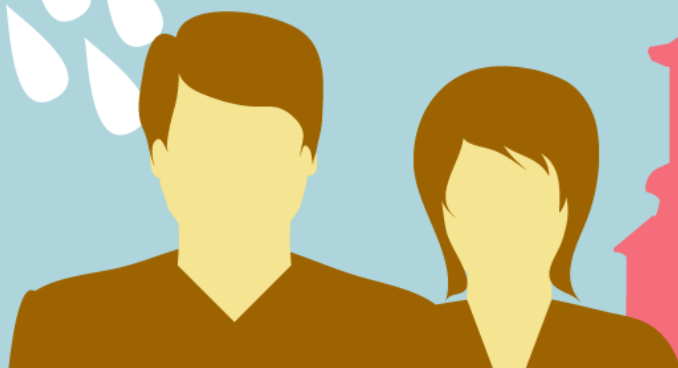


**Nya gifter -
nya verktyg**

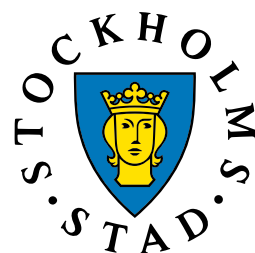


ISSN 1653-9168

Metallemission från trafiken i Stockholm

– Bromsbelägg

David Hjortenkrans, Bo Bergbäck och Agneta Häggerud
Institutionen för biologi och miljövetenskap, Högskolan i Kalmar



Under åren 2004-2008 driver Miljöförvaltningen tillsammans med Stockholm Vatten AB projektet Nya gifter – Nya verktyg med finansiering ur stadens Miljömiljard. Projektets mål är att ta fram information om vilka ämnen som bör prioriteras i stadens miljögiftsarbete, både i form av åtgärder och miljöövervakning. Det ska också beskriva var i staden de prioriterade ämnena används, hur de når stockholmsmiljön och vad staden och andra aktörer kan göra för att minska de problem som är förknippade med miljögifter i Stockholm.

En sammanfattande slutrapport kommer att publiceras under hösten 2007.

Varje författare ansvarar för innehållet i respektive delrapport.

ISSN: 1653-9168

Ett samarbete mellan:



MILJÖFÖRVALTNINGEN



Innehåll

SAMMANFATTNING	2
ABSTRACT	2
1. INLEDNING	3
2. METOD	3
2.1. Urval och Provtagning	3
2.2. Analytiska metoder	5
2.3. Emissionsberäkningar för bromsbelägg	5
2.4. Variation inom prover och Kvalitetskontroll	6
2.5. Beräkning av osäkerhet	7
3. RESULTAT	7
3.1. Metallhalter i bromsbelägg	7
3.2. Metallemissioner från bromsbelägg i Stockholms stad och i Sverige	10
4. OSÄKERHET	11
5. DISKUSSION/ SLUTSATSER	13
6. ÅTGÄRDER OCH ANSVAR	14
7. REFERENSER	15

Sammanfattning

År 1998 gjordes en studie på metallhalter i bromsbelägg och utifrån dessa beräknades metallemissionerna i Stockholms stad. Studien har haft stor genomslagskraft. Eftersom materialutvecklingen går snabb inom bilindustrin fanns ett behov av att upprepa studien. Denna studies syfte är att med hjälp av aktuella metallhalter i bromsbelägg, trafikarbetessiffror och bromsbeläggsnitage upprepa den tidigare studien för att få en uppdaterad bild av metallhalter i bromsbeläggen samt att beräkna metallemissionerna i Stockholms Stad för år 2005. Resultatet visade att det emitterades 0.064 kg/år Cd, 3 800 kg/år Cu, 35 kg/år Pb, 710 kg/år Sb och 1 000kg/år Zn under år 2005. De beräknade emissioner av Cu och Zn från bromsbelägg är oförändrade perioden 1998 – 2005, vilket gör att man fortfarande måste räkna bromsbelägg som en av de individuellt största Cu-emissionskällorna inom Stockholms stad. Vidare visar studien att bromsbelägg är en källa till Sb-emissioner i trafikmiljö. Däremot har Pb och Cd minskat till en tiondel av vad som tidigare beräknats, vilket är glädjande eftersom det betyder att tillverkarna har tagit sitt ansvar med avseende på utfasningsdiskussionen. Det är anmärkningsvärt stor skillnad i metallhalter i orginalleverantörernas och de märkesoberoende leverantörernas bromsbelägg. Detta gör att konsumenten har en möjlighet att vara med och påverka sin miljö genom ett aktivt val.

Abstract

In 1998 a study was made on metal content in brake linings and these results were used to calculate metal emissions in the city of Stockholm. That study has had a large impact of the field of Substance Flow Analysis (SFA). As the development of materials in the vehicle industry is rapid, there was a need to update that study. The aim of this study is to repeat the former study with new metal content and traffic flow figures, to get an updated picture of figures for metal content in brake linings as well as calculate metal emissions for the city of Stockholm for 2005. The results showed that the metal emissions during 2005 were 0.064 kg/year Cd, 3 800 kg/year Cu, 35 kg/year Pb, 710 kg/year Sb and 1 000kg/year Zn. The calculated Cu and Zn emissions remained for 1998 and 2005, which indicate that brake linings still has to be considered on of the largest Cu emission source within the city of Stockholm. The study also shows that brake linings are a source for antimony. However, the Pb and Cd emissions have decreased to a tenth of their earlier levels. Obviously, the producers are taking their responsibility regarding the phase-out of these metals. It is remarkable large differences in metal content between genuine and non-genuine replacement brake lining where the latter are the once with the lowest metal content. This gives the consumer a possibility to make an environmentally conscious choice

