Imisní zatížení ovzduší suspendovanými částicemi z dopravy

Publikováno: 13. 3. 2007

Doprava je označována jako jeden z nejvýznamnějších zdrojů znečištění ovzduší. Tento problém je navíc umocněn skutečností, že počty aut a počet ujetých kilometrů každým rokem vzrůstá a s nimi i tyto emise. Vzhledem k dominantnímu používání spalovacích motorů jsou ve výfukových plynech obsaženy značné množství plynných (CO, CO_2, NO_x, SO_2, HC, benzen a další) i pevných škodlivin (PM). Ty zahrnují zejména velké množství částic nejjemnějších frakcí, obsahujících komplexní směs anorganických a organických sloučenin, z nichž řada vykazuje toxické, mutagenní nebo karcinogenní efekty. Tyto částice mohou po dlouho dobu setrvávat v ovzduší, snadno vstupovat do respiračního traktu a poškozovat tak lidské zdraví. Právě s těmito částicemi jsou dávány do souvislosti pozorované změny morbidity a mortality u exponované populace. Z tohoto pohledu je v následujícím textu věnována pozornost právě těmto částicím.

Mezi nejzávažnější škodliviny emitované z dopravy s prokazatelnými negativními účinky na zdraví člověka, zejména ve velkých městech s intenzivní dopravou, patří emise PM vznikající při provozu motorových vozidel (spalování pohonných hmot, otěr pneumatik, brzdového a spojkového obložení, povrchu vozovek apod.). Nebezpečnost nespočívá jen v jejich mechanických vlastnostech, ale především v obsahu rizikových organických (polyaromatické uhlovodíky) nebo celé řady anorganických škodlivin jako jsou kovy, dusičnany, amonné ionty, sírany apod. Množství PM produkovaných dopravou (spalovací procesy) v ČR, vč. prognózy uvádí tabulka 1.

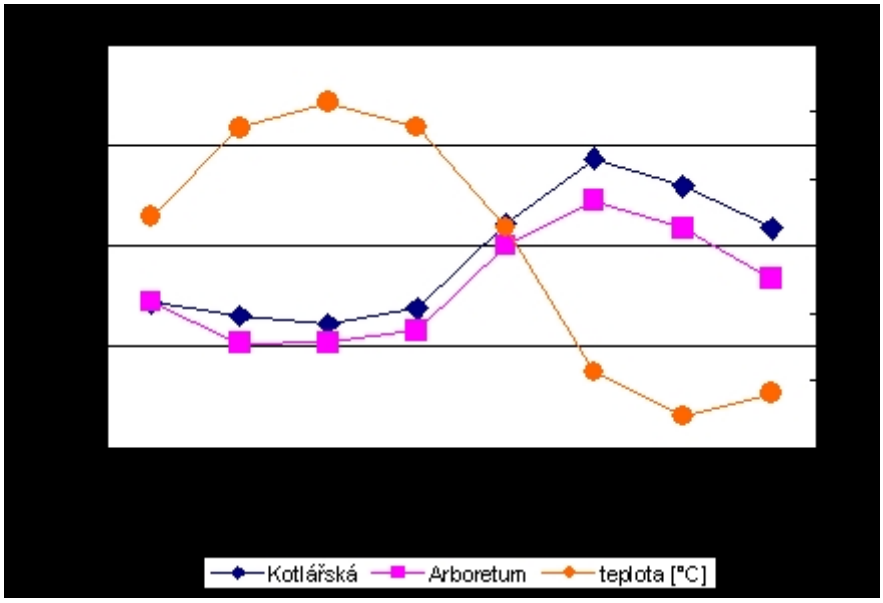
Rok	IAD	SVD	SND	ŽD - mot. trakce	VD	Celkem
1990	61	1 531	1 375	1 284	122	4 373
1991	53	1 152	1 127	916	101	3 349
1992	64	1 095	1 270	846	94	3 370
1993	70	926	1 125	558	78	2 757
1994	66	760	1 420	466	66	2 778
1995	94	893	1 847	667	85	3 586
1996	135	986	2 430	711	115	4 376
1997	145	889	2 672	590	58	4 354
1998	183	1 162	2 366	611	66	4 388
1999	204	1 096	2 405	543	69	4 317
2000	234	1 240	2 507	471	61	4 513
2001	267	1 387	2 907	531	52	5 144
2002	280	1 240	3 023	529	47	5 119
2003	362	1 240	3 464	571	46	5 683
2004	503	1 169	3 702	212	8	5 594
2005	545	1 222	3 816	216	9	5 808
2010	426	1 426	3 112	508	97	5 568
2015	459	1 286	2 959	458	98	5 260

