Podíl dopravy na zdravotním stavu obyvatel v městě Brně

Publikováno: 14. 3. 2007

Úvod

Problematika dopravy ve vztahu ke zdraví člověka a životnímu prostředí nabývá v posledních letech na aktuálnosti a to i přes skutečnost, že s sebou nese řadu pozitivních vlivů na rozvoj lidské společnosti. Nejzávažnějším problémem dopravy je kontaminace ovzduší emisemi, především vzhledem k jejich významnému vlivu na lidské zdraví, zejména ve velkých městech s vysokou hustotou automobilové dopravy. Složení a velikost emisí závisí především na dopravní intenzitě, množství a složení pohonných hmot, typu a funkčním stavu motoru a režimu jízdy. Příčinou emisí škodlivin z motorů vozidel do volného ovzduší jsou výfukové plyny, které vznikají při spalování pohonných hmot. Jsou to komplexní směsi obsahující stovky chemických látek v různých koncentracích, často s toxickými, mutagenními a karcinogenními vlastnostmi. Podle nejnovějších průzkumů zemřelo v celé EU v roce 2000 na nemoci související se znečištěním ovzduší, na kterém se výrazně podílí i doprava, 348 000 lidí [1]. Znečištění má na svědomí přibližně 7krát více životů než dopravní nehody na evropských silnicích a jemný prach v průměru snižuje délku života každého Evropana o devět měsíců. V současné době se však ve spojitosti s dopravou a zdravím člověka hovoří převážně o dopravních nehodách. Zatím co u dopravních nehod je poranění nebo úmrtí jasným a zřetelným jevem, negativní vlivy znečištění ovzduší, až na výjimky, jsou jevem pozvolným, velmi často s nevratným poškozením organismů.

Materiál a metody

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). Sledovány byly – celkový obsah pevných částic (TSP) a jejich frakce ($PM_{2.5}$, PM_{10}), polyaromatické uhlovodíky (PAH) sorbované na $PM_{2.5}$.

Hodnocení rizika karcinogeneze inhalací sledovaných škodlivin bylo prováděno s využitím přepočtu pomocí faktorů ekvivalentní toxicity (TEF) publikovaných v roce 1992 ve studii autorů Nisbet a LaGoy [2] pro výpočet celkového rizika směsi PAH vypočtených jako ekvivalentní koncentrace benzo(a)pyrenu. Odhad zdravotního rizika karcinogeneze byl proveden podle Metodického pokynu MŽP publikovaného ve Věstníku MŽP ČR č. 9, 2005 [3] na základě expozičního scénáře pro průměrnou populaci, počítající s průměrnou hodnotou tří hodin expozice venkovním ovzduším. Při výpočtu populačního karcinogenního rizika bylo vycházeno z údajů o počtu obyvatel poskytnutých Českým statistickým úřadem. K vyhodnocení celoživotního denního příjmu (expozice) uvažované škodliviny bylo využito následujícího vztahu

$$LADD = \frac{CA \times IR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

Vzorec pro výpočet průměrného denního příjmu škodlivin inhalacemi.

kde:

- LADD je průměrný denní příjem škodliviny inhalací (mg/kg $_{\text{těl.hm.}}$/den)
- CA koncentrace sledované škodliviny v ovzduší (mg.m^{-3})
- IR objem vzduchu vdechnutého za den (m3.hod^{-1})
- ET doba expozice (hod.den^{-1})

- EF frekvence expozice (den.rok^{-1})
- ED trvání expozice (rok)
- BW tělesná hmotnost jedince (kg)
- AT doba, na kterou je expozice průměrována (den)

Hodnocení rizik standardních škodlivin vychází z postupu publikovaného K. Aunanovou v roce 1995 [4].

Pevné částice (PM)

Nejvyšší koncentrace částic byly určeny na přelomu listopadu a prosince, nejnižší na přelomu června a července (viz. tab. 1).