1. Inledning

Det traditionella bromsbeläggs-/bromsbandsmaterialet var fram till 1980-talet asbest. Under detta årtionde förbjöds asbesten att användas i bromsbelägg både som en arbetsmiljöåtgärd för verkstadsarbetarna och för att förbättra utomhusmiljön i städerna. Ersättningsmaterialet blev en komplex blandning av olika ämnen: armeringsfiber av glas, stål och plast, ”friktionsmodifierare”, fyllmaterial i form av antimongföreningar samt bronschips, järnfilsspån och stålull som värmeavledare (Lohse m fl., 2001). Materialet i bromsbelägg är av miljörelevans eftersom merparten av materialet avgår direkt till omgivningen vid användandet. Westerlund (1998) bestämde metallhalter i bromsbelägg och beräknade metallemissionerna inom Stockholms stad för år 1998 för ett antal metaller (Krom (Cr), Koppar (Cu), Nickel (Ni), Bly (Pb) och Zink (Zn)). Studien har fått stort genomslag och har använts i ett flertal olika substansflödesanalyser både inom och utanför Sverige (t.ex. Bergbäck m fl., 2001). Då det finns få liknande undersökningar har EMEP (samarbetsprogram för övervakning och utvärdering av långväga transport av luftföroreningar i Europa) bland annat använt Westerlunds resultat i sin beräkningsmodell för beräkning av bromsbeläggmissioner (EEA, 2004). Det har visats att bromsbelägg är källa av vikt för både Cu och Pb i stadsmiljö (Bergbäck, 2001). Då antimong används av vissa tillverkare som fyllnadsmaterial i bromsbelägg har det under de senaste åren indikerats att stora mängder antimong (Sb) släpps ut via bromsbelägg (t.ex. Sternbeck m fl., 2001; Stelpflug, 2002). Det har funnits en vilja att utfasa vissa metaller (bl.a. Cd och Pb) det senaste årtiondet och dessutom har ”blyfria bromsbelägg” introducerats (Lohse, 2001), vilket gör att det finns ett behov att uppdatera Westerlunds studie för att kunna studera förändringarna i material och utsläpp.

Enligt Europaparlamentets och rådets direktiv (EFV 2000/53/EG, 2000) skall medlemsstaterna se till att material och komponenter i fordon som släpps ut på marknaden efter den 1 juli 2003 inte innehåller bly, kvicksilver, kadmium eller sexvärt krom. Bromsbelägg var en av de komponenter som 27 juni 2002 blev inskrivna i bilaga II att vara undantagna från bestämmelserna (EFV 2000/53/EG Bilaga II, 2002). Enligt denna bilaga tillåts användning av koppar i bromsbelägg som innehåller mer än 0,5 viktprocent bly för fordon som typgodkänts före 1 juli 2003 och underhåll av dessa fordon fram till 1 juli 2004. Därefter skall en koncentration av upp till 0.4 viktprocent bly i koppar som används i friktionsmaterial för bromsbelägg tolereras fram till 1 juli 2007, förutsatt att ämnet inte tillsats avsiktligt. Vad som händer efter 1 juni 2007 är oklart. För Sverige gäller inte detta ännu då det endast är implementerat för lätta lastbilar och personbilar som inte är EU-typgodkända (SFS 2003:208). Detta innebär i praktiken att Svenska EU-typgodkända personbilarna får använda eftermarknadsbromsbelägg innehållande bly.

Denna studies syfte var att genom upprepning av Westerlunds studie kunna studera förändringarna i halterna av Cd, Cu, Pb, Sb och Zn i bromsbelägg samt ge en uppdaterad bild av metallemissionerna från bromsbelägg i Stockholms stad.

2. Metod

2.1. Urval och Provtagning

1998 års undersökning av metallemissionerna från bromsbeläggsslitage i Stockholms stad baserades på en trafikräkning där belägg från de 63.5 % mest representerade bilarna

analyserades på metallhalter. Eftersom denna typ av trafikräkningar är sällsynta har denna studie istället använt sig av försäljningsstatistik för 2004 (BILsweden, 2005) (Tabell I), vilket fick antas motsvara personbilsparken som kommer att påverka metallutsläppen från bromsbelägg i ett antal år framöver. I enighet med Westerlund valdes dessutom de två vanligaste lastbils- och bussmodellerna från detta år. Några av beläggen var av samma typ hos olika modeller. Totalt provtogs 42 eftermarknadsbromsbelägg till personbil från originalleverantörer.

TABELL I
Försäljningsstatistik över de vanligaste personbilsmodellerna
2004 (BILsweden, 2005)

Märke	Modell	Marknadsandel %	Ackumulerat %
Volvo	V/C70	9.88	9.88
“	V50	3.13	13.01
“	S60	2.09	15.1
“	S40N	1.70	16.8
“	S40/V40	1.59	18.39
Saab	9-5	5.48	23.87
“	9-3	4.02	27.89
VW	Golf	3.69	31.58
“	Passat	2.27	33.85
Peugeot	307	3.31	37.16
“	206	1.91	39.07
Toyota	Corolla	3.13	42.20
“	Avensis	1.81	44.01
Renault	Megane	2.61	46.62
“	Clio	1.71	48.33
Ford	Focus	2.49	50.82
“	Mondeo	1.64	52.46
Audi	A4	1.73	54.19
“	A6	1.66	55.85
Skoda	Fabia	1.62	57.47
“	Octavia	1.61	59.08
BMW	3-serie	1.30	60.38
“	5-serie	1.26	61.64
Opel	Astra	1.52	63.16

Då inte alla personbilsägare vänder sig till originalleverantörerna vid byte av bromsbelägg behövdes dessutom de märkesoberoende leverantörernas bromsbelägg provtas. Den märkesoberoende sektorn har fått ett rejält uppsving sedan de nya EU-reglerna från oktober 2003 har tagit bort märkesverkstädernas monopol (Mekonomen, 2005). Detta innebär att samtliga verkstäder har rätt att utföra service och reparationer på nya bilar med fortsatt nybilsgaranti förutsatt att servicen uppfyller biltillverkarens kvalitetskrav. Detta gör att andelen av reparationer som utförs av märkesoberoende verkstäder förväntas fortsätta att växa. Idag har den märkesoberoende sektorn ungefär hälften av eftermarknaden av reservdelar. För att få ett grepp över hur metallinnehållet i eftermarknadsbromsbelägg till personbil från märkesoberoende leverantörer ser ut valdes de två största leverantörer ut, d.v.s. Mekonomen och Meca (Mekonomen, 2005). Utifrån försäljningsstatistik för bromsbelägg^{1,2,3} valdes fem personbilsmodeller ut och belägg från fram resp. bakhjul provtogs. Totalt analyserades 20st bromsbelägg från de märkesoberoende leverantörerna.

