Znečištění ovzduší persistentními organickými polutanty produkovanými dopravou

Publikováno: 13. 3. 2007

Jedním ze závažných problémů dopravy je kontaminace ovzduší emisemi, zejména ve velkých městech s vysokou hustotou automobilové dopravy. Výfukové plyny motorových vozidel obsahují stovky chemických látek v různých koncentracích, s různými účinky na zdraví člověka. Vedle „klasických" sledovaných polutantů jako jsou např. oxidy dusíku, oxid uhelnatý, oxid uhličitý nebo oxid siřičitý je v poslední době zaměřena pozornost také na persistentní organické polutanty (POPs) jako jsou polyaromatické uhlovodíky (PAHs), polychlorované bifenyly (PCBs), polychlorované dibenzo-p-dioxiny (PCDDs) a dibenzofurany (PCDFs).

Hlavním zdrojem PAHs je nedokonalé spalování pohonných hmot při provozu vozidel. V benzinových motorech jsou emise PAHs ve volné formě jako podíl těkavých uhlovodíků (VOCs). Při spalování v dieselových motorech je část PAHs vázána na pevné částice (PM), část je opět ve volné formě součástí VOCs. Přítomnost PCDDs a PCDFs ve výfukových plynech závisí na přítomnosti sloučenin chlóru v palivech a mazivech. Teplotní rozmezí tvorby ve spalovacích motorech vozidel je mezi 250 - 400° C s optimem kolem 300° C. Největším zdrojem těchto látek v dopravě bylo do roku 2001 spalování olovnatých benzínů, které jako další aditivum obsahovaly chlorované uhlovodíky. K 1. 1. 2001 byla však výroba, distribuce a použití těchto benzínů zakázáno. Naměřená množství se však značně liší (řádově od 1000 $pg.km^{-1}$ do jednotek $pg.km^{-1}$). U bezolovnatého benzinu byly naměřeny hodnoty řádově v desetinách až jednotkách $pg.km^{-1}$ pro motory s katalyzátorem, v desítkách až stovkách u motorů bez katalyzátorů. U dieselových motorů byly naměřeny hodnoty v desítkách až stovkách $pg.km^{-1}$ pro osobní automobily, v desítkách $pg.km^{-1}$ pro nákladní automobily. Kromě druhu paliva a typu motoru je pro tvorbu PCDDs a PCDFs důležitý i režim jízdy. Tak např. při jízdě do kopce je jejich produkce cca 10 x vyšší, než při jízdě s kopce [1].

Pro PCBs je k dispozici mnohem méně naměřených dat, ale uvažuje se u nich podobné chování jako u PCDDs a PCDFs. Podmínkou pro jejich vznik je rovněž nedokonalé spalování organických látek za přítomnosti chlóru. K dalším zdrojům POPs patří např. úniky při přepravě materiálů (havárie, úkapy, odpar pohonných hmot), likvidace odpadů (plasty, pneumatiky, pražce, odtěžený materiál při rekonstrukci železničního svršku a povrchů vozovek), nezanedbatelným zdrojem zůstává i uvolňování těchto polutantů z konstrukčních materiálů dopravních cest (asfaltová a dehtová pojiva, emulgátory, regulátory).

Pro výpočet emisí POPs byla použita Metodiky pro stanovení emisí látek znečišťujících ovzduší z dopravy [2], která vychází z údajů o evidenci množství prodaných pohonných hmot. Po odečtení nedopravních zdrojů, tj. spotřeby v zemědělství, lesnictví, stavebnictví a armády (týká se hlavně nafty), je množství prodaného paliva distribuováno pomocí přepravních výkonů mezi jednotlivé druhy dopravy: individuální doprava (ID), silniční veřejná osobní doprava (AD), silniční nákladní doprava (SND), autobusy MHD, železniční doprava – motorová trakce (ŽD), vodní doprava (VD), letecká doprava (LD). Tyto druhy dopravy jsou celkem rozděleny do 23 kategorií, podle používaného paliva a vybavení katalyzátory. Pro každou z uvedených kategorií je použit průměrný emisní faktor (Ef) polutantu, který je vždy uváděn v hmotnostním množství na jednotku energie ($g.MJ^{-1}$), délky přepravy ($g.km^{-1}$), hmotnosti spotřebovaného paliva, ($g.kgpal^{-1}$) nebo výkonu motoru ($g.kWh^{-1}$). Zatím co emisní faktory limitovaných složek (CO, C_xH_y, NO_x, PM) jsou povinně měřeny u silničních vozidel - nové, importované, pravidelné technické kontroly (periodické technické prohlídky železničních vozidel a plavidel se v ČR neprovádí), emise POPs z dopravy nejsou limitovány žádnými předpisy. Proto se na rozdíl od limitovaných složek u vozidel běžně neměří a z tohoto důvodu existuje do současné doby