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}
	µg.m^{-3}					µg.m^{-3}			
	39,95	92,22	35,78	43,62		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
I	36,36	70,00	37,99	48,79	V	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
	22,74	30,79	18,16	27,19		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
II	25,93	41,58	20,62	33,73	VI	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
	23,79	33,00	19,14	25,82		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
III	30,64	42,38	25,77	35,57	VII	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
	29,45	35,67	25,74	27,25		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
IV	34,37	37,46	30,38	27,86	VIII	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

Legenda: - porucha měřícího zařízení

Kampaň:

I 04. - 11. 04. 2005

II 23. - 30. 05 .2005

III 27. 06. - 04. 07. 2005

IV 22. - 29. 08. 2005

V 10. - 17. 10. 2005

VI 28. 11. - 05. 12. 2005

VII 16. - 23. 01. 2006

VIII 27. 02. - 06. 03. 2006

K výpočtu rizik škodlivin PM, byly zvoleny diagnózy, jež lze považovat za indikátory znečištěného ovzduší vztahující se k příslušné škodlivině. Parametry použité k výpočtu relativních rizik RR, respektive OR jsou převzaty, z důvodu nedostatku českých údajů, z evropských epidemiologických studií, což může lehce zkreslit výsledky kvantifikace rizika. Proto by se mělo na celkový počet zasažených osob pohlížet jako na přibližný odhad a ne jako na absolutní číslo.

Frakce	**Diagnóza**	**C koncentrace ($\mu g/m^3$)**	**RR OR**	**π celková prevalence (%)**	**Δπpočet případů způsobený jen vlivem noxy (%)**	**Celkový počet zasažených osob z dané populace způsobený vlivem noxy: (Celkem - 1412 osob, dospělí - 941, děti - 471)**
$PM_{2.5}$	Astma dospělých	Max. denní 105,79	Uvádí se absolutní hodnota denní incidence I = β x ln C Incidence I=0,28 záchvatů denně			0,0026 osoby pro daný den
PM_{10}	Celková úmrtnost	Max.denní 114,42	Akutní 1,1472	28,8 x 10-6	3,7 x 10-6, tj 3,7 z milionu denně	0,0052 osoby z celkové populace pro daný den
	Bronchitida u dětí	Průměrná roční 50,24	3,7483	0,104, tj.10,4% z celkového počtu dětské populace	7,4 % z celkového počtu dětí	Necelých 35 případů (přesněji 34,8)
TSP	Akutní zánět horních cest dýchacích dětí	Max.denní 143.03	Akutní 1,9033	0,115 tj. 11,5 % z celkového počtu dětské populace	5,1 % z celkového počtu dětí	24 případů pro daný den
	Chronický zánět cest dýchacích. dětí	Průměrná roční 62,80	2,4858	0,071 tj.7,1% z celkového počtu dětské populace	4,1 % z celkového počtu dětí	Přibližně 19 případů (přesněji 19,3)
	Chronický zánět cest dýchacích dospělých	Průměrná roční 62,80	6,1793	0,075 tj. 7,5% z celkové populace dospělých	6,2 % z celkového počtu dospělých	Přibližně 58 případů (přesněji 58,3)

*Pro výpočet koncentrací TSP byl použit přepočet koncentrace PM_{10} daný vztahem: $C_{PM10} = 0,8 \times C_{TSP}$