Vysvětlivky: IAD … individuální automobilová doprava, SVD … silniční veřejná doprava, SND… silniční nákladní doprava, ŽD … železniční doprava, VD … vodní doprava

Kampaň	Lokalita 1		Lokalita 2		Kampaň	Lokalita 1		Lokalita 2	
	$PM_{2.5}$	PM_{10}	$PM_{2.5}$	PM_{10}		$PM_{2.5}$	PM_{10}	$PM_{2.5}$	PM_{10}
	$\mu g.m^{-3}$					$\mu g.m^{-3}$			
I	39,95	92,22	35,78	43,62	V	39,95	63,29	35,42	34,74
	44,00	74,96	41,14	42,28		46,09	67,29	41,15	36,17
	29,58	63,20	37,26	40,30		52,69	69,13	49,06	41,24
	36,36	70,00	37,99	48,79		55,86	73,58	51,15	44,89
	26,54	42,39	27,90	35,21		49,27	58,38	42,78	39,46
	9,94	15,43	8,86	17,68		47,90	54,88	48,51	38,80
	15,60	41,54	13,90	27,16		18,97	19,25	12,44	22,54
II	22,74	30,79	18,16	27,19	VI	54,49	58,92	49,50	38,53
	20,74	34,42	16,22	30,94		44,25	46,29	34,54	33,99
	25,34	34,79	20,63	29,86		56,21	54,54	41,31	30,98
	25,93	41,58	20,62	33,73		98,58	115,08	85,97	70,54
	33,75	47,79	26,22	44,51		68,80	82,21	58,76	51,94
	28,62	46,54	20,56	-		36,30	42,46	33,44	34,74
	25,79	43,67	22,79	27,23		43,26	49,42	39,53	34,02
III	23,79	33,00	19,14	25,82	VII	53,65	66,75	43,16	43,21
	15,71	32,13	13,44	23,24		61,72	80,08	55,07	48,69
	25,03	41,75	17,86	26,68		66,46	73,75	58,11	49,44
	30,64	42,38	25,77	35,57		43,24	53,96	33,59	-
	22,77	17,29	18,18	20,91		66,29	80,25	59,50	58,11
	26,54	37,88	22,22	30,46		26,32	25,42	22,24	31,52
	27,48	37,04	29,60	28,44		46,06	79,33	33,03	43,94
IV	29,45	35,67	25,74	27,25	VIII	41,85	67,75	30,43	50,51
	30,06	38,38	20,03	28,62		57,32	69,54	47,10	41,79
	32,17	38,00	27,04	37,42		44,25	56,88	31,01	39,53
	34,37	37,46	30,38	27,86		43,86	59,92	32,72	27,08
	17,86	23,46	12,57	21,93		48,19	47,83	34,02	33,21
	22,96	26,13	23,92	17,99		28,15	29,29	22,11	32,58
	26,67	35,42	22,84	24,36		41,52	40,42	37,23	42,85

