

RNDr Jan Maňák, EKOAIR – Služby čistotě ovzduší

VÝDECHOVÝ OBJEKT OCTÁRNA Z TUNELŮ MO
MALOVANKA - TRÓJA

Rozptylová studie pro emise znečišťujících látek z dopravy

Zpracoval: RNDr Jan Maňák

Grafická spolupráce: Jan Maňák jr.

č.z. 498/08

Praha, duben 2008

VÝDECHOVÝ OBJEKT OCTÁRNA Z TUNELŮ MO MALOVANKA - TRÓJA

Rozptylová studie pro emise znečišťujících látek z dopravy

1. Úvod

Tato studie byla zpracována v souvislosti se stavbou tunelového úseku pražského Městského okruhu mezi Malovankou a Trójou. Znečištěný vzduch z tunelů bude vypouštěný výdechovými objekty na Letné a ve Střešovicích. Výdechový objekt ve Střešovicích bude umístěn v ulici Nad Octárnou. Cílem studie je vyhodnotit znečištění ovzduší, které ve svém okolí bude výdechový objekt působit, a to jednak samostatně a jednak v součtu s ostatními emisemi z dopravy po okolních ulicích. Zároveň má studie ukázat rozdíly ve znečištění ovzduší budoucnu, pokud budou tunely MO v provozu a pokud by v provozu nebyly.

Studie byla vypracována podle Návrhu na zpracování rozptylové studie pro výdechový objekt Octárna [1], pouze byl z návrhu vyřazen bod A3 (alternativní umístění výdechového objektu a změny jeho výšky), který byl předmětem samostatné studie [2].

Studie obsahuje výpočet maximálních krátkodobých a průměrných ročních koncentrací NO₂, prachu - PM₁₀, benzenu, 1,3 butadienu, formaldehydu a benzo(a)pyrenu (BaP) způsobených v Praze 6 a 1 v oblasti východních Střešovic, Ořechovky, okolí Prašného mostu a západní části Pražského hradu emisemi z automobilového provozu v tunelech MO a na ostatních hlavních komunikacích v tomto území včetně výdechového objektu Octárna. Výpočet byl proveden pro předpokládaný stav v r.2012 ve 2 variantách:

1. Varianta 1 nulová pro stav bez tunelů MO
2. Varianta 2 pro stav, kdy budou tunely MO a výdech Octárna v provozu

Kromě toho bylo vypočtené znečištění ovzduší od samotného výdechového objektu Octárna jednak při dopravní špičce a jednak při kongescích v tunelech MO (režim Stop & Go). Stanovený byl také vliv nižší teploty vzduchu z tunelů na výšku vlečky znečištěného vzduchu a na koncentrace NO₂ v okolí výdechu.

Výpočet byl proveden metodikou SYMOS upravenou podle nových postupů zohledňujících požadavky nové legislativy týkající se ochrany ovzduší. Vypočtené znečištění ovzduší z dopravy se týká pouze dopravy po níže uvedených úsecích komunikací, nikoliv dopravy na ostatních silnicích ani jiných zdrojů znečištění.

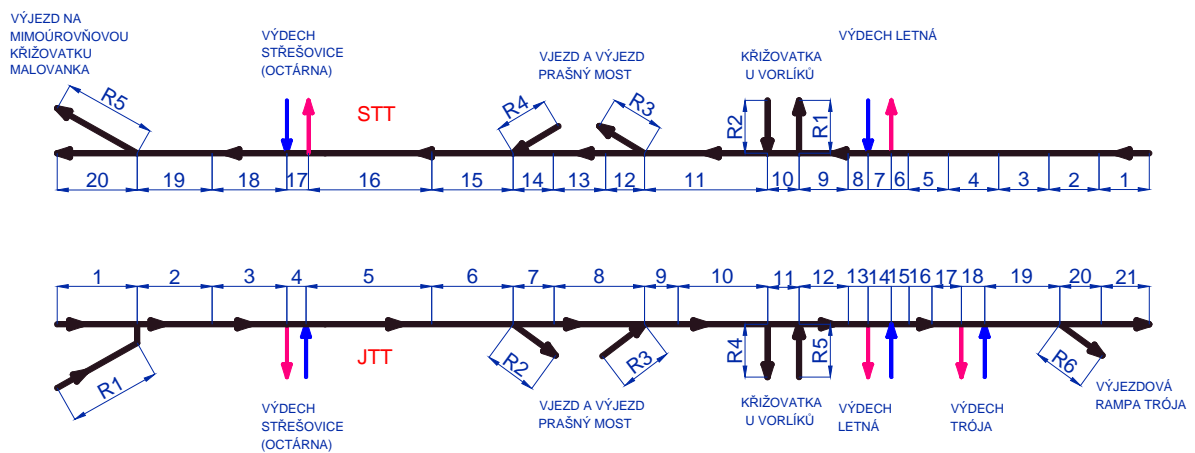
Studie je doplněná odhadem imisního pozadí na základě výsledků výpočtu podle modelu ATEM v r.2006.

2. Vstupní údaje

2.1. Tunely Městského okruhu a jejich větrání

Tunely úseku MO Malovanka - Trója začínají na mimoúrovňové křižovatce Malovanka u severního vyústění Strahovského tunelu a povedou zhruba v trase ulic Patočkova a Milady Horákové ke křižovatce na Prašném mostě, kde budou výjezdy a vjezdy. Pokračovat budou na Letnou, kde budou opět výjezdy a vjezdy na křižovatce U Vorlíků. Za touto křižovatkou se tunely stočí k severu a budou klesat v dlouhém oblouku pod úroveň Vltavy, kterou podejdou a vyústí na povrch na Trojském břehu Vltavy západně od křižovatky Pelc-Tyrolka. Severní tunelová trouba (STT) bude sloužit pro dopravu z Tróje na Malovanku a jižní (JTT) pro dopravu ve směru Malovanka - Trója. Podklady pro stanovení emisí z tunelů včetně průtoků vzduchu byly převzaty z práce [3].

Schéma tunelů je znázorněné na následujícím obrázku. Černé šipky zobrazují směr jízdy vozidel. Ostatní šipky zobrazují nucený odvod a přívod vzduchu strojovnou.



Jednotlivé úseky tunelů jsou popsány v následující tabulce, která obsahuje jejich délku, podélný sklon a počet pruhů v tunelech.

STT				JTT			
úsek	délka	stoupání	počet jízdních pruhů	úsek	délka	stoupání	počet jízdních pruhů
i	L	s	pp	i	L	s	pp
-	m	±%	-	-	m	±%	-
1	125	-1.26	3	1	105	-2.8	2
2	450	-3.41	3	2	200	-2.8	3
3	358	-3.41	2	3	183	-3.5	3
4	900	0.5	2	4	40	-3.5	3
5	379	5	2	5	319	-3.5	3
6	180	5	3	6	236	-0.5	3
7	140	5	3	7	180	-0.5	2
8	253	5	3	8	378	-3.62	2
9	130	5	3	9	164	-3.62	3
10	153	5	3	10	657	-0.3	3
11	594	0.3	3	11	125	-5	3
12	97	3.62	3	12	75	-5	3
13	355	3.62	2	13	328	-5	3
14	159	0.5	2	14	50	-5	3
15	258	0.5	3	15	600	-5	2
16	359	3.5	3	16	870	-0.5	2
17	40	3.5	3	17	350	3.41	2
18	143	3.5	3	18	40	3.41	2
19	164	2.8	3	19	237	3.41	3
20	140	2.8	3	20	175	3.41	2
R1	100	6.5	1	21	125	1.26	2
R2	78	-6.5	1	R1	82	-2	1
R3	50	4	1	R2	115	4	1
R4	75	-4	1	R3	110	-4	1
R5	165	4	1	R4	177	4	1
				R5	210	-4	1
				R6	80	4	1

Intenzita dopravy v tunelech byla převzatá ze zprávy [4] a týká se r.2012. Intenzity v uvedené zprávě byly uvedené ve skladbě "Všechna vozidla" (C), "Pomalá vozidla" (P) a "Těžká vozidla" (T). Pro potřeby rozptylové studie byly přepočtené podle vztahů

OA - osobní auta = C - P

LNA - lehká nákladní auta (do 6 t) = P - T

TNA - těžká nákladní auta a autobusy = T

Takto vypočtené intenzity provozu jednotlivých druhů vozidel jsou obsažené v následující tabulce v jednotkách počet vozů za 24 hodin.