Frakce	Diagnóza	C koncentrace (µg/m^3)	RR OR	Δπ celková prevalence (%)	Δπ počet případů způsobený jen vlivem noxy (%)	Celkový počet zasažených osob z dané populace způsobený vlivem noxy: (Celkem -1091 osob, dospělí - 727, děti - 364)
$PM_{2.5}$	Astma dospělých	Max. denní 92,27	Uvádí se absolutní hodnota denní incidence I = β x ln C Incidence I=0,27 záchvatů denně			0,0025 osoby pro daný den
PM_{10}	Celková úmrtnost	Max.denní 70,54	Akutní 1,0883	27,3 x 10-6	2,2 x 10-6, tj. 2,2 z milionu denně	0,0024 osoby z celkové populace pro daný den
	Bronchitida u dětí	Průměrná roční 35,56	2,5477	0,073, tj.7,3 % z celkového počtu dětské populace	4,3 % z celkového počtu dětí	Necelé 2 případy (přesněji 1,6) z dětské populace
TSP	Akutní zánět horních cest dýchacích dětí	Max.denní 88,18	Akutní 1,4871	0,092 9,2 tj. % z celkového počtu dětské populace	2,8 % z celkového počtu dětí	Přibližně 10 případů pro daný den (přesněji 10,2)
	Chronický zánět cest dýchacích dětí	Průměrná roční 44,45	1,9050	0,056 tj. 5,6 % z celkového počtu dětské populace	2,6 % z celkového počtu dětí	Přibližně 9 případů (přesněji 9,5)
	Chronický zánět cest dýchacích dospělých	Průměrná roční 44,45	3,6295	0,046 tj. 4,6 % z celkové populace dospělých	3,3 % z celkového počtu dospělých	24 případů

*Pro výpočet koncentrací TSP byl použit přepočet koncentrace PM_{10} daný vztahem: $C_{PM10} = 0,8 \times C_{TSP}$

Z údajů týdenních monitorovacích kampaní proběhlých v průběhu roku 2005 - 2006 na lokalitě 1 bylo zjištěno, že nejvyšší denní 24hodinová koncentrace PM10 činila 114,4 µg.m^{-3} a vypočtená průměrná roční hodnota této škodliviny je 50,2 µg.m^{-3}, na lokalitě 2 pak činila 70,5 35,6 µg.m^{-3}. Zatím co u lokality 1 lze na základě získaných hodnot oprávněně předpokládat, že četnost překročení imisního limitu pro PM10 bude častější než dovoluje NV 350/2002 Sb., u lokality 2 lze předpokládat, že četnost překročení imisního limitu pro PM10 bude splňovat požadavky již citovaného NV.

Koncentrace PAH v ovzduší modelových lokalit (tab. 4) odpovídají hodnotám, které bývají stanovovány v prostředí se střední intenzitou dopravy nebo průmyslu. Například v městském ovzduší v Birminghamu se průměrné koncentrace 16 PAH pohybovaly v rozmezí 28,7 – 62,9 ng.m^{-3} [5]. Nejvyšší koncentrace byly zjištěny pro fenanthren, fluoranthen a pyren. V Chicagu byly celkové průměrné koncentrace PAH 113 ± 15,5 ng.m^{-3}, DDT 0,082 ± 0,01 ng.m^{-3}, HCH 0,13 ± 0,01 ng.m^{-3} a PCB 1,81 ± 0,17 ng.m^{-3} [6] a v Londýně a Manchesteru byly v městském ovzduší v letech 1991 - 1998 zjištěny celkové průměrné koncentrace 12 PAH 32,5 až 61,5 resp. 35,7 až 107,9 ng.m^{-3} [7]. Z uvedených hodnot je patrná dobrá shoda s výsledky analýz ovzduší na sledovaných lokalitách města Brna, kde na lokalitě 1 a 2 byly naměřeny hodnoty celkových koncentrací 10 netěkavých PAH (fluoranthen, pyren, benz[a]anthracen, chrysen, benzo[b]fluoranthen, benzo[k]fluoranthen, benzo[a]pyren, indeno[1, 2, 3-cd]pyren, benzo[ghi]perylen, koronen) v rozmezí 1,3 – 177 ng.m^{-3}. Na lokalitě 1 byly průměrné roční hodnoty 20,7 ng.m^{-3} a na druhé lokalitě 19,2 ng.m^{-3}.