velmi málo spolehlivých měření emisních faktorů těchto polutantů. Situaci navíc stěžuje fakt, že dosud získané hodnoty mají poměrně velký rozptyl a chemické rozbory pevných částic, na které jsou POPs rovněž vázány se provádějí ještě v daleko menším rozsahu a získané informace nemají reprezentativní charakter. Při výpočtu a bilancování množství emisí POPs produkovaných dopravou bylo vycházeno zejména z COPERT III [3] a prácí Ústavu pro výzkum motorových vozidel [4].

Kategorie vozidel	PAH [μg.km^{-1}]	PCDD [pg.km^{-1}]	PCDF [pg.km^{-1}]	PCB [pg.kg^{-1}paliva]
Osobní vozidla benzinová	260,29	10,3	21,2	126,5
Osobní vozidla benzinová splňující EURO standardy	143,84	-	-	126,5
Osobní dieselová vozidla	1277,44	0,5	1,0	-
Osobní vozidla na LPG	49,46	-	-	-
Lehká nákladní vozidla benzínová	378,11	10,3	21,2	126,5
Lehká nákladní vozidla naftová	1601,16	0,5	1,0	-
Těžká nákladní vozidla naftová	241,86	3	7,9	-

V kategoriích benzínových vozidel, splňujících emisní limity EURO a naftových vozidel jsou emise PAHs tvořeny z více než 90 % naftalenem. U starších benzínových vozidel, které nesplňují normy EURO, převažuje fenantren, který tvoří okol 50 %, naftalen zde tvoří méně než 10 % [3]. Porovnáním emisních faktorů PAHs z různých zdrojů zjistíme, že nejsou tak výrazné rozdíly mezi novějšími a staršími vozidly jako u VOC. Vozidla splňující předpisy EURO emitují přibližně 2-krát méně PAHs na 1 kg spáleného paliva než starší vozidla. I přes tuto skupečnost však dochází k mírnému nárůstu těchto emisí, což je způsobeno růstem spotřeby paliv a přepravních výkonů silniční dopravy.

Druh dopravy	Rok										
	1993	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2010
ID	6 130	7 110	8 250	8 540	8 590	9 220	9 450	9 720	9 790	11 460	12 670
AD	210	190	200	180	270	270	310	350	320	430	460
SND	2 220	4 000	5 210	5 810	5 160	5 570	6 060	7 300	8 230	8 430	8 670
MHD	120	140	170	170	190	220	250	290	300	320	360
ZD	200	230	250	210	210	190	160	190	170	200	180
VD	30	30	40	20	20	20	20	20	20	20	40
Celkem	8 910	11 700	14 120	14 930	14 440	15 490	16 250	17 870	18 830	20 860	22 380

Celkové emise PAHs mají od roku 1993 mírně vzestupnou tendenci. Toto je dáno především neustálým nárůstem dopravních výkonů individuální automobilové dopravy a silniční nákladní dopravy. Měnící se skladba vozového parku ve prospěch nových vozidel splňujících přísnější emisní předpisy nestačí růst dopravních výkonů kompenzovat.

Druh dopravy	Rok										
	1993	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2010
ID	195,1	209,6	219,9	211,2	178,1	163,6	129,0	109,5	90,1	82,1	21,7
AD	2,9	2,8	2,8	2,5	3,7	3,5	4,0	4,5	4,1	4,9	5,2
SND	17,9	32,9	38,1	45,8	37,0	43,1	45,4	48,0	54,3	51,5	48,6
MHD	1,5	1,7	2,0	2,0	2,1	2,0	2,2	2,3	2,2	2,6	2,6
ZD	2,4	2,9	3,1	2,5	2,6	2,3	2,0	2,3	2,1	2,5	2,5
VD	0,3	0,4	0,5	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,5
Celkem	220,2	250,2	266,4	264,2	223,8	214,8	182,9	166,9	153,1	143,9	81,0