Intenzity provozu v tunelech MO v r.2012

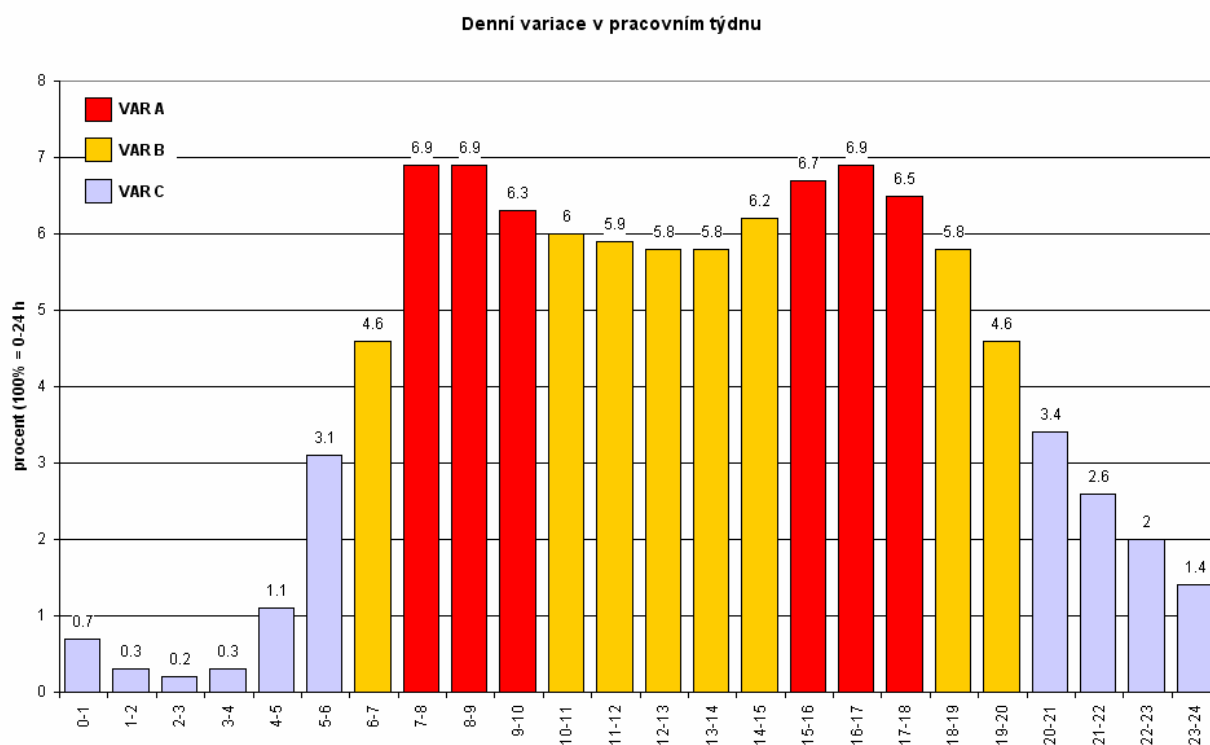
Komunikace úsek	Délka (m)	Počet vozů za 24 hod.		
		OA	LNA	TNA
STT směr Trója - Malovanka				
úseky 1 - 9	2915	33840	1760	1000
úsek 10	153	28260	1620	920
úsek 11	594	45100	1900	1000
úseky 12-14	611	31190	1420	790
úseky 15 - 20	1104	42360	1790	950
Celkem	5377			
JTT směr Malovanka - Trója				
úseky 1 - 6	1083	47650	2180	970
úseky 7 - 8	558	29680	1690	830
úseky 9 - 10	821	44850	2180	970
úsek 11	125	28860	1810	830
úseky 12 - 19	2550	34540	1920	940
úseky 20 - 21	300	22430	1490	680
Celkem	5437			

Intenzita dopravy v tunelech bude samozřejmě během dne kolísat. Toto kolísání je pro průměrný pracovní den znázorněné na grafu na následující stránce přejatém z [5]. Zároveň dosahuje intenzita dopravy podle [5] v sobotu 68% a v neděli 62% hodnot uvedených na grafu.

Z grafu je patrné, že lze stanovit 3 varianty intenzity dopravy:

- A - dopravní špička - 6 hodin denně v pracovních dnech, tj. 30 hodin za týden. Předpokládá se, že v každé z těchto hodin projede tunelem 7% denního množství aut, což je 1,68-krát víc než průměrná hodnota získaná vydělením denního množství aut 24 hodinami.
- B - denní provoz - 8 hodin denně v pracovních dnech a 13 hodin denně v sobotu a neděli, tj. po 66 hodin týdně. Zprůměrováním intenzit za tyto hodiny (včetně započtení snížené intenzity v sobotu a neděli) získáme údaj, že v každé z těchto hodin projede tunelem 4,98% denního množství aut, což je 1,195-krát více než průměrná hodnota.

C - noční provoz - 10 hodin denně v pracovních dnech a 11 hodin denně v sobotu a neděli, tj. 72 hodin za týden. Zprůměrováním intenzit za tyto hodiny (včetně započtení snížené intenzity v sobotu a neděli) získáme údaj, že v každé z těchto hodin projede tunelem 1,404% denního množství aut, což je 0,337-násobek průměrné hodnoty.



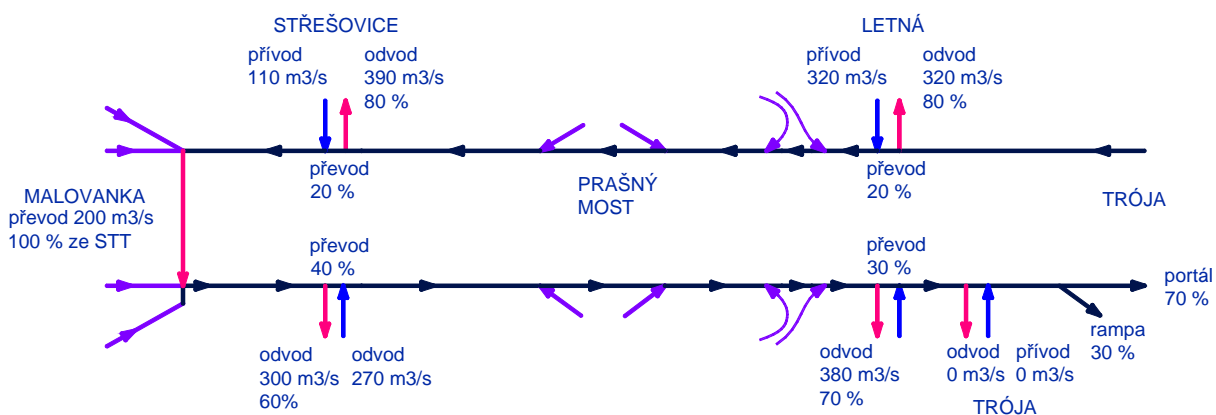
Větrání tunelů bude záviset na intenzitě dopravy v tunelech a bude rozdílné pro provoz ve špičce, mimo špičku (denní provoz) a v nočním provozu.

A) Větrání tunelů v dopravní špičce

V dopravní špičce bude v provozu vzduchotechnika v tunelech, která zajistí, že v místech portálů tunelů a v místech nájezdů a výjezdů nebude z tunelů žádný vzduch unikat ven. Znečištěný vzduch z tunelů bude odváděn do výdechů na Letné a ve Střešovicích (Octárna) a zde vypouštěný do ovzduší. Schéma proudění vzduchu skrz tunely je znázorněné na následujícím obrázku převzatém z [3] (intenzity na obrázku byly vyhodnocené jinak - viz stanovení A).