¹ Pers. komm. Conny Johansson, Biltema, Sverige.

² Pers. Komm. Magnus Andersson, Meca Sverige.

³ Pers Komm. Bengt Olsqvist, Mekonomen, Sverige.

Titanbelagda borrar användes för att ta ut provmaterial från beläggen, då titan inte avsågs att analyseras.

2.2. Analytiska metoder

Proverna torkades till konstant vikt vid 60 °C. Från varje prov uppslötts ca 0.4000 g i 3 ml koncentrerad HNO₃ och 3 ml koncentrerad HCl i slutna behållare i mikrovågsugn (Perkin Elmer), Programmet var 400W i 6min, 900W i 10 min and kylning i 15 min. Behållarna var inte öppnade förrän lösningens temperatur hade sjunkit till 30 °C, för att undvika att flyktiga metallföreningar (så som antimonklorider) skulle avgå. Proverna späddes därefter till 100 ml med 18.2 MΩ/cm² Milli-QTM vatten. Metallkoncentrationerna analyserades med AtomAbsorbtiionsSpektrofotometer (AAS) och GrafitUgnsAtomAbsorbtiionsSpektrofotometer (GFAAS) (Perkin Elmer Aanalyst 800). Detaljer över parametrar för den instrumentella bestämningen presenteras i Tabell II och III.

TABELL II
Grafitugnsprogram för GrafitUgnsAtomAbsorbtiionsSpektrofotometer (GFAAS) (Perkin Elmer Aanalyst 800). (Zink analyserades med flamma).

		Cd	Cu	Pb	Sb
Torksteg 1	Temp (°C)	110	110	110	110
	Ramp time (s)	5	5	15	5
	Hold time (s)	30	20	30	30
Torksteg 2	Temp (°C)	130	130	130	130
	Ramp time (s)	15	15	15	15
	Hold time (s)	30	30	30	30
Pyrolysis	Temp (°C)	400	1150	600	800
	Ramp time (s)	15	15	15	15
	Hold time (s)	20	20	20	20
Atomisering	Temp (°C)	1300	1900	2000	2100
	Ramp time (s)	0	0	0	0
	Hold time (s)	5	5	5	3
Utbränning	Temp (°C)	2450	2550	2550	2300
	Ramp time (s)	1	1	1	1
	Hold time (s)	3	3	3	3

TABELL III
Spektrofotometeinställningar för AtomAbsorbtiionsSpektrofotometer (AAS) (Perkin Elmer Aanalyst 800)

	Cd	Cu	Pb	Sb	Zn
Våglängd (nm)	228.8	324.8	283.3	217.6	213.9
Spectral bandpass (nm)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

2.3. Emissionsberäkningar för bromsbelägg

Emissionsberäkningarna bygger så långt det är möjligt på samma principer som Westerlund (1998). Beräkningarna är gjorda enligt Ekvation 1. Mängden utsläppt beläggmassa per axel är beräknat på olika sätt beroende på fordonsslag. Dock är det baserat på förslitning per belägg i procent, beläggvikt, körd sträcka innan byte av belägg och totalt körd sträcka per år med fordonsslaget inom området. För detaljer se Westerlund (1998). Mängden beläggmassa som släpps ut per axel är här korrigerad för ett uppdaterat trafikarbete. Westerlund tilldelade 40 % av trafikarbetet till nya bilar (yngre än 4 år) och 60 % till gamla bilar och gjorde dessutom

förenklingen att alla gamla bilar använder märkesoberoende bromsbelägg. Samma antagande görs här för jämförbarhetens skull.

$$\sum \left[\frac{(b_{fram} \times h_{fram}) + (b_{bak} \times h_{bak})}{1 \times 10^6} \right]_{fs} = m \quad \text{Ekvation 1.}$$

b = mängden beläggmassa som släpps ut från respektive axlar per år (kg/år)

h = medelmetallhalt i belägg för respektive axel (mg/kg)

fs = fordonsslag

m = mängd metall utsläppt per år (kg/år)

Emissionsberäkningarna för Stockholms stad presenteras här som ett medelvärde ± relativa standardavvikelsen (r.s.d) i %, samt som ett intervall med min och maxvärden baserat på det föregående.

Trafikberäkningar för hela riket görs efter att det viktiga vägnätet har fått uppdaterade mätningar vilket sker vart 4:e år. (Det ”viktiga vägnätet” är det vägnät som är av stor betydelse för näringslivets transporter och omfattar stamvägar, övriga riksvägar, primära länsvägar samt ca 40 % av det sekundära och tertiära vägnätet). Senaste beräkningen är för 2002. Dock har trafikökningen 2002 – 2005 varit ca 3.5%. De tabellerade värdena är således år 2002 siffror uppräknade med 3.5%.⁴ Inte heller för Stockholms stad finnes några färskare siffror än efter 2002 års mätningar, dock är den beräknade ökningen 2.5%⁵ för perioden 2002-2004. Eftersom trafikreglerande åtgärder har införts i Stockholm efter 2004 är det svårt att skatta utvecklingen i området med säkerhet, och därför är 2004 års siffror använda vid beräkningarna. Trafikarbetet i Stockholm och i hela riket var uppdelat på olika fordonstyper enligt Tabell IV.

TABELL IV

Trafikarbetet i Stockholm (2004) och i hela riket år (2005) (miljoner fordonskilometer, Mfkm). Siffrorna är 2002 års men uppräknade med 2.5% för Stockholm och 3.5% för Sverige

Fordonstyp	Trafikarbete (Mfkm)	
	Stockholm ¹ 2004	Hela riket ² 2005
Personbilar bensin	2561	
Personbilar diesel	152	45640
Lätta lastbilar bensin totalvikt < 3,5t	321	
Lastbilar utan släp totalvikt > 3,5 t	121	5231
Lastbilar med släp totalvikt > 3,5t	53	
Totalt	3208	50871

¹ Pers. komm. Lars Burman (2006). SLB-Analys Avd. för Miljöövervakning Miljöförvaltningen i Stockholm, Sverige.