Druh dopravy	Rok										
	1993	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2010
ID	403,2	433,3	454,6	436,6	368,2	338,0	266,6	226,2	186,1	169,5	44,5
AD	3,4	3,4	3,3	2,9	4,2	4,1	4,6	5,1	4,8	5,6	5,8
SND	32,8	61,3	69,9	84,5	67,6	80,0	84,3	88,7	101,6	94,8	88,4
MHD	1,5	1,7	2,0	2,0	2,1	2,0	2,2	2,3	2,2	2,6	2,6
ZD	2,4	2,9	3,1	2,5	2,6	2,3	2,0	2,3	2,1	2,5	2,5
VD	0,3	0,4	0,5	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,5
Celkem	443,7	502,9	533,4	528,9	445,0	426,7	360,1	324,9	297,0	275,4	144,3

Emise PCDDs a PCDFs z dopravy se pohybují celkově řádově v miligramech. Nejvíce jsou produkovány staršími vozidly, nesplňující normy EURO. Sestupný trend v produkci těchto emisí dopravou je dán obměnou vozového parku především v individuální dopravě. Vzhledem k velmi nízkým hodnotám dioxinů u emisí starších vozidel nejsou pravděpodobně tyto emise vázány na tzv. halogenové vynašeče, spíše vznikají ze stopových obsahů chlóru v benzínu [3]. Tento předpoklad podporuje i fakt, že součástí databáze jsou i emisní faktory naftových vozidel, kde se halogenové přísady nepoužívaly.

Druh dopravy	Rok										
	1993	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2010
ID	169,0	192,4	212,0	218,8	204,7	224,4	226,5	222,4	218,2	237,7	247,2
AD	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4
SND	10,0	19,1	21,2	26,0	20,3	24,7	26,1	26,9	31,3	28,4	25,7
MHD	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZD	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VD	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Celkem	179,3	211,9	233,6	245,1	225,5	249,6	253,0	249,8	250,0	266,6	273,2

Emise PCBs byly kalkulovány pouze pro benzínová vozidla, neboť nebyla zjištěna žádná měření emisních faktorů PCB naftových vozidel. Hlavní podíl na produkci PCB z dopravy má individuální automobilová doprava. Trend vývoje produkce PCB je od roku 1993 do roku 1997 vzestupný a poté se stabilizoval kolem hodnoty 273 mg.

Emise z letecké dopravy nejsou součástí uvedené emisní bilance, neboť není znám podíl PAHs, PCDDs, PCDFs na emisích uhlovodíků vzniklých spalováním leteckých paliv.

Závěr

Emise PAHs a ostatních POPs jsou v dopravě součástí celkových emisí uhlovodíků. Obsah PAHs v palivech je limitován vyhláškou MPO č. 227/2001 Sb. v motorové naftě (EN 590 ČSN 65 6506) a směsném palivu (ČSN 65 6508). Maximální hodnota PAHs byla stanovena pro období 1. 1. 2003 – 31. 12. 2004 na 11,0 % hm. Od 1. 1. 2005 nejsou mezní hodnoty stanoveny. Jednotlivé POPs nejsou nijak limitovány ani standardně měřeny a to i přes skutečnost, že negativně ovlivňují kvalitu ovzduší a tím i lidské zdraví. Tato problematika je v současné době velmi aktuální, protože v posledním desetiletí došlo k výraznému nárůstu těchto polutantů. Emise POPs u mobilních zdrojů negativně ovlivňuje především vysoké stáří vozového parku v ČR a s tím spojený i jeho technický stav. Je proto nutné zpracování inventury emisí těchto látek, pocházejících ze spalování pohonných hmot a přijmout taková redukční opatření, která povedou k jejich snižování.

Literatura

- [1] Draft Exposure and Human Health Reassessment of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-Dioxin

(TCDD) and Related Compounds, Chapter 4: Combustion Sources of CDD/CDF: Power/Energy Generation. http://www.epa.gov
- [2] DUFEK J., ADAMEC V., KLUSTOVÁ P., CHOLAVA R., HUZLÍK J., MAREŠOVÁ V., MARVANOVÁ S.: Stabilizace a postupné snižování zátěže životního prostředí z dopravy v České republice. Výzkumná zpráva. Centrum dopravního výzkumu, Brno 2002, 80 s.
- [3] COPERT III - Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport. Methodology and Emission Factors. Version 2.1. EEA 2000, s. 86
- [4] KROBL L. Přehled emisních faktorů silničních motorových vozidel. Výzkumný ústav motorových vozidel Praha, 2001.