VAR A

špičková hodinová intenzita z 24h [6,9]; [4,76]; [4,34] %



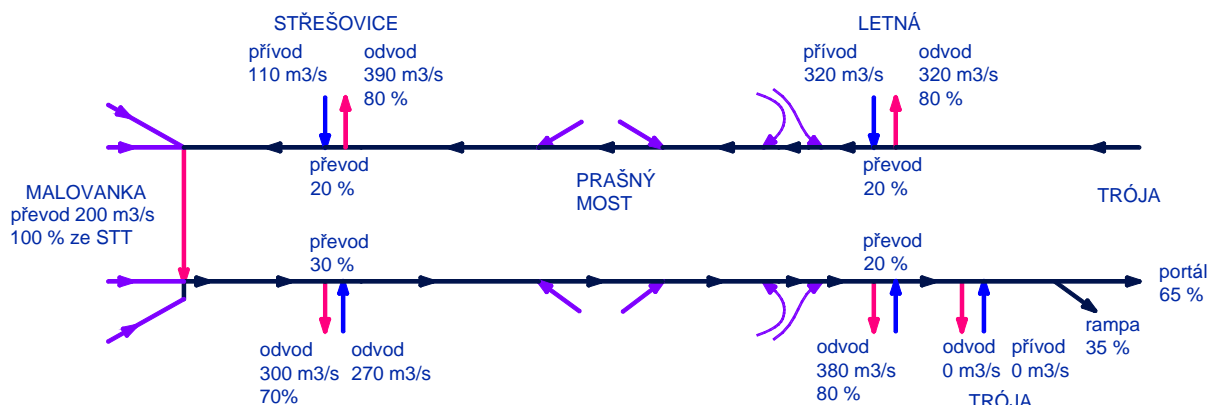
Z obrázku vyplývá, že do portálu SST v Tróji bude nasáváno 400 m³/s vzduchu, do portálu JTT na Malovance 292,5 m³/s vzduchu a u Malovanky bude všechen vzduch převáděný ze STT do JTT. Výdechovým objektem Octárna bude vypouštěno 690 m³/s vzduchu. Hodnoty přívodu a odvodu vzduchu u výdechu v Tróji nemají pro tuto studii žádný význam a proto nejsou uvedené.

B) Větrání tunelů v denním provozu

V denním provozu bude rovněž v provozu vzduchotechnika a opět bude platit že v místech portálů tunelů a v místech nájezdů a výjezdů nebude z tunelů žádný vzduch unikat ven. Znečištěný vzduch z tunelů bude odváděn do výdechů na Letné a ve Střešovicích (Octárna) a zde vypouštěný do ovzduší. Schéma prodění vzduchu skrz tunely je znázorněné na následujícím obrázku převzatém z [3] (intenzity na obrázku byly vyhodnocené jinak - viz stanovení B).

VAR B

průměrná hodinová intenzita z 24h [5,6]; [3,8]; [3,47] %

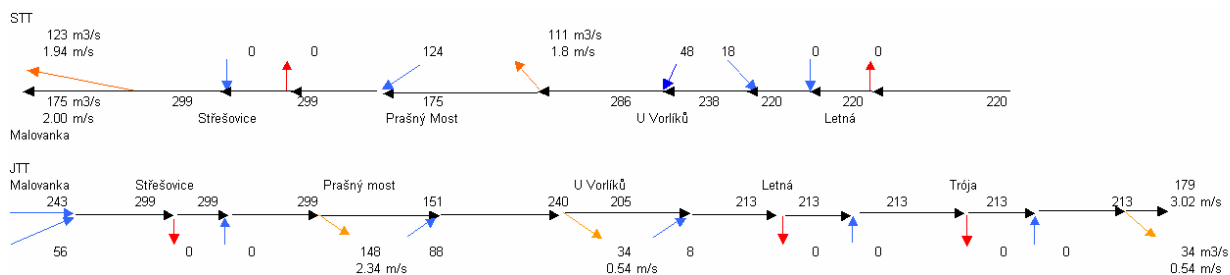


Z obrázku vyplývá, že do portálu SST v Tróji bude nasáváno $400 \text{ m}^3/\text{s}$ vzduchu, do portálu JTT na Malovance $221 \text{ m}^3/\text{s}$ vzduchu a u Malovanky bude všečen vzduch převáděný ze STT do JTT. Výdechovým objektem Octárna bude vypouštěno $690 \text{ m}^3/\text{s}$ vzduchu, tj. stejné množství jako ve var.A. Hodnoty přívodu a odvodu vzduchu u výdechu v Tróji nemají pro tuto studii žádný význam a proto nejsou uvedené.

C) Větrání tunelů v nočním provozu

V nočním provozu vzduchotechnika v tunelech v provozu nebude. Vzduch bude skrz tunely proudit pouze vlivem pístového efektu projíždějících aut a z tunelů bude vycházet jejich výstupními portály na Malovance a v Tróji a na výjezdech na křižovatkách Prašný most a U Vorlíků. Schéma proudění vzduchu skrz tunely je znázorněné na následujícím obrázku převzatém z [3] (intenzity na obrázku byly vyhodnocené jinak - viz stanovení C).

VAR. C



Z obrázku vyplývá, že při nočním provozu nebudou z výdechového objektu Octárna odcházet žádné emise a většina emisí ze STT se do vzduší bude dostávat portálem STT na křižovatce Malovanka.

Výdechový objekt Octárna bude umístěný v ulici Nad Octárnou vedle vozovky v blízkosti domu čp.66 v nadmořské výšce 283 m . Bude mít vnitřní průměr 9 m , stavební výšku $14,5 \text{ m}$ a bude jím v denním a špičkovém provozu odcházet $690 \text{ m}^3/\text{s}$ vzduchu. Výstupní rychlost vzduchu bude vysoká, $11,4 \text{ m/s}$.

K tunelům MO patří ještě Strahovský tunel. Emise z jeho stoupacího tunelu budou ovlivňovat imisní situaci na křižovatce Malovanka a v jejím okolí. Stoupací tunel má délku 2020 m a stoupání v téměř celé délce $+3,2\%$. Předpokládáme, že vzduchotechnika Strahovského tunelu bude v provozu po stejnou dobu jako vzduchotechnika tunelů Malovanka - Trója, tj. v dopravní špičce a v denním provozu, kdy bude emise odvádět do výdechu na Strahově. Při

nočním provozu bude vypnutá a všechny emise ze stoupacího tunelu budou odcházet horním portálem.

Intenzity provozu ve Strahovském tunelu jsou popsány v další kapitole, i zde se však předpokládaly stejné změny intenzity dopravy během dne jako v tunelech Malovanka - Trója.

2.2. Komunikace zahrnuté do výpočtu a intenzity dopravy

Do výpočtu znečištění ovzduší z provozu motorových vozidel byly kromě tunelů MO zahrnuté tyto komunikace s intenzivnějším provozem ve sledovaném území:

1. Svatovítská od Vítězného nám. po ul. M.Horákové
2. Odbočka ze Svatovítské na ul. M.Horákové
3. Pevnostní od Slunné po ul. Na Ořechovce
4. Na Ořechovce od místa 100 m západně od ul. Pod Vyhlídkou po ul. M.Horákové
5. Střešovická od ul. V Průhledu po Patočkovu
6. Patočkova od úrovně Skupovy po ul. Na Ořechovce
7. ul. M.Horákové od Na Ořechovce po severní napojení ul. Na Valech
8. Myslbekova od Patočkovy po Dlabačov
9. Dlabačov, Keplerova, Jelení a Mariánské Hradby od Myslbekovy po místo 150 m východně od ul. U Prašného mostu
10. U Brusnice od ul. M.Horákové po Jelení
11. Část MO mezi severním portálem Strahovského tunelu a portálem Malovanka
12. Stoupací tunel Strahovského tunelu

Údaje o intenzitě provozu v obou základních variantách výpočtu v r.2012 (bez tunelů Malovanka - Trója a s provozem v těchto tunelech) na těchto komunikacích byly získány z práce [4]. Intenzity dopravy jsou zde uvedeny ve skladbě "Všechna vozidla" (C), "Pomalá vozidla" (P) a "Těžká vozidla" (T), navíc byly uvedeny ještě autobusy MHD.