² Pers. komm. Leif Carlsson (2006). Vägverket Region Stockholm, Sverige.

2.4. Variation inom prover och Kvalitetskontroll

För att få en känsla för hur stor koncentrationsvariationen är inom ett bromsbelägg gjordes 6 replikat av 2 stycken belägg.

⁴ Pers. komm. Leif Carlsson (2006). Vägverket Region Stockholm, Sverige.

⁵ Pers. komm. Lars Burman (2006). SLB-Analys Avd. för Miljöövervakning Miljöförvaltningen i Stockholm, Sverige.

För att kontrollera analysmetodens precision för beläggen skickades 6 stycken av proverna till Analytica (Luleå, Sverige). Analyticas provsvar jämfördes med de egna körningarna med hjälp av One-sample t-test för samtliga metaller. Analytica är inte ackrediterad för metallanalyser på beläggmassa utan uppslutningsförfarandet följde istället en ackrediterad uppslutningsmetod för plaster. Uppslutningsmetoden skiljde sig således mot den egna, då koncentrerad HNO₃ och H₂O 1:1 användes i slutna teflonkär i mikrovågsugn.

Analysinstrumentets precision, noggrannhet och reproducerbarhet kontrollerades löpande med hjälp av kontrollblank och kvalitetskontrollslösningar (SPS-SWI, SPS-WWI, Spectrapure Standards AS, Oslo Norway och *Certified reference material TM-15*, Environment Canada, National Water research Institute, Burlington Canada).

2.5. Beräkning av osäkerhet

Eftersom beräkningarna är ett multiplikativt uttryck har osäkerheten beräknats enligt Ekvation 2.

Beräkning av den relativa standardavvikelsen (r.s.d.) i %

Ekvation 2.

$$r.s.d. = \frac{\sigma_y}{y} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_c}{c}\right)^2}$$

σ_a = standardavvikelsen för metallhalter i beläggmassa

σ_b = standardavvikelsen för utsläppt mängd beläggmassa

σ_c = standardavvikelsen för trafikarbetessiffror

a = medelvärde för metallhalter i beläggmassa

b = medelvärde för utsläppt mängd beläggmassa

c = medelvärde för trafikarbetessiffror

3. Resultat

3.1. Metallhalter i bromsbelägg

Metallhalterna i de analyserade bromsbeläggen är redovisade i Tabell V till VIII och Figur I. Halterna av Cu, Sb och Zn är höga både i belägg fram och bak. Medelvärdena för metallhalterna i bromsbelägg från originalleverantörer 2005 är mycket lägre för Pb än motsvarande värden 1998 (Tabell V). Dock uppvisar fortfarande Passat och Audi höga blyhalter i beläggen bak. Kadmiumkoncentrationer i beläggen låg 1998 mellan <0.974 och 19.9 mg/kg, varav merparten runt 10 mg/kg. Inget medelvärde räknades dock ut eftersom många låg nära eller under detektionsgränsen. Mycket tyder på att 2005 års kadmiumhalter är lägre än 1998. Antimon analyserades inte 1998.

TABELL V

Metallhalter (Cd, Cu, Pb, Sb och Zn) i eftermarknadsbromsbelägg till personbil från originalleverantörer, år 2005, Sverige, (mg/Kg)

Märke	Modell	Belägg fram					Belägg bak				
		Cd	Cu	Pb	Sb	Zn	Cd	Cu	Pb	Sb	Zn
Volvo	V/C70	2.1	90 000	110	58 000	25 000	1.4	120 000	4.7	340	42 000
“	V50	1.5	170 000	180	13	73 000	1.3	110 000	120	84	53 000
“	S60	2.1	90 000	110	58 000	25 000	1.4	120 000	4.7	340	42 000
“	S40N	1.5	170 000	180	13	73 000	1.3	110 000	120	84	53 000
“	S40/V40	1.6	110 000	14	41 000	17 000	0.95	45 000	40	250	1 300
Saab	9-5	1.4	120 000	14	330	2 000	1.7	220 000	2.3	48 000	130 000
“	9-3	1.9	120 000	39	180	1 700	4.2	190 000	60	590	54 000
VW	Golf	1.9	170 000	12	70 000	68 000	0.93	130 000	14	230	25 000
“	Passat	1.5	110 000	68	35 000	2 400	6.9	140 000	20 000	21 000	12 000
Peugeot	307	1.8*	270 000*	110*	140*	69 000*	53	210 000	19	7 000	74 000
“	206	2.3	170 000	920	17 000	35 000	1.5	149 000	42	410	50 000
Toyota	Corolla	1.1*	75*	8.3*	27 000*	8 700*	1.0	68 000	1.9	45 000	460
“	Avensis	2.1	170 000	200	750	25 000	1.6	130 000	12	740	25 000
Renault	Megane	0.94	100 000	16	640	58 000	0.41	180 000	17	49	87 000
“	Clio	1.2	120 000	52	42 000	28 000	1.2	29 000	580	4.6	13 000
Ford	Focus	0.60	92 000	340	88	1 400	0.70	120 000	200	46 000	1 800
“	Mondeo	0.55	110 000	64	28 000	9 300	0.69	100 000	350	52	45 000
Audi	A4	0.70	100 000	5.0	370	30 000	6.9	140 000	20 000	21 000	12 000
“	A6	0.070	80 000	34	110	720	6.8	160 000	27 000	52 000	11 000
Skoda	Fabia	0.11	180 000	120	48 000	24 000	0.25	210 000	13	640	57 000
“	Octavia	0.14	180 000	91	29 000	28 000	0.93	130 000	14	230	25 000
BMW	3-serie	0.45	140 000	110	24 000	2 700	0.20	140 000	29	560	26 000
“	5-serie	0.26	120 000	15	79 000	32 000	0.13	130 000	77	28 000	630
Opel	Astra	0.063	100 000	27	100	2 500	0.073	990	7.4	130	64 000
Medel		1.2	130 000	120	23 000	27 000	4.0	130 000	2 900	9 500	37 000
min		0.063	75	5.0	13	720	0.073	950	1.9	4.6	460
max		2.3	270 000	920	79 000	73 000	53	220 000	27 000	52 000	130 000
Medelhalt 1998 **		***	117 941	9 052		23 830	***	92 198	18 655		16 498

* Medelvärde på 6 prover från samma belägg

** Medelhalt på 24 bromsbelägg, Westerlund, 1998

***Kunde inte beräknas då flertalet bromsbelägg hade halter under detektionsgränser

För bromsbelägg från märkesoberoende leverantörer är samtliga av 2005 års metallhalter avsevärt lägre än de som uppmättes 1998 (Tabell VI). En jämförelse försvåras av att det har skett ett skifte av leverantörer för de analyserade beläggen. Noteras bör att Cu- och Pb-halterna endast är ett par procent av 1998 års halter.