Kampaň	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
Lokalita	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2

Kampaň	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
Naftalen	3,83	4,01	2,01	2,09	2,17	1,01	3,58	2,90	0,58	0,55	0,87	0,86	2,13	2,05	1,60	1,30
Acenaftylen	0,22	0,18	0,07	0,03	0,03	<0,03	0,06	<0,03	0,04	0,03	0,25	0,14	0,65	0,34	0,25	0,28
Acenaften	0,17	0,17	0,11	0,10	0,04	0,05	0,10	0,05	<0,03	<0,03	0,13	0,10	0,07	0,04	0,04	<0,03
Fluoren	0,43	0,41	0,44	0,27	0,33	0,20	0,48	0,47	0,06	0,06	0,32	0,30	0,99	0,73	0,50	0,51
Fenanthren	8,11	8,35	6,80	4,28	5,06	3,03	6,92	6,29	0,90	0,65	3,63	3,44	5,28	5,17	4,42	4,70
Anthracen	0,41	0,33	0,36	0,27	0,32	<0,03	0,44	0,32	0,10	0,05	0,40	0,24	0,69	0,56	0,54	0,69
Fluoranthen	3,08	2,86	1,09	0,68	0,93	0,52	1,37	0,84	2,04	1,48	8,43	7,75	7,20	6,42	5,66	7,21
Pyren	4,84	4,60	1,41	1,04	1,14	0,90	2,67	1,88	3,64	2,71	9,35	7,74	6,76	5,66	6,76	8,34
Benz[a]anthracen	0,61	0,51	0,37	0,20	0,08	<0,03	0,16	0,10	0,90	0,63	4,90	3,98	2,55	2,35	2,24	2,95
Chrysen	1,14	1,08	0,60	0,35	0,18	<0,03	0,18	0,05	1,38	1,00	6,52	6,02	4,24	3,89	3,71	4,07
Benzo[b]fluoranthen	0,47	0,50	0,50	0,34	0,07	<0,03	0,07	0,05	0,39	0,32	3,85	4,26	3,09	2,92	2,77	3,21
Benzo[k]fluoranthen	0,47	0,89	0,42	0,24	0,04	<0,03	0,08	0,04	0,45	0,33	6,75	5,39	2,13	1,65	1,84	2,88
Benzo[a]pyren	0,78	0,92	0,58	0,52	0,09	0,07	0,18	0,12	0,38	0,18	7,75	5,25	1,90	1,18	2,61	3,03
Indeno[1,2,3cd]pyren	0,80	1,14	0,35	0,41	0,52	<0,03	0,17	0,19	0,49	0,21	3,61	3,58	2,87	1,56	2,21	3,37
Dibenz[a,h]anthracen	0,63	0,61	0,25	0,30	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,06	0,03	0,16	0,22	0,09	0,07	0,04	0,16
Benzo[ghi]perylen	1,30	1,19	0,84	0,65	0,18	<0,03	0,20	0,03	0,31	0,14	2,36	3,23	3,37	1,83	2,53	4,00
Koronen	1,54	2,46	1,17	0,63	0,29	0,17	0,49	0,12	0,38	0,26	2,10	2,65	1,60	0,96	1,71	2,47
Σ PAH dle EPA	27,3	27,8	16,2	11,8	11,2	5,8	16,7	13,3	11,7	8,4	59,3	52,5	44,0	36,4	37,7	46,7

Kampaň:

I 04. - 11. 04. 2005

II 23. - 30. 05. 2005

III 27. 06. - 04. 07. 2005

IV 22. - 29. 08. 2005

V 10. - 17. 10. 2005

VI 28. 11. - 05. 12. 2005

VII 16. - 23. 01. 2006

VIII 27. 02. - 06. 03. 2006

Z hodnocení zdravotních rizik vyplývá, že pravděpodobnost výskytu nádorového onemocnění v důsledku expozice PAH je akceptovatelná v případě individuálního celoživotního rizika (ILCR) a to na obou lokalitách pro dospělou osobu i děti, kdy nedošlo k překročení „zdravotně bezpečné“ hodnoty (1.10^{-6}).

Při posuzování populačního rizika (APCR) je patrné výrazné překročení limitní hodnoty zejména u dětské populace a proto lze hovořit o významném riziku výskytu nádorových onemocnění jak u dospělé populace, tak u dětské.

