP, PM₁₀ och PM_{2.5} från vägslitage att rapportera under NFR-kod 1 A 3 b vii

Referenser

Areskoug, H., Alesand, T., Hansson, H.-C., Hedberg, E., Johansson, C., Vesely, V., Widequist, U. 2001. Kartläggning av inandningsbara partiklar i svenska tätorter och identifikation av de viktigaste källorna. Kartlägningsprojektet - Delrapport den 23 februari 2001

Berdowski, J., Visschedijk, A. J. H., Creemers, E., Pullus, T., Pacyna, J., Fudala, J., Querreverd. 2001. CEPMEIP database particulate matter 1995. TNO Institute of Environmental Sciences, Energy Research and Process Innovation, Apeldoorn, The Netherlands

Gustafsson, M., m fl., submitted. Particle characteristics and toxicological effects of particles from the interaction between tyres, road pavement and winter traction material. Insänd för publicering i The Science of the Total Environment, februari, 2007.

Hussein, T., Johansson, C., Karlsson, H., Hansson, H.-C., 2007. Factors affecting particle emissions from paved roads – on road measurements in Stockholm, Sweden. Submitted to Atmospheric Environment, feb. 2007.

Johansson et al., 2005.

Karvosenoja et al. 2002.

Klimont, Z., Cofala, J., Bertok, I., Amann, M. Heyes, C., Gyarfas, F. 2002. Modeling Particulate Emissions in Europe. A Framework to Estimate Reduction Potential and Control Costs. IIASA, Interim Report IR-02-076.

Kupiainen, K.J., Tervahattu, H., Räisänen, M., Mäkelä, T., Aurela, M., Hillamo, R. 2005. Size and composition of airborne particles from pavement wear, tires, and traction sanding. Environmental Science and Technology 39, 699-706.

Sternbeck, J., Sjödin, Å., Andréasson, K. 2001. Spridning av metaller från vägtrafik. (tunnelmätningar i Göteborg). IVL B 1431.