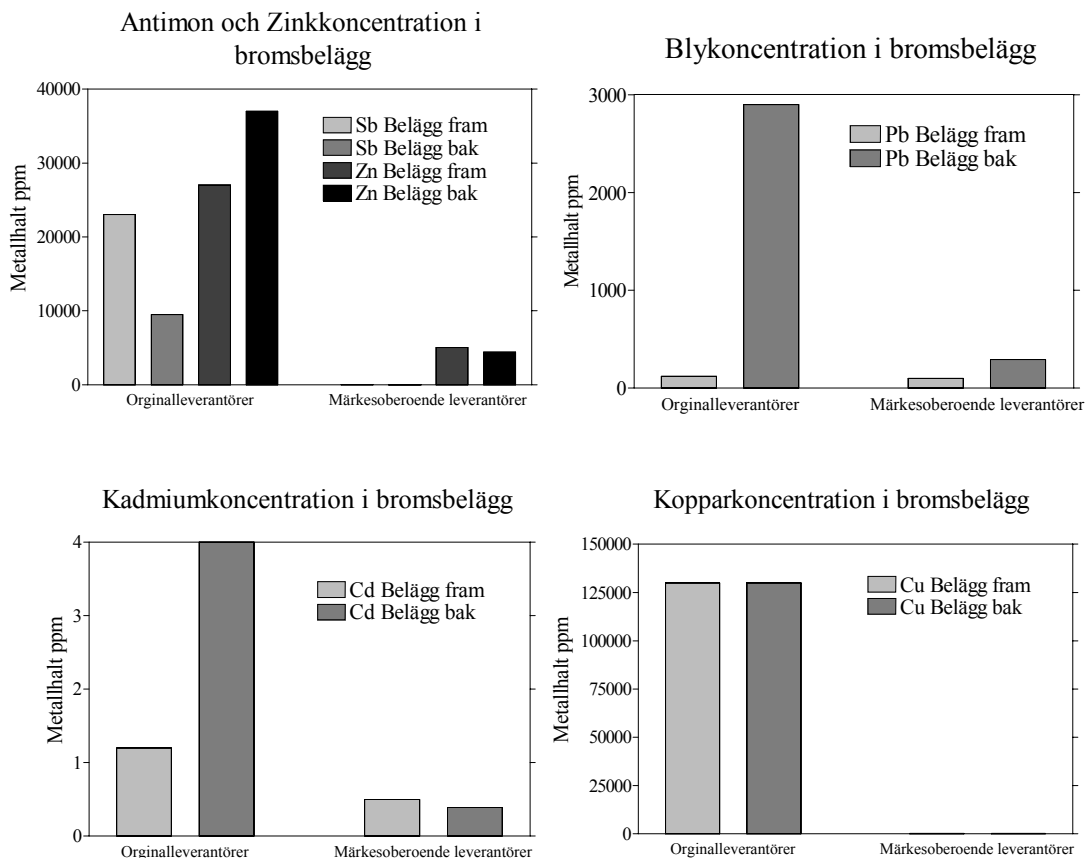
TABELL VI

Metallhalter (Cd, Cu, Pb, Sb och Zn) i eftermarknadsbromsbelägg till personbil från märkesoberoende leverantörer (Meca och Meconomen), år 2005, Sverige, (mg/Kg)

Märke	Leverantör	belägg fram					Belägg bak				
		Cd	Cu	Pb	Sb	Zn	Cd	Cu	Pb	Sb	Zn
Volvo 850	Meca	0.81	230	44	4.6	9 700	0.30	190	46	7.5	8 600
	Meconomen	0.049	55	180	3.8	580	0.12	23	380	1.2	81
Volvo 440	Meca	0.37	110	53	21	9 000	0.31	190	27	6.1	8 700
	Meconomen	0.037	26	120	1.7	350	0.14	22	490	27	220
Audi A4/A6	Meca	0.53	500	84	9.2	9 800	0.43	210	31	28	8 800
	Meconomen	0.081	350	130	180	280	0.57	18	800	0.95	350
Saab 900	Meca	1.1	370	81	17	10 000	0.48	230	38	7.2	8 400
	Meconomen	0.19	97	130	52	300	0.54	24	610	0.85	200
VW Golf II	Meca	1.6	220	69	5.1	9 300	0.55	190	33	3.2	8 200
	Meconomen	0.21	30	120	2.2	420	0.45	18	410	19	210
Medel	Meca	0.89	280	66	12	9 600	0.41	202	35	10	8 600
	Meconomen	0.11	110	140	47	390	0.36	21	540	9.8	210
Totalt Medel		0.5	200	100	29	5 000	0.39	110	290	10	4 400
min		0.037	26	44	1.7	280	0.12	18	27	0.85	81
max		1.6	500	180	180	10 000	0.57	230	800	28	8 800
Medelhalt 1998 *		**	71 990	13 651		17 696	**	51 240	9 110		7 197

* Medelhalt på 24 bromsbelägg, Westerlund, 1998

**Kunde inte beräknas då flertalet bromsbelägg hade halter under detektionsgränser



FIGUR I. Medelmetallkoncentrationer (Cd, Cu, Pb, Sb och Zn) i bromsbelägg från originalleverantörer och märkesoberoende leverantörer år 2005, Sverige, (mg/Kg). (pga. låga antimon- och kopparkoncentrationer för märkesoberoende leverantörer syns de ej i diagrammen)

För både lastbilar och bussar har Cu-halterna ökat mellan 1998 och 2005 medan de övriga metallhalterna är i princip i samma storleksordning (Tabell VII och VIII). Dock är det analyserade antalet belägg begränsat vilket gör att jämförelsen är osäker.