Intenzity provozu jednotlivých druhů vozidel jsou obsaženy v následujících tabulkách v jednotkách počet vozů za 24 hodin. Na povrchových komunikacích jde o součet intenzit dopravy v obou směrech. Ve Strahovském tunelu byla do výpočtu zahrnutá pouze doprava ve stoupacím tunelu, protože tunely mají pro každý směr samostatný tubus. V tabulkách značí:

OA - osobní auta = C - P

LNA - lehká nákladní auta (do 3,5 t) = P - T

TNA - těžká nákladní auta a autobusy mimo autobusy MHD = T

BUS - autobusy MHD

Intenzity provozu v r.2012 ve variantě 1 (bez tunelů Malovanka - Trója)

Komunikace úsek	Délka (m)	Počet vozů za 24 hod.			
		osobní	leh.nákl.	těž. nákl.	bus
Svatovítská					
Vítězné nám. - gen.Píky	220	29210	750	340	490
gen.Píky - Pod Hradbami	250	29210	750	340	650
Pod Hradbami - M.Horákové	130	20260	670	70	390
Odbočka Svatovítské					
Svatovítská - M.Horákové	130	8840	250	110	260
Pevnostní					
Slunná - Na Ořechovce	350	9590	190	20	0
Na Ořechovce					
od západu - Slunná	800	3030	120	50	60
Slunná - Pevnostní	310	3600	180	20	0
Pevnostní - M.Horákové	90	13190	370	40	0
Střešovická					
V Průhledu - Sibeliova	840	11990	200	110	0
Sibeliova - Patočkova	200	13540	230	130	0
Patočkova					
od západu - Za Hládkovem	670	35420	1020	360	750
Za Hládkovem - Myslbekova	350	50740	1420	540	750
Myslbekova - Střešovická	250	52050	1310	640	950
Střešovická - Na Ořechovce	400	53210	1420	670	950
M.Horákové					
Na Ořechovce - odbočka Svatovítské	230	51140	1410	650	1020
Odbočka Svatovítské - Svatovítská	110	42300	1160	540	760
Svatovítská - Na Valech, S napojení	300	38650	1140	510	620
Myslbekova					
Patočkova - Dlabačov	580	6500	200	100	200
Dlabačov					
Myslbekova - Pohořelec	300	24410	530	160	0

Keplerova, Jelení, Mariánské Hradby					
Pohořelec - U Brusnice	830	22420	490	190	0
U Brusnice - směr východ	600	20170	410	220	0
U Brusnice					
M.Horákové - Jelení	170	11420	300	80	0
Okruh v prostoru křižovatky Malovanka					
Strahov.tunel, hor.portál - Patočkova	240	50900	1020	380	0
Strahovský tunel					
stoupací tunel Smíchov - Malovanka	2020	25120	590	190	0
Celkem	10370				

Intenzity provozu v r.2012 ve variantě 2 (s provozem tunelů Malovanka - Trója)

Komunikace úsek	Délka (m)	Počet vozů za 24 hod.			
		osobní	leh.nákl.	těž. nákl.	bus
Svatovítská					
Vítězné nám. - gen.Píky	220	48720	1360	520	490
gen.Píky - Pod Hradbami	250	48720	1360	520	650
Pod Hradbami - M.Horákové	130	37550	980	370	390
Odbočka Svatovítské					
Svatovítská - M.Horákové	130	11170	380	150	260
Pevnostní					
Slunná - Na Ořečovce	350	12350	170	80	0
Na Ořečovce					
od západu - Slunná	800	3170	290	40	60
Slunná - Pevnostní	310	4490	370	40	0
Pevnostní - M.Horákové	90	16840	540	120	0
Střešovická					
V Průhledu - Sibeliova	840	16580	380	140	0
Sibeliova - Patočkova	200	18300	440	160	0

Patočkova					
od západu - Za Hládkovem	670	48920	2330	1050	750
Za Hládkovem - Myslbekova	350	12540	320	140	750
Myslbekova - Střešovická	250	14280	320	100	950
Střešovická - Na Ořechovce	400	16230	430	140	950
M.Horákové					
Na Ořechovce - odbočka Svatovítské	230	21220	760	220	1020
Odbočka Svatovítské - Svatovítská	110	21220	760	220	1020
Svatovítská - Na Valech, S napojení	300	41830	1280	490	620
Myslbekova					
Patočkova - Dlabačov	580	4620	110	70	200
Dlabačov					
Myslbekova - Pohořelec	300	10930	160	110	0
Keplerova, Jelení, Mariánské Hradby					
Pohořelec - U Brusnice	830	9800	120	180	0
U Brusnice - směr východ	600	12250	190	160	0
U Brusnice					
M.Horákové - Jelení	170	11110	240	50	0
Okruh v prostoru křižovatky Malovanka					
Strahov.tunel, hor.portál - křižovatka	140	77060	2720	1020	0
křižovatka - portál tunelu Malovanka	100	90010	3970	1920	0
Strahovský tunel					
stoupací tunel Smíchov - Malovanka	2020	38850	1530	520	0
Celkem	10370				

Uvedené intenzity dopravy budou podléhat stejným kolísáním během dne, s jakým se počítá v tunelech MO - viz str.6 - 7.

2.3. Emise z provozu motorových vozidel

Emise NO_x, prachu - PM10, benzenu, 1,3 butadienu a formaldehydu z automobilového provozu byly vypočtené na základě intenzit provozu jednotlivých druhů vozidel a délky jednotlivých úseků komunikací pomocí programu MEFA 06. Program MEFA 06 umožňuje výpočet emisí 15 znečišťujících látek z libovolného množství úseků silnic, pokud je pro každý

úsek zadána délka, podélný sklon, rychlost vozidel, plynulost dopravy a počet osobních, lehkých nákladních, těžkých nákladních aut a autobusů za den. Přitom je počítáno s dynamickou skladbou vozového parku pro zvolený výpočtový rok a typ silnice, tj. s tím, jaké procento z určitého druhu vozidel splňuje jaké emisní normy a jakým procentem se taková vozidla podílejí na provozu. Navíc je možné zvolit směrově rozlišená nebo nerozlišená data o intenzitě dopravy. Plynulost dopravy se podle programu MEFA 06 určuje tak, že plynulému provozu na silnicích v extravilánu odpovídá hodnota 1, pro plynulý provoz ve městě, kdy vozidla občas zastavují na křižovatkách je zadávána hodnota 2 – 3. Při popojíždějí koloně vozidel (režim Stop & Go) je třeba použít hodnotu plynulosti 8 – 9, ve výjimečných případech až 10.

Pro výpočet emisí v této studii byl zvolený výpočtový rok 2012 a skladba vozového parku odpovídala Praze. Mimo tunely byla použita směrově nerozlišená data o intenzitě dopravy, v tunelech směrově rozlišená data. Rychlost jízdy byla stanovena podle údajů v [4], plynulost jízdy byla odhadnuta podle zkušeností s průměrným denním provozem na uvedených komunikacích. Použité rychlosti a plynulosti dopravy obsahuje tabulka:

Silnice	Rychlost jízdy (km/h)	Plynulost jízdy (stupeň)
Svatovítská, Vít.nám. - gen. Píky	35	3
Svatovítská, gen.Píky - Pod Hradbami	35	2
Svatovítská, Pod Hradbami - M.Horákové	35	4
Odbočka Svatovítské na ul. M.Horákové	35	4
Pevnostní	35	2
Na Ořechovce *) u křiž. s Patočkovou	35	1 *) 3
Střešovická *) u křiž. s Patočkovou	45	2 *) 3
Patočkova, od západu - Myslbekova	35	4
Patočkova, Myslbekova - Na Ořechovce	35	3
M.Horákové, Na Ořechovce - Svatovítská	35	3
M.Horákové, Svatovítská - Na Valech	45	2
Myslbekova	35	2
Dlabačov	35	3
Keplerova, Jelení, Mariánské Hradby	35	2
U Brusnice	25	3
MO, křižovatka Malovanka mezi tunely	60	2
Tunelové úseky MO včetně Strahovsk.tun.	60	1

Protože program MEFA 06 neobsahuje výpočet emisí benzo(a)pyrenu, byly emise BaP z dopravy po sledovaných úsecích komunikací vypočtené na základě emisních faktorů z programu MEFA 02, což je starší verze emisního programu, která však neumožňuje přímý výpočet emisí. Při stanovení emisních faktorů pro BaP se brala v úvahu dynamická skladba vozového parku v r.2012, rychlost jízdy 60 km/h (pro nižší rychlost emise BaP vesměs klesají, takže zůstáváme na straně bezpečnosti) a jednotlivé emisní faktory pro emisní úroveň z r.2010 (pozdější program MEFA 02 neposkytuje). Emise BaP pak byly vypočtené jako součin intenzity dopravy, délky úseku komunikace a koeficientu sklonu, který byl odvozen z nárůstu hodnot emisních faktorů BaP pro silnice se vzrůstajícím podélným sklonem.