Lokalita	ILCR		APCR	
	Dospělí	Děti	Dospělí	Děti
1	1,38E-07	5,78E-06	1,30E-04	2,72E-03
2	1,24E-07	5,21E-06	9,02E-05	1,90E-03

Závěr

K hodnocení zdravotních rizik bylo použito dvou postupů. Je to jednak vyhodnocení nárůstu definovaných diagnóz vlivem krátkodobé nebo chronické expozice standardními škodlivinami typu polétavého prachu TSP, PM_{10} a $PM_{2,5}$. Výsledky vyhodnocení zdravotních rizik standardních imisních

škodlivin nasvědčují, že již dnešní zátěž obyvatel v okolí obou monitorovaných míst je významná a na zdraví obyvatel zde žijících se podílí. Hodnoty pravděpodobnosti akutního úmrtí na inhalaci prachu PM_{10} (0,0052 resp. 0,0024 osoby z exponované populace), je sice hodnota zdánlivě nízká, ale její riziko je prakticky srovnatelné s rizikem karcinogenním (počet celkových úmrtí touto jednodenní expozicí maximální koncentrací PM_{10} je 2,2 resp. $3{,}7.10^{-6}$ pro monitorované lokality) Hodnoty počtu příčinně identifikovaných diagnóz chronických zánětů horních a dolních dýchacích cest, tedy respiračních chorob jsou potom již zcela varující. 27 obyvatel lokality 1, resp. 14 obyvatel. lokality 2 trpí chronickým zánětem horních cest dýchacích v důsledku celoroční expozice oxidem dusičitým a to bez ohledu na fakt, že jeho okamžité i průměrné koncentrace vyhovují legislativním limitům. Ještě výmluvnějším je odhad počtu nových případů astma u dětí vlivem expozice touto škodlivinou (11 resp. 6 dětí na těchto lokalitách).

Výsledky uvedené v tabulce 5 jednoznačně prokazují, že již tato omezená sestava karcinogenů je potenciálně riziková pro exponované obyvatele blízkého okolí obou lokalit. Pravděpodobnost výskytu nádorového onemocnění u dětí díky expozici PAH překračuje tolerovatelnou hodnotu 1.10^{-6} na obou lokalitách. Pravděpodobnost výskytu nádorového onemocnění v důsledku celoživotní expozice vybranými PAH je pro dospělou populaci akceptovatelné na lokalitě 2, na lokalitě 1 je vypočtená hodnota nepatrně vyšší než „zdravotně bezpečná“ tolerovatelná hodnota.

Použitá literatura:

- [1] WATKISS, P., PYE, S., HOLLAND, M.: CAFE CBA: Baseline analysis 2000 to 2020, CAFE Programe, 2005.
- [2] NISBET, K., LAGOY, J.: Toxic equivalency factors (TEFs) polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), Reg. Toxicol. Pharmacol., 16, 1992, p. 290 – 300.
- [3] Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí pro hodnocení rizika. Věstník MŽP ČR č. 9, 2005
- [4] AUNAN, K.: Exposure-Response functions for health effects of air pollutants based on epidemiological findings, 1995, University of Oslo.
- [5] DUAN F. K., HE K. B., MA Y. L., YANG F. M., YU X. C., CADLE S. H., CHAN T., MULAWA P. A.: Concentration and chemical characteristics of PM2.5 in Beijing, China: 2001 – 2002, Science of Total Environment, 355, 2006, p. 264 – 267.
- [6] HARRISON, R.M., SMITH, D.J.T., LUHANA L.: Source Apportionment of Atmospheric Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Collected from an Urban Location in Birmingham, U.K. Environ. Sci. Technol., 30, 1996, 825-832.
- [7] HARRISON, R.M., TILLING R., CALLÉN ROMERO, M.C., HARRAD, S., JARVIS K.: A Study of Trace Metals and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Roadside Environment. Atmos. Environ., 37, 2003, 2391-2402.