TABELL VII
Metallhalter (Cd, Cu, Pb, Sb och Zn) i eftermarknadsbromsbelägg till lastbil från originalleverantörer, år 2005, Sverige, (mg/Kg).

Märke	Cd	Cu	Pb	Sb	Zn
Volvo skivbroms	0.27	270 000	81	34 000	190
Volvo trumbroms	0.25	73	20	1.4	27 000
Scania skivbroms	0.68	76 000	830	47 000	19 000
Volvo 1998*	<10.3	15 000	656		14 900
Scania 1998*	<1.99	76.9	158		127

* Medelhalt på 24 bromsbelägg, Westerlund, 1998

TABELL VIII

Metallhalter (Cd, Cu, Pb, Sb och Zn) i eftermarknadsbromsbelägg till buss från originalleverantörer, år 2005, Sverige, (mg/Kg).

Märke	Cd	Cu	Pb	Sb	Zn
Volvo	1.5	28 000	1 600	20	20 000
Mercedes	0.75	130 000	86	330	39 000
Volvo 1998*	<10.1	27 300	1 020		18 500
Scania 1998*	<1.98	88.3	441		172

* Medelhalt på 24 bromsbelägg, Westerlund, 1998

Med tanke på att bly för tillfället endast får förekomma som en orenhet i kopparråvaran bör kvoten mellan bly och koppar ge ett mått på blyhalten i kopparråvaran. Koncentrationen av bly i koppar hamnade under de av EU stipulerade 0.4 % för 41 av 48 belägg från originalleverantörer medan samtliga belägg från märkesoberoende leverantörer överskred denna nivå (Tabell IX). För en del belägg erhöles koncentrationer över 100 %, vilket innebär att bly förekommer i andra former än som en förorening i kopparråvaran.

TABELL IX

Koncentrationen av bly i koppar som används i friktionsmaterial för bromsbelägg i eftermarknadsbromsbelägg till personbil från originalleverantörer respektive märkesoberoende leverantörer (Meca och Meconomen) mätt i viktsprocent (Pb/Cu×100), år 2005, Sverige. Kursiverade värden överskrider EUs stipulerade maxvärde på 0.4%

Originalleverantörer				Märkesoberoende leverantörer			
Märke	Modell	Belägg fram	Belägg bak	Märke/Modell	Leverantör	Belägg fram	Belägg bak
Volvo	V/C70	0.12	< 0.01	Volvo 850	Meca	19	24
"	V50	0.11	0.11		Meconomen	330	1 700
"	S60	0.12	< 0.01	Volvo 440	Meca	48	14
"	S40N	0.11	0.11		Meconomen	460	2 200
"	S40/V40	0.01	0.09	Audi A4/A6	Meca	17	15
Saab	5-Sep	0.01	< 0.01		Meconomen	37	4 400
"	3-Sep	0.03	0.03	Saab 900	Meca	22	17
VW	Golf	0.01	0.01		Meconomen	130	2 500
"	Passat	0.06	15	VW Golf II	Meca	31	17
Peugeot	307	0.04	0.01		Meconomen	400	2 300
"	206	0.54	0.03				
Toyota	Corolla	11	< 0.01				
"	Avensis	0.12	0.01				
Renault	Megane	0.02	0.01				
"	Clio	0.04	2				
Ford	Focus	0.37	0.17				
"	Mondeo	0.06	0.35				
Audi	A4	0.01	14				
"	A6	0.04	17				
Skoda	Fabia	0.07	0.01				
"	Octavia	0.05	0.01				
BMW	3-serie	0.08	0.02				
"	5-serie	0.01	0.06				
Opel	Astra	0.03	0.75				
				Medel	Meca	27	17
					Meconomen	270	2 600
Median		0.06	0.03	Median båda leverantörer		43	860

3.2. Metallemissioner från bromsbelägg i Stockholms stad och i Sverige

De totala beräknade metallemissionerna från vägtrafiken via bromsbelägg är presenterat i Tabell X. Koppar och Zn visar ingen markant förändring, medan Pb visar en markant nedgång. Eftersom de låga metallhalterna i eftermarknadsbelägg från märkesoberoende leverantörer slår igenom väldigt mycket (baserat på 60 % av körsträckan) har en beräkning

också gjorts där hälften av alla personbilsägare valt originalleverantörens belägg istället för märkesoberoende leverantörernas (d.v.s. 40 % + 30 % använder märkesbelägg och 30 % använder märkesoberoende belägg). Då skulle utsläppsmängderna öka till 0.088 kg/år för Cd, 5 700 kg/år för Cu, 48 kg/år för Pb, 970 kg/år för Sb och 1 400kg/år för Zn, vilket motsvarar en ökning med 35 – 50 %.

TABELL X
Metallemissioner från vägtrafiken via bromsbelägg i Stockholm, (kg/år).

	2005					1998*				
	Cd	Cu	Pb	Sb	Zn	Cd	Cu	Pb	Sb	Zn
Personbilar	0.052	2 400	24	360	710	**	3 731	549	-	771
Lastbilar	0.005	1 200	4.8	350	180	**	68	3.9	-	68
Bussar	0.007	210	6.5	0.33	110	**	76	3.2	-	56
Totalt	0.064	3 800	35	710	1 000		3 900	560	-	900

* Westerlund, 1998

**Kunde inte beräknas då flertalet bromsbelägg hade halter under detektionsgränser

Motsvarande utsläppsmängder (baserat på 60 % från märkesoberoende leverantörer) för hela Sverige skulle bli 1.1 kg Cd/år, 78 000 kg Cu/år, 710 kg Pb/år, 15 000 kg Sb/år och 20 000 kg Zn/år (Tabell XI). Trafikarbetet i Stockholm är 6.3 % av det totala trafikarbetet i Sverige medan metallemissionerna är ca 5 %. Skillnaden ligger i att det är olika stor andel tung trafik i Stockholm resp. i hela riket.

TABELL XI
Metallemissioner från vägtrafiken via bromsbelägg i Sverige, (kg/år).