Emise BaP vypočtené na základě emisních faktorů z programu MEFA 02 znamenají čisté emise BaP, nikoliv TEQ BaP. Nezahrnují tedy emise ostatních polyaromatických uhlovodíků.

Protože z motorů aut jsou emitovány pouze velmi malé prašné částice, lze všechny emise prachu považovat za emise frakce PM10, tj. za emise částic s rozměrem pod 10 μm .

2.4. Intenzita dopravy v tunelech MO při kongescích (režim Stop & Go)

Zadání rozptylové studie požaduje vypočítat krátkodobá maxima znečištění ovzduší způsobené emisemi ze samotného výdechového objektu Octárna v případě, že v tunelech MO dojde ke kongescím a provoz aut bude v režimu Stop & Go. K tomu je potřeba odhadnout intenzitu dopravy při tomto režimu, tj. počet projíždějících aut za hodinu.

Tento odhad se dá provést na základě vztahu mezi rychlostí vozidel a délkou komunikace potřebnou pro 1 auto, který je graficky znázorněný např. v [6] a který se dá přepsat do rovnice

$$Sp = 6 + 0,4 \cdot v + 0,0008 \cdot v^2$$

kde v je rychlost provozu v km/h a Sp je počet metrů, který v dopravním proudu zabírá 1 auto. Počet projíždějících aut A za hodinu jedním dopravním pruhem při kongesci pak bude na rychlosti záviset podle vztahu

$$A = \frac{1000 \cdot v}{Sp}$$

Pokud hodnoty A vypočteme pro rychlosti 5, 10, 15, 20, 25 ... km/h atd., rozdělíme mezi osobní, lehká nákladní a těžká nákladní auta ve stejném poměru jako v tunelech MO, rychlosti 5 km/h přiřadíme stupeň plynulosti 10 (podle MEFA 06), rychlostem 10 a 15 km/h stupeň plynulosti 9, rychlostem 20 a 25 km/h stupeň 8 atd. a takto získané údaje dosadíme do programu MEFA 06, zjistíme, že nejvyšší emise na 1 km délky tunelu při kongescích obdržíme při rychlosti dopravního proudu 5 km/h. Intenzita dopravy v 1 jízdním pruhu je přitom 588 OA/h, 25 LNA/h a 12 TNA/h, celkem 625 vozidel za hodinu.

V dalším budeme předpokládat nejhorší možný stav, kdy oba tunely MO pro směr tam i zpět jsou zcela zaplněné vozidly pohybujícími se rychlostí 5 km/h. Pokud by čistě teoreticky takový stav trval 24 hodin, projíždělo by skrz tunely za den toto množství vozidel:

	OA	LNA	TNA
tunel o 2 jízdních pruzích	28224	1200	576
tunel o 3 jízdních pruzích	42336	1800	864

Dále budeme předpokládat, že vzduchotechnika v tunelech při tomto stavu bude provozována úplně stejně jako při dopravní špičce a výdechovým objektem Octárna bude odcházet 690 m³/s vzduchu z tunelů.

Za těchto podmínek byly vypočtené koncentrace všech sledovaných znečišťujících látek pouze vlivem emisí z výdechu Octárna při jeho navrhované poloze a jeho původní výšce 14,5 m.

2.5. Referenční body pro výpočet znečištění ovzduší

Maximální krátkodobé a průměrné roční koncentrace a doby překročení zvolených hraničních koncentrací znečišťujících látek z automobilového provozu byly počítané v síti 630 referenčních bodů. Tato síť pokrývá území východních Střešovic, Ořechovky, okolí Prašného mostu a západní části Pražského hradu. Síť má rozměry 1450 x 1000 m a délkový krok 50 m. Referenční body sítě leží v úrovni terénu.

Souřadnice X a Y všech referenčních bodů byly odečtené v souřadném systému, kde osa X směřuje od západu na východ, osa Y směřuje od jihu na sever a jejich průsečík leží 50 m jihozápadně od křižovatky ulic Cukrovarnická a U Laboratoře.

Síť byla doplněna dalšími 41 referenčními body umístěnými na některých stávajících nebo plánovaných budovách v širším okolí výdechového objektu Octárna, aby bylo možné zjistit, jak budou emise z komína tunelu ovlivňovat zejména vyvýšená místa v okolí. Tyto

body leží ve výškách 6 - 34 m nad terénem podle výšek horních hran fasád budov. Nadmořské výšky terénu v místech těchto budov byly zjišťované z podrobných map zájmového území a nadmořské výšky jejich střeš byly získané na Odboru výstavby Úřadu městské části Prahy 6. Tyto referenční body byly zvolené ve větším množství na vyvýšených místech zejména v okolí Sibeliovy ulice a jsou uvedené v následující tabulce, ve které značí:

- X, Y - souřadnice bodu v souřadné síti (m)
- Z - nadmořská výška terénu v místě referenčního bodu (m)
- L - výška referenčního bodu nad terénem (m)

č.	referenční bod	X (m)	Y (m)	Z (m)	L (m)
707	Nad Octárnou čp.410	-35	-295	281	10
708	Nad Octárnou čp.402	55	-235	282	10
709	U Laboratoře čp.66	25	-195	286	6
710	Střešovická čp.400	30	-145	286	12
711	Triangl A	90	-140	281	14
712	Triangl D	100	-185	280	15
713	Triangl G	185	-165	277	18
714	Sibeliova čp.395	-20	-170	289	11
715	Sibeliova čp.390	-85	-205	293	11
716	Střešovická čp.462	-35	-130	288	11
717	Sibeliova čp.568 (Finské vyslanectví)	-100	-160	292	15
718	Sibeliova č.1001	-145	-225	296	8
719	Sibeliova čp.376	-175	-190	297	12
720	Sibeliova čp.374	-220	-205	300	13
721	Sibeliova čp.370	-310	-220	306	11
722	Sibeliova čp.465	-375	-265	311	10
723	Nad hradním vodovodem čp.463	-390	-220	310	12
724	Sibeliova čp.2	-465	-305	315	14
725	Škola Norbertov čp.126	-535	-255	319	19
726	Střešovická čp.565	70	-75	281	16
727	Střešovická čp.439	-5	-65	283	11
728	Patočkova čp.9	-40	-390	271	17
729	Patočkova čp.869	-50	-475	272	20
730	Patočkova čp.712	40	-360	269	13

731	Myslbekova čp.708	80	-425	271	13
732	Hládkov čp.701	70	-510	275	17
733	Myslbekova čp.684	35	-580	279	18
734	Škola Hládkov čp.224	290	-570	277	24
735	Keplerova čp.215	270	-550	274	23
736	Jelení čp.197	490	-110	269	15
737	M.Horákové, Ministerstvo kultury	580	40	257	15
738	Patočkova čp.132 (u vozovny)	415	75	263	7
739	Pevnostní čp.656	420	160	256	13
740	Na Ořechovce čp.580	315	145	260	12
741	Cukrovarnická čp.570	180	45	261	12
742	Cukrovarnická čp.563	115	-5	265	13
743	Loretánské nám.čp.101 (Minis.zahran.)	425	-490	270	34
744	Kapucínská čp.214	545	-395	260	21
745	Dům nad Jelením příkopem	630	-210	267	7
746	U Prašného mostu čp.53 (Jízdárna)	900	-165	260	17
747	Dům Nový Svět, SZ okraj	325	-195	264	7

Kromě toho byly koncentrace počítané ještě v 76 doplňujících referenčních bodech umístěných přímo na sledovaných komunikacích, aby mohla být zachycena maxima koncentrací znečišťujících látek z dopravy. Síť referenčních bodů včetně doplňujících bodů je znázorněná na obr.1.

2.6. Klimatické podklady

K výpočtu průměrných ročních koncentrací a četností překročení zvolených hraničních koncentrací byla použita kombinovaná větrná růžice pro Střešovice. Větrnou růžici dělenou po třídách stability ovzduší a rychlosti větru vypracoval Český hydrometeorologický ústav koncem roku 2007 přímo pro území sledované v této studii. Je uvedena na následující straně.

Z růžice vyplývá, že převažujícím směrem větru v zájmovém území je vítr západní, jihozápadní a severozápadní, které tvoří dohromady 48 % doby v roce. Bezvětrí se vyskytuje po 19 % doby v roce. Inverze se špatnými rozptylovými podmínkami lze očekávat po zhruba 25 % roční doby a vyskytují se častěji při východních směrech větru.