Jako vstupní data byla využita reálná měření probíhající v roce 2005 až 2006 (v intencích NV 350/2002) na vybraných lokalitách města Brna, s různou dopravní zátěží a charakterem okolí (lokalita 1 – ul. Kotlářská, vysoká intenzita provozu, kaňon; lokalita 2 – Arboretum MZLU, nižší zatížení dopravou než lokalita 1, otevřený prostor). Vzhledem ke skutečnosti, že na PM jsou vázány téměř všechny organické a anorganické škodliviny, byla pozornost zaměřena rovněž na sledování obsahu PM_{10} a $PM_{2.5}$ a jejich vzájemných korelací v rámci odběrové kampaně, která pobíhala v letech 2005 – 2006. Jak vyplývá z výsledků monitoringu na vybraných lokalitách, byly nejvyšší koncentrace PM zjištěny na přelomu listopadu a prosince, nejnižší na přelomu června a července (tabulka 2).

Vývoj koncentrací $PM_{2.5}$ během sledovaného období je velmi dobře patrný z grafu na obrázku 1. Výsledky dále naznačují korelaci koncentrací $PM_{2.5}$ a teploty. Korelační koeficient -0,62 spočtený pro lokalitu Arboretum je statisticky významný. Zjištěné sezónní rozdíly mohly být způsobeny ztrátou těkavých komponent PM (např. amonných solí) v letních měsících. Ty v období nižších teplot koagulují a mohou být zachyceny na filtrech. Výše popsaný trend však může mít spojitost i s dalšími aspekty, jako např. s vertikální stabilitou atmosféry. Lepší ventilací v teplejším období (konvekce) jsou částice lépe rozptylovány, zatímco v chladnějších měsících (inverze) je ventilace omezená a dochází tak k „hromadění“ PM ve spodních vrstvách atmosféry, poblíž místa svého vzniku. V zimě se na přítomnosti částic mohou také výrazně podílet lokální topeniště.

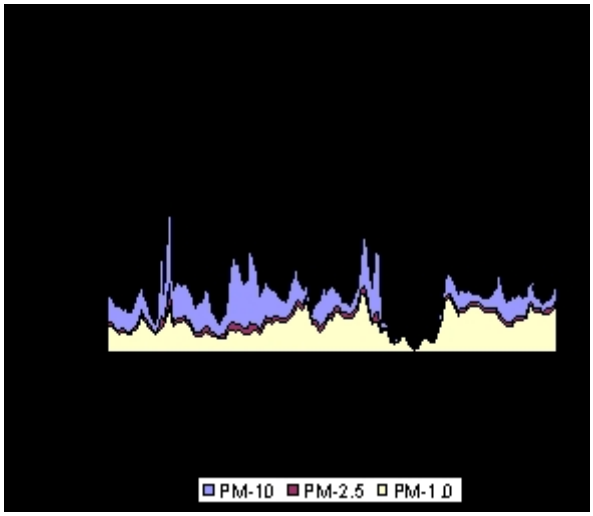


Obr. 1 Vývoj koncentrací PM2.5 a teploty během studovaného období

Průběhy koncentrací jednotlivých frakcí PM naměřené kontinuálním čitačem částic ENVIRONcheck 107 ve vybraných časových obdobích jsou znázorněny na obr. 2 a 3. Na průběhu koncentrací PM je vidět vyšší podíl hrubé frakce 2,5 – 10 µm v teplém období.

Porovnáním frakcí částic velikostí 2,5 - 10 µm, 1 - 2,5 µm a 0 - 1 µm na lokalitě 1 bylo zjištěno, že 51,8 % částic menších než 1 µm bylo obsaženo ve frakci PM10 v létě, kdežto v zimě 89,5 %. Na lokalitě 2 při odběrové kampani v období 27. 2. – 6. 3. 2006 byl podíl částic menších než 1µm ve frakci PM10 78 %.

Uvedené grafy naznačují významnou závislost distribuce jednotlivých velikostních frakcí PM na ročním období. Proto byly koncentrace $PM_{2.5}$ získané při měřeních v rámci odběrových kampaní porovnány s koncentracemi PM_{10} získaných ze stanice automatického měřícího systému provozovaného (AIM) ČHMÚ.