	2005				
	Cd	Cu	Pb	Sb	Zn
Personbilar	0.79	37 000	370	5 400	11 000
Lastbilar	0.15	35 000	140	10 000	5 400
Bussar	0.20	6 400	200	10	3 330
Totalt	1.1	78 000	710	15 000	20 000

4. Osäkerhet

Medelvärde för variationskoefficienten på metallhalterna inom ett bromsbelägg var 5.3 % för Cd, 2.7 % för Cu, 19 % för Pb, 27 % för Sb och 1.5 % för Zn. Detta indikerar att beläggmassans sammansättning är relativt homogen inom ett belägg. Variationen mellan bromsbelägg av samma typ inom ett märke har inte uppskattats.

Den externa kontrollen av precisionen på analyserna visade att det fanns en skillnad mellan de egna analyserna och Analyticas analyser. Skillnaden var 21 % för Cd, 20 % för Cu, 26 % för Pb, 35 % för Sb och 7.5 % för Zn. Samtidigt visade kontrollen inte helt oväntat att den egna metoden, som har en starkare syrakombination än Analyticas, gav ett högre utbyte för samtliga metaller. Då inget av laboratorierna var ackrediterat och olika syrauppslutningar använts är det svårt att bedöma vilket laboratorium som kommer närmast de ”riktiga” värdena, vilket gör att skillnaden mellan metoder används som tänkbar osäkerhet i analysförfarandet.

Den *totala osäkerheten för metallhalterna i beläggen* är baserade på både variationen inom belägget till följd av att det är ett inhomogent material och analysförfarandets osäkerhet. I detta fall har den beräknats enligt $\sqrt{(\text{medelfel}(\%)\text{belägg})^2 + (\text{medelfel}(\%)\text{analysmetod})^2}$ och

beräknas vara ± 21 % för Cd, ± 20 % för Cu, ± 32 % för Pb, ± 44 % för Sb och ± 7.7 % för Zn.

Osäkerheten på *utsläppt mängd beläggmassa* är om man ser till Hedbrants och Sörmes (2001) rekommendation ± 33 %. Om man däremot studerar EEAs (2004) sammanställning av beläggsnitaget i mg/fkm ser man att det hamnar på 18.8 ± 42 % för personbil. Westerlund (1998) och denna undersökning använder sig av 17 mg/kg och osäkerheten i detta fall får sättas till ± 42 % trots att rekommendationerna anger en lägre nivå.

Osäkerheten för *trafikarbetessiffrorna* är svårbedömd. Vägverket kan inte ange med vilken säkerhet deras siffror är framtagna. Modellen för beräkningarna bygger på att samtliga vägars trafikarbete adderas. Varje vägs mätning har en osäkerhet på ca 8 – 10 %⁶ och det är osäkert hur stor den totala osäkerheten blir i slutändan. För att kunna säga någonting om osäkerheterna har Hedbrants och Sörmes (2001) rekommendation att använda ± 33 % för officiell statistik på regional/nationell nivå använts.

Den *relativa standardavvikelsen (totala osäkerheten för beräknad mängd metallemission)* är således enligt Ekvation 2; 57 % för Cd och Cu, 62 % för Pb, 69 % för Sb och 54 % för Zn. (Utöver de redovisade osäkerheterna tillkommer en okänd osäkerhet som härrör sig från att ingen hänsyn till marknadsandelar har tagits).

⁶ Pers. komm. Carlsson Leif, vv konsult Borlänge, Sverige.

5. Diskussion/ Slutsatser

2005 års beräknade emissioner av Cu och Zn från bromsbelägg är i princip lika stora som de som beräknades tidigare för 1998 (Westerlund, 1998), se Tabell XII. Detta gör att man fortfarande måste räkna bromsbelägg som en av de individuellt största Cu-emissionskällorna inom Stockholms stad (Bergbäck m fl., 2001). Däremot har Pb minskat till en tiondel av vad som beräknades 1998. Emissionsminskningen är beroende på den drastiska minskningen i halter i beläggen. Därmed kan bromsbelägg strykas som Pb källa av vikt jämfört med andra inom Stockholms stad. Utöver detta har studien även visat att bromsbelägg är en källa till Sb-emissioner. Hur stor denna är i förhållande till andra är svårt att säga i nuläget då det saknas mer omfattande substansflödesanalyser för detta element. Två studier har kommit fram till den genomsnittliga Cu:Sb kvoten i trafiktunnlaerosoler är 5.6:1 (Stechmann och Danecker, 1990) respektive 4.4:1 (Sternbeck m fl., 2001). Då vår Cu:Sb kvot hamnar på 5.3:1 får man misstänka att bromsbelägg är den enda källan av vikt för emission av Sb i trafikmiljö. Eftersom det skiljer en hel del beroende på hur man hanterar andelen bilar med eftermarknadsbelägg från märkes resp. märkesoberoende leverantörer ligger förmodligen den ”riktiga” metallemissionen i den övre delen av det intervall som presenteras här.

TABELL XII

Metallemissioner (Cd, Cu, Pb, Sb och Zn) i Stockholms stad från bromsbelägg för 1998 och 2005

Metall	Metallemission 1998 (Kg/år)*	Metallemission 2005 (Kg/år)	
		Medelvärde ± Relativa standardavvikelsen (%)	Intervall
Cd	Ej beräknad	0.061 ± 57 %	0.026 – 0.096
Cu	3 731	3 800 ± 57 %	1 600 – 6 000
Pb	549	35 ± 62 %	13 – 57
Sb	Ej beräknad	710 ± 69 %	220 – 1 200
Zn	771	1 000 ± 54 %	460 – 1 500

*(Westerlund, 1998)

Även om Westerlund (1998) valde att inte beräkna Cd-emissionerna i Stockholm pga av för få värden över detektionsgränsen har beräkningar på kadmiumemissioner i Stockholm 1998 utförts på data från litteraturen av Hjortenkrans (2005). Resultatet av de beräkningarna visade att emissionerna var ungefär 0.5 kg/år.