ODBORNÝ ODHAD VĚTRNÉ RŮŽICE PRO LOKALITU PRAHA 6 STŘEŠOVICE
 platná ve výšce 10 m nad zemí v %
 podklad pro metodiku výpočtu znečištění ovzduší

I. třída stability - velmi stabilní										
m.s ⁻¹	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	součet
1,7	0.38	0.56	0.54	0.45	0.27	0.22	0.28	0.31	8.03	11.04
5,0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
11,0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
součet	0.38	0.56	0.54	0.45	0.27	0.22	0.28	0.31	8.03	11.04
II. třída stability - stabilní										
m.s ⁻¹	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	součet
1,7	0.95	1.10	1.30	1.11	0.91	0.75	0.86	1.32	5.50	13.80
5,0	0.05	0.04	0.06	0.05	0.09	0.17	0.11	0.11		0.68
11,0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
součet	1.00	1.14	1.36	1.16	1.00	0.92	0.97	1.43	5.50	14.48
III. třída stability - izotermní										
m.s ⁻¹	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	součet
1,7	0.76	0.93	1.09	1.12	0.93	0.93	1.27	1.53	2.24	10.80
5,0	1.92	0.74	1.72	1.76	1.58	4.41	3.74	2.63		18.50
11,0	0.05	0.00	0.01	0.01	0.01	0.10	0.09	0.09		0.36
součet	2.73	1.67	2.82	2.89	2.52	5.44	5.10	4.25	2.24	29.66
IV. třída stability - normální										
m.s ⁻¹	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	součet
1,7	0.30	0.38	0.55	0.47	0.44	0.46	0.53	0.48	2.05	5.66
5,0	2.04	0.44	0.94	1.03	0.86	6.43	6.59	3.65		21.98
11,0	0.85	0.05	0.07	0.27	0.10	2.13	3.06	1.97		8.50
součet	3.19	0.87	1.56	1.77	1.40	9.02	10.18	6.10	2.05	36.14
V. třída stability - konvektivní										
m.s ⁻¹	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	součet
1,7	0.27	0.45	0.44	0.38	0.46	0.48	0.50	0.40	1.15	4.53
5,0	0.43	0.30	0.28	0.36	0.36	0.93	0.98	0.51		4.15
11,0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
součet	0.70	0.75	0.72	0.74	0.82	1.41	1.48	0.91	1.15	8.68
celková růžice										
m.s ⁻¹	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	součet
1,7	2.66	3.42	3.92	3.53	3.01	2.84	3.44	4.04	18.97	45.83
5,0	4.44	1.52	3.00	3.20	2.89	11.94	11.42	6.90		45.31
11,0	0.90	0.05	0.08	0.28	0.11	2.23	3.15	2.06		8.86
součet	8.00	4.99	7.00	7.01	6.01	17.01	18.01	13.00	18.97	100.00

2.7. Imisní limity, referenční koncentrace a čichové prahy znečišťujících látek

Podle Nařízení vlády [7], kterým se stanovují mj. i imisní limity znečišťujících látek v ovzduší, nesmějí koncentrace znečišťujících látek ve volném ovzduší překročit od r.2010 tyto hodnoty:

Znečišťující látka	Průměrovací doba		
	1 hod.	1 den	1 rok
NO ₂ (µg/m ³)	200	-	40
Prach - PM10 (µg/m ³)	-	50	40
Benzen (µg/m ³)	-	-	5
Benzo(a)pyren (pg/m ³)	-	-	1000

Nařízení vlády [7] připouští překročení imisního limitu 200 µg/m³ pro 1-hodinový průměr koncentrace NO₂ po 18 hodin za rok a překročení limitu 50 µg/m³ pro 1-denní průměr koncentrace prachu - PM10 po 35 dní za rok.

Imisní limity pro NO₂, prach - PM10, benzen a BaP jsou stanovené pro ochranu zdraví lidí, proto by měly být dodrženy zejména v obydlených místech.

Imisní limity ostatních dvou sledovaných znečišťujících látek formaldehydu a 1,3 butadienu nebyly stanovené. Státní zdravotní ústav (SZÚ) však pro ně stanovil tzv. referenční koncentrace, které mají povahu nejvyšších přípustných koncentrací ve volném ovzduší z hlediska zdraví člověka. Přestože nejsou právně závazné, státním orgánům poskytují vodítko při posuzování úrovně znečištění ovzduší. Jsou obsaženy v následující tabulce.

Znečišťující látka	Refer.koncentrace (hodinová hodnota)	Refer.koncentrace (roční průměr)	Zdroj informací
formaldehyd (µg/m ³)	60	-	[8]
1,3 butadien (µg/m ³)	-	0,06	[9], příloha 1

Kvůli možnému srovnávání vypočtených koncentrací s čichovými prahy sledovaných znečišťujících látek poskytl SZÚ informaci o čichových prazích benzenu, formaldehydu a 1,3 butadienu (viz příloha 1, [9]):

Znečišťující látka	Dolní hranice čichového prahu
benzen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4500
formaldehyd ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	60
1,3 butadien ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	360

Z tabulky vyplývá, že čichové prahy benzenu a 1,3 butadienu jsou o několik řádů vyšší než jejich imisní limity nebo referenční koncentrace a proto obtěžování jejich zápachem patrně nebude přicházet v úvahu. Čichový práh formaldehydu je stejný jako jeho hodinová referenční koncentrace. Čichové prahy ale nemají právní závaznost jako imisní limity.

Kritickým účinkem BaP je jeho karcinogenita, proto nemá smysl hodnotit jeho koncentrace z hlediska čichových vjemů. Rovněž pro prach - PM10 toto nepřichází v úvahu. Pro čichový práh (dolní hranice) NO_2 je v [10] uvedena hodnota $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, což je 10x více než hodnota imisního limitu.

3. Metoda výpočtu a prezentace výsledků

3.1. Metodika výpočtu

Výpočet krátkodobých i průměrných ročních koncentrací znečišťujících látek a doby překročení zvolených hraničních koncentrací byl proveden podle aktualizované verze metodiky „SYMOS 97“, která byla vydána MŽP ČR v r.2003.

Tato metodika je založena na předpokladu Gaussovského profilu koncentrací na průřezu kouřové vlečky. Umožňuje počítat krátkodobé i roční průměrné koncentrace znečišťujících látek v síti referenčních bodů, dále doby překročení zvolených hraničních koncentrací (např. imisních limitů a jejich násobků) za rok, podíly jednotlivých zdrojů nebo skupin zdrojů na roční průměrné koncentraci v daném místě a maximální dosažitelné koncentrace a podmínky (třída stability ovzduší, směr a rychlost větru), za kterých se mohou vyskytovat. Metodika zahrnuje korekce na vertikální členitost terénu, počítá se stáčením a zvyšováním rychlosti větru s výškou a při výpočtu průměrných koncentrací a doby překročení hraničních

koncentrací bere v úvahu rozložení četností směru a rychlosti větru. Výpočty se provádějí pro 5 tříd stability atmosféry (tj. 5 tříd schopnosti atmosféry rozptýlovat příměsi) a 3 třídy rychlosti větru. Charakteristika tříd stability a výskyt tříd rychlosti větru vyplývají z následující tabulky:

třída stability	rozptylové podmínky	výskyt tříd rychlosti větru (m/s)		
I	silné inverze, velmi špatný rozptyl	1,7		
II	inverze, špatný rozptyl	1,7	5	
III	slabé inverze nebo malý vertikální gradient teploty, mírně zhoršené rozptylové podmínky	1,7	5	11
IV	normální stav atmosféry, dobrý rozptyl	1,7	5	11
V	labilní teplotní zvrstvení, rychlý rozptyl	1,7	5	

Termická stabilita ovzduší souvisí se změnami teploty vzduchu s výškou nad zemí. Vzrůstá-li teplota s výškou, těžší studený vzduch zůstává v nižších vrstvách atmosféry a tento fakt vede k útlumu vertikálních pohybů v ovzduší a tím i k nedostatečnému rozptýlu znečišťujících látek. To je právě případ inverzí, při kterých jsou rozptylové podmínky popsány pomocí tříd stability I a II.