Obr. 5 Korelace mezi koncentracemi PM2.5 a PM10 na lokalitách 1 a 2

Vzájemná korelace suspendovaných prachových částic frakce $PM_{2.5}$ i PM_{10} na obou lokalitách vykazují velice podobné, statisticky významné, korelační koeficienty (0,967 pro $PM_{2.5}$, 0,879 pro PM_{10}), což indikuje podobné chování částic na obou lokalitách (obr. 4). Rovněž korelační koeficienty porovnání těchto frakcí v rámci jednotlivých lokalit jsou statisticky významné, konkrétně 0,850 pro Arboretum

a 0,858 pro Kotlářskou (obr. 5). U frakce $PM_{2.5-10}$ se však tyto vztahy mezi oběma lokalitami neobjevují (korelační koeficient s hodnotou 0,190 je statisticky nevýznamný).

Roční imisní limit koncentrací PM10 (40 $\mu g.m^{-3}$) stanovený NV 350/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů byl na lokalitě Kotlářská překročen o 10,4 $\mu g.m^{-3}$. K překročení denního imisního limitu uvedeného v tomtéž předpise (50 $\mu g.m^{-3}$) došlo 26krát, tj. v 46,4 % měření, přitom zmíněné NV povoluje jeho překročení v 35 případech, tj. v 9,6 % měření. Připravovaný limit pro $PM_{2.5}$ (25 $\mu g.m^{-3}$) v rámci směrnice Evropské unie (Directive of the European Parliament and council on ambient air quality and cleaner air for Europe) byl překročen na obou lokalitách.

Získané výsledky podporují závěry publikované v některých zahraničních studiích [1, 3, 4], konkrétně závislost koncentrací PM na teplotě pozorované při měřeních v Londýně, Pekingu a Egyptě. V této souvislosti je možné potvrdit, že znečištění prostředí PM pochází také z jiných i vzdálenějších zdrojů než jen z dopravy. Z uvedených grafů je dále dobře patrná převaha sezónních vlivů, zejména teploty a stability atmosféry, s kterou je spojena možnost ventilace daných lokalit, nad vlivem variability dopravy v průběhu celé odběrové kampaně.

Literatura

[1] Adamec, V., Dufek, J., Jedlička, J., Huzlík, J., Cholava, R., JANDOvá, V., Kutáček, S., Dostál, I., SMÉKAL, P., ŠUCMANOVÁ, M., DVOŘÁKOVÁ, P., KALÁB, M., PROVALILOVÁ, I., LIČBINSKÝ, R., VOJTĚŠEK, M., ROSÍVAL, M., ADAMCOVÁ, M., Trhlíková, B., BARTOŠ, T., Čupr, P., Tříska, J. Výzkum zátěže životního prostředí z dopravy. (Výroční zpráva projektu VaV CE 801 210 109 za rok 2005). Brno: CDV, 2006, 105 s.

[2] NISBET, K., LAGOY, J.: Toxic equivalency factors (TEFs) polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), Reg. Toxicol. Pharmacol., 16, 1992, p. 290 – 300.

[3] CHARRON A., HARRISON R.: Interpretation of multi-metric particulate matter data monitored near busy London highway. In JOUMARD, R. (ed.) Environnement & Transports / Environment & Transport : Vol. 1 Poster communications. Actes INRETS n°107. Reims (France), June 12-14, 2006. Bron cedex (France), INRETS, 2006, p.255-262.

[4] GERTLER A. W., ABU-ALLABAN M., LOWENTHAL D. H.: The mobile source contribution to observed PM10, PM2,5 and VOCs in the greater Cairo area, In JOUMARD, R. (ed.) Environnement & Transports / Environment & Transport : Vol. 1 Poster communications. Actes INRETS n°107. Reims (France), June 12-14, 2006. Bron cedex (France), INRETS, 2006, p.263-269.