Metallhaltsutvecklingen i märkesoberoende bromsbelägg är svår att kommentera då det är olika leverantörers belägg som har studerats de olika åren. Trots detta är det anmärkningsvärt att det är så stor skillnad i metallhalter i orginalleverantörernas och de märkesoberoende leverantörernas bromsbelägg, där det är de senare som har lägre metallhalter. Frågan är vad de märkesoberoende leverantörernas bromsbelägg innehåller istället, både med avseende på metaller och andra ämnen. Förutom de stora skillnaderna mellan orginalleverantörernas och de märkesoberoende leverantörernas bromsbelägg finns det en stor skillnad inom orginalleverantörernas belägg. Det är anmärkningsvärt att skillnaderna i metallhalter från en leverantör (VW) kan vara så stor som 14 – 27 000 ppm för Pb. Av de provtagna beläggen från denna leverantör tillverkas Passat och Audi A6 frambelägg och Golf, Passat, Audi A4

och A6 bakbelägg av samma underleverantör (Textar), vilket gör att inte all variation i metallhalt kan härledas till olika underleverantörer.

Om Sverige implementerat EUs stipulerade maxvärde på 0.4 % bly som en kontaminant i koppar skulle en hel del av de undersökta beläggen inte klara kraven. Dock är det de belägg med höga kopparhalter som klarar sig. De märkesoberoende leverantörernas bromsbelägg som innehåller låga metallhalter klarar sig däremot inte. Frågan som kan adresseras är om blyhalten uttryckt som ett procentvärde av koppar är ett bra mått, eller om en maximal koncentration kunde vara ett bättre mått.

Vad som händer med reglerna runt Pb-innehåll i bromsbelägg efter 1 juli 2007 är oklart, men om inget tillägg till texten görs innebär det att det är nolltolerans mot Pb i bromsbelägg. Detta får nog anses som mer eller mindre omöjligt och en definition vad som menas med ”inget bly” bör anges. Om detta inte görs kommer det förmodligen inte finnas några bromsbelägg på marknaden som klarar kraven.

6. Åtgärder och ansvar

Tillverkarna tycks ha tagit sitt ansvar med avseende på utfasningsdiskussionen av Cd och framför allt Pb. Halterna i materialet har minskat och därmed emissionerna. De märkesoberoende leverantörerna har visat att det går att ha mindre halter av både Cu och Sb med bibehållen kvalitet, som är en förutsättning för att de skall få fortsätta leverera reservdelar avsedda för service och reparationer på nya bilar med fortsatt nybilsgaranti⁷.

Originalleverantörerna, i detta fall fordonstillverkarna, kan ställa krav på sina underleverantörer med avseende på innehåll av metall och organiska miljögifter. I denna undersökning visade det sig att t.ex. VW (Passat och Audi) hade för höga halter av bly i förhållande till kopparhalten, vilket är anmärkningsvärt då EU är den primära marknaden och EU kraven inte följs. Vad det gäller de märkesoberoende leverantörerna är det de olika tillverkarnas eget ansvar att ställa krav på sig själva snarare än återförsäljarnas förutsatt att tillverkarna långsiktigt vill kunna sälja sina produkter på samma villkor som originalleverantörerna.

Bromsbelägg är fortfarande en betydande källa till miljön för koppar och antimon. Om man som konsument vill hjälpa till att minska utsläppen av Cu och Sb till miljön är bromsbelägg från de märkesoberoende leverantörerna att föredra.

Några återstående frågor att lösa är vad belägg med låga halter av koppar innehåller istället, samt att de juridiska reglerna för vad som gäller för Pb-innehåll i bromsbelägg efter 1 juli 2007 behöver utredas ordentligt.

⁷ Märkesoberoende belägg bedöms ha sådan kvalitet att nybilsgarantin fortsätter att gälla även efter byte.

7. Referenser

- Bergbäck, B., Johansson, K. Och Mohlander, U. 2001. Urban Metal Flows – A Case Study of Stockholm. *Water Air and Soil Pollution, Focus 1*, s. 3–24.
- BILSweden, 2005. Definitiva nyregistreringar under 2004. *Information*. BILSweden, Stockholm. <http://www.bilsweden.se/files/Nyregdefdec04.pdf>, 2006-06-02
- EEA 2004. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook, *Technical Report*, 30, European Environmental Agency, Copenhagen.
- EFV 2000/53/EG, 2000. Europaparlamentets och rådets direktiv **2000/53/EG** av den 18 september 2000 om uttjänta fordon. *Europeiska gemenskapens officiella tidning (SV)*.
- EFV 2000/53/EG, 2002. Kommissionens beslut om ändring av bilaga II till Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/53/EG om uttjänta fordon. *Europeiska gemenskapens officiella tidning (SV)*.
- Hedbrant, J. och Sörme, L. 2001. Data Vagueness and Uncertainties in Urban Heavy-Metal Data Collection. *Water Air and Soil Pollution, Focus 1*, s. 43–53.
- Hjortenkrans, D. 2005. Kadmiumflöden via vägtrafik. I Bergbäck, B., Hjortenkrans, D. och Månsson, N. Kadmium i Stockholm – en substansflödesanalys. *Rapport*, ISSN 1652-022X, Stockholms stads miljöförvaltning, Stockholm.
- Lohse, J., Sander, K. Och Wirts, M. 2001. Heavy Metals in Vehicles II. *Final Report*. Ökopoll, Hamburg.
- Mekonomen, 2005. *Årsredovisning*. Edita, Stockholm.
http://www.mekonomen.no/ar/aktiv/Arsredovisning_2005.pdf, 2006-06-02
- SFS 2003:208, 2003. Förordning om förbud mot vissa metaller i bilar. *Svensk författningssamling*.
- Stechmann, H. och Dannecker, W. 1990. Characterisation and source analysis of vehiclegenerated aerosols. *Journal of Aerosol Science*, 21, s. 287–290.
- Stellpflug, J., 2002. Thema: Bremsbeläge. *Öko-Test*, Januar 2002. (på Tyska)
- Sternbeck, J., Sjödin, Å. Och Andréasson, K. 2001. Spridning av metaller från vägtrafik. *IVL Rapport*, 1431. IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Stockholm.
- Westerlund, K-G., 1998. Metallemission från trafiken i Stockholm – slitage av bromsbelägg. *Rapport från SLB analys*, Nr 2:98. Miljöförvaltningen i Stockholm, Stockholm.



ISSN: 1653-9168