Inverze se vyskytují převážně v zimní polovině roku, kdy se zemský povrch intenzivně vychlazuje a ochlazuje přízemní vrstvu ovzduší. V důsledku nedostatečného slunečního záření mohou trvat i nepřetržitě mnoho dní za sebou. V letní polovině roku, kdy je příkon slunečního záření vysoký, se inverze obvykle vyskytují pouze v ranních hodinách před východem slunce.

Výskyt inverzí je dále omezen pouze na dobu s menší rychlostí větru. Silný vítr vede k velké mechanické turbulenci v ovzduší, která má za následek normální pokles teploty s výškou a tedy rozrušení inverzí. Silné inverze (třída stability I) se vyskytují jen do rychlosti větru 2 m/s, běžné inverze (třída stability II) do rychlosti větru 5 m/s.

Běžně se vyskytující rozptylové podmínky představují třídy stability III a IV, kdy dochází buď k nulovému (III. třída) nebo mírnému (IV. třída) poklesu teploty s výškou. Mohou se vyskytovat za jakékoli rychlosti větru, při silném větru obvykle nastávají podmínky ve IV. třídě stability.

V. třída stability popisuje rozptylové podmínky při silném poklesu teploty s výškou. Za těchto situací dochází k silnému vertikálnímu promíchávání v atmosféře, protože lehčí teplý vzduch směřuje od země vzhůru a těžší studený klesá k zemi, což vede k rychlému rozptýlu

znečišťujících látek. Výskyt těchto podmínek je omezen na letní půlrok a slunečná odpoledne, kdy v důsledku přehřátého zemského povrchu se silně zahřívá i přízemní vrstva ovzduší. Ze stejného důvodu jako u inverzí se tyto rozptylové podmínky nevyskytují při rychlosti větru nad 5 m/s.

Metodika SYMOS'97 však musela být oproti původní verzi upravena. V souvislosti se vstupem ČR do EU se legislativa v oboru životního prostředí přizpůsobila platným evropským předpisům a proto v ní vznikly změny, na které reagovala i metodika výpočtu znečištění ovzduší. Tyto změny zahrnují např.:

- stanovení imisních limitů pro některé znečišťující látky (včetně NO_2) jako hodinových průměrných hodnot koncentrací (dříve 1/2-hodinové hodnoty)
- hodnocení znečištění ovzduší oxidy dusíku také z hlediska NO_2 (dříve pouze NO_x)

Změna průměrovací doby se promítla do změny rozptylových parametrů σ_y a σ_z (viz [11] Metodika, kap.3.2.5.1.) tak, aby popisovaly rozptyl znečišťujících látek v delším časovém intervalu. Pro NO_2 , prach - PM10, benzen, 1,3 butadien, formaldehyd a BaP jsou jako krátkodobé koncentrace počítané 1-hodinové průměrné hodnoty.

Znečištění ovzduší oxidy dusíku se podle předcházející praxe hodnotilo pomocí sumy oxidů dusíku ozn. NO_x . Pro tuto sumu byl stanovený imisní limit a zároveň jako NO_x byly (a dodnes jsou) udávány nejen emise oxidů dusíku, ale i emisní faktory z průmyslu, energetiky i z dopravy. Suma NO_x je přitom tvořena zejména dvěma složkami, a to NO a NO_2 . Nová legislativa ponechala imisní limit pro NO_x ve vztahu k ochraně ekosystémů, ale zavedla nově imisní limit pro NO_2 ve vztahu k ochraně zdraví lidí, zřejmě proto, že pro člověka je NO_2 mnohem toxičtější než NO .

Ze zdrojů oxidů dusíku (zejména při spalovacích procesech) je společně s horkými spalinami emitován převážně NO , který teprve pod vlivem slunečního záření a ozónu oxiduje na NO_2 , přičemž rychlost této reakce značně závisí na okolních podmínkách v atmosféře. Protože vstupem do výpočtu zůstaly emise NO_x , bylo nutné upravit výpočet tak, aby jednak poskytoval hodnoty koncentrací NO_2 a jednak zahrnoval rychlost konverze NO na NO_2 v závislosti na rozptylových podmínkách.

Podle dostupných informací obsahují průměrné emise NO_x pouze 10 % NO_2 a celých 90 % NO . Rychlost konverze NO na NO_2 popisuje parametr k_p , jehož hodnota závisí na třídě stability atmosféry. Zároveň platí, že i po dostatečně dlouhé době zbývá 10 % oxidů dusíku ve formě NO . Vztah pro výpočet krátkodobých koncentrací NO_2 z původních hodnot koncentrací NO_x pak má tvar

$$c = c_0 \cdot \left(0,1 + 0,8 \cdot \left(1 - \exp \left(-k_p \cdot \frac{x_L}{u_{h1}} \right) \right) \right)$$

kde c je krátkodobá koncentrace NO_2

c_0 je původní krátkodobá koncentrace NO_x

x_L je vzdálenost od zdroje

u_{h1} je rychlost větru v efektivní výšce zdroje

Výpočet průměrných denních koncentrací prachu byl odvozen na základě vztahu mezi naměřenými průměrnými denními koncentracemi C_d a maximálními hodinovými hodnotami C_h na měřicích stanicích v ČR. Tento vztah se dá vyjádřit rovnicemi:

Pro PM_{10} :

$$C_d = 0,808 \cdot C_h \quad \text{pro } C_h \leq 350 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$C_d = 220,35 \cdot \ln C_h - 1008 \quad \text{pro } C_h > 350 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Denní průměry koncentrací se pak stanoví z vypočtených hodinových hodnot (podle metodiky SYMOS) pomocí těchto vztahů.

3.2. Provedené výpočty znečištění ovzduší

Pro každou ze 3 částí denní doby (var.A, B a C z kapitoly 2.1.) byl provedený samostatný výpočet koncentrací znečišťujících látek ve všech referenčních bodech. Celkové maximální krátkodobé koncentrace znečišťujících látek uvedené v tabulkách byly určeny v každém referenčním bodě jako maximum z těchto 3 výpočtů. Roční průměrné koncentrace a doby překročení zvolených koncentrací byly vypočtené jako součet z těchto 3 výpočtů.

Výpočty byly provedené pro obě hlavní varianty (bez tunelů MO a s provozem v tunelech MO) jako znečištění ovzduší způsobené všemi uvažovanými zdroji emisí uvedenými v kapitolách 2.1 a 2.2. Dále byly vypočtené koncentrace znečišťujících látek při kongesci v tunelech MO pouze z výdechového objektu Octárna.

Další výpočet byl uskutečněný jako srovnávací pro případ, že za horkých letních dní bude vzduch vystupující z výdechu chladnější než vzduch v okolí, což by mohlo způsobit pokles vlečky znečištěného vzduchu a tím zvýšení koncentrací zejména na okolních budovách. Tento výpočet se týkal pouze emisí z výdechu Octárna v dopravní špičce a pouze NO_2 , protože pro ostatní látky bude rozdíl ve výsledcích ve srovnání s běžnými případy stejný.

Pro tento případ se předpokládalo, že teplota vzduchu vycházejícího z výdechu bude 25°C a teplota okolního vzduchu 35°C. Podle metodiky SYMOS se převýšení vlečky Δh (tj. výška, do které vystoupí vlečka znečištěného vzduchu nad úroveň koruny komína) určuje podle vztahu

$$\Delta h = (1 + \beta) \frac{1,5 \cdot w_0 \cdot d}{u_H} + \beta \cdot \frac{K_s \cdot A \cdot Q^B}{u_H} \cdot \left(\frac{x}{K_m \cdot \sqrt{Q}} \right)^{2/3} \quad \text{pro } x < K_m \cdot \sqrt{Q}$$

$$\Delta h = (1 + \beta) \frac{1,5 \cdot w_0 \cdot d}{u_H} + \beta \cdot \frac{K_s \cdot A \cdot Q^B}{u_H} \quad \text{pro } x \geq K_m \cdot \sqrt{Q}$$

kde

w_0 - výstupní rychlost vzduchu z výdechu v m/s

d - průměr výdechu v m

Q - tepelná vydatnost vystupujícího vzduchu v MW, $Q = 1,371 \cdot 10^{-3} \cdot V_s \cdot (t_s - t_0)$

V_s - objem vystupujícího vzduchu v m³/s

t_s - teplota vystupujícího vzduchu ve °C

t_0 - teplota okolí ve °C

β - koeficient, pro $30^\circ\text{C} < t_s < 80^\circ\text{C}$ má hodnotu $\beta = \frac{t_s - 30}{50}$,

u_H - rychlost větru v úrovni koruny komína v m/s

x - vzdálenost od výdechu (komína) v m

K_s, K_m - konstanty závislé na třídě stability ovzduší

A, B - konstanty závislé na velikosti Q

První člen v rovnici pro Δh znamená dynamický vznos vlečky způsobený setrvačností vzduchu vycházejícího z výdechu a uplatňuje se prakticky okamžitě. Druhý člen souvisí s tepelným vznosem vlečky a působí postupně do té vzdálenosti, než v důsledku promíchávání vlečky s okolním vzduchem se teplota ve vlečce zhruba vyrovná s teplotou v okolí.

V našem případě bude rozdíl teplot ve výdechu a v okolí záporný, což by vedlo k záporné tepelné vydatnosti a k matematickým problémům při umocňování Q . Budeme proto počítat s kladnou hodnotou Q odpovídající uvedenému rozdílu teplot, ale ve vztahu pro Δh budeme člen tepelného vznosu vlečky brát jako záporný, což povede ke stejně velkému poklesu vlečky, jako by byl její vzestup při opačném rozdílu teplot. V tomto smyslu byl upravený výpočet Δh v programu SYMOS a podle takto upraveného programu byly vypočtené koncentrace NO_2 v tomto případě.

Člen dynamického vnosu vlečky nebude záporným rozdílem teplot ovlivněný. Součin $1,5 \cdot w_0 \cdot d$ se dá přepsat do tvaru $3 \cdot \sqrt{\frac{V_s \cdot w_0}{\pi}}$ a po dosazení hodnot pro výdech Octárna bude mít velikost kolem 150, což znamená, že pro minimální rychlost větru 1,6 m/s ve výšce horní hrany výdechu bude vlečka znečištěného vzduchu nad úrovní výdechu ve výšce téměř 94 m. Pro vyšší rychlosti větru bude samozřejmě značně klesat.

Toto poměrně vysoké převýšení vlečky je způsobené tím, že z výdechu bude vystupovat velké množství vzduchu vysokou rychlostí. Tento proud vzduchu bude mít průměr 9 m. Vysoká setrvačnost takto mohutného proudu se projeví výstupem až do velké výšky.

3.3. Prezentace výsledků výpočtu

Výsledky výpočtu jsou uspořádány do 3 typů tabulek. První typ tabulek (např. na str.48, 51 atd.) znázorňuje plošné rozložení charakteristik znečištění ovzduší podobně jako v mapě. U každého referenčního bodu je v prvním řádku uvedena maximální dosažitelná krátkodobá koncentrace (pro prach - PM10 maximální dosažitelná denní koncentrace) a ve druhém řádku průměrná roční koncentrace způsobená zdroji zahrnutými do výpočtu.

Za těmito tabulkami následuje tabulka druhého typu (např. na str.49, 52 atd.), ve které jsou pro vybrané referenční body uvedené následující charakteristiky znečištění:

1. Maximální koncentrace pro I. až V. třídu stability a příslušné třídy rychlosti větru (tj. pro 1,7 m/s, 5 m/s a 11 m/s). Koncentrace představují krátkodobé 1-hodinové hodnoty (pro PM10 1-denní hodnoty) a jsou uváděné v $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pro BaP v pg/m^3 .
2. Počet hodin (v případě PM10 počet dní) za rok, kdy dojde k překročení následujících zvolených koncentrací:

NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Prach - PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Benzen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1,3 butadien ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	formaldehyd ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	BaP (pg/m^3)
5	2	1	0,1	1	5
10	4	2	0,3	2	10
15	7	5	0,5	3	15
20	10	3	0,7	5	20
30	15	5	1,0	7	30
50	20	15	1,5	10	50

3. Průměrná roční koncentrace v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ v referenčním bodě, kterou působí sledované zdroje (tj. bez vlivu ostatních zdrojů a pozadí).

Za touto tabulkou je zařazena tabulka 3. typu (např. na str. 50, 53 atd.), ve které jsou ve vybraných referenčních bodech uvedené maximální dosažitelné krátkodobé (pro PM10 denní) koncentrace společně s podmínkami (třída stability, směr a rychlost větru), kdy k těmto maximům může dojít, a dále průměrná roční koncentrace a podíly jednotlivých skupin zdrojů na ní. Uvedená maxima znamenají nejvyšší hodnoty koncentrací přes všechny třídy stability a pro takovou rychlost větru, při které je v dané třídě stability koncentrace nejvyšší.

Je zřejmé, že maxima z tabulky třetího typu musí být vždy vyšší nebo stejná jako maxima z tabulky druhého typu, protože maxima z tabulky druhého typu se týkají pouze třídních rychlostí větru 1.7, 5 a 11 m/s, zatímco maximum z tabulky třetího typu je skutečně nejvyšší možnou dosažitelnou koncentrací, která může nastat i za jiných než třídních rychlostí větru. Stejně jako v prvním typu tabulek i zde jsou koncentrace znečišťujících látek uváděné v $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pro BaP v pg/m^3 .

Skupiny zdrojů pro stanovení podílů byly stanovené takto:

- 1 - Silnice na povrchu
- 2 - Portály a výjezdy z tunelů MO včetně severního portálu Strahovského tunelu
- 3 - Výdechový objekt Octárna

Uvádět v tabulkách 2. a 3. typu výsledky pro všech 748 referenčních bodů by znamenalo neúměrně zvětšit počet stránek ve studii. Proto bylo do těchto tabulek vybráno 30 referenčních bodů z 41 bodů umístěných na budovách v okolí výdechu Octárna. Podle nich je možné si utvořit představu, jakých hodnot dosahují jednotlivé charakteristiky znečištění ovzduší v jejich okolí za různých rozptylových podmínek. Kompletní výsledky ze všech referenčních bodů jsou k dispozici na vyžádání u zpracovatele studie. Vybrané referenční body jsou znázorněné na obr. 2.

Tyto 3 typy tabulek jsou pro každou sledovanou znečišťující látku (v pořadí NO_2 , PM10, benzen, 1,3 butadien, formaldehyd a BaP) uvedené pro obě dvě hlavní varianty výpočtu a dále pro vliv emisí se samotného výdechu Octárna v původní navrhované poloze a s původní navrhovanou výškou při dopravní špičce a při kongesci v tunelech MO. Pro samotný NO_2 jsou uvedené v případě záporného rozdílu teplot mezi vzduchem z výdechu a okolí.

Výsledky výpočtu maximálních krátkodobých koncentrací NO_2 a formaldehydu, nejvyšších denních koncentrací prachu - PM10 a průměrných ročních koncentrací všech sledovaných látek kromě formaldehydu jsou rovněž znázorněné v obou variantách výpočtu na

mapách na obr.3 - 18. Mapy byly konstruované pouze pro takové charakteristiky znečišťujících látek, pro které existuje imisní limit nebo referenční koncentrace. Na mapách na obr.19 - 24 jsou znázorněné maximální krátkodobé koncentrace všech sledovaných znečišťujících látek mimo prach - PM10 a nejvyšší denní koncentrace PM10 způsobené emisemi ze samotného výdechu Octárna při kongesci v tunelech MO. Veškeré výsledky zobrazené na mapách se týkají přízemních koncentrací znečišťujících látek.

4. Výsledky výpočtu

4.1. Bilance emisí

Ze vstupních údajů vyplývají následující hodnoty emisí znečišťujících látek:

	Roční úhrn emisí NO _x (t/r)	
	Var.1 - bez tunelů	Var.2 - s tunely MO
1 - Silnice na povrchu	67,55	60,73
2 - Portály a výjezdy tunelů MO	2,77	17,10
3 - Výdech Octárna	-	39,81
Celkem	70,32	117,64

	Roční úhrn emisí prachu - PM10 (t/r)	
	Var.1 - bez tunelů	Var.2 - s tunely MO
1 - Silnice na povrchu	2,757	2,624
2 - Portály a výjezdy tunelů MO	0,078	0,621
3 - Výdech Octárna	-	1,444
Celkem	2,835	4,689

	Roční úhrn emisí benzenu (t/r)	
	Var.1 - bez tunelů	Var.2 - s tunely MO
1 - Silnice na povrchu	1,945	1,595
2 - Portály a výjezdy tunelů MO	0,055	0,320
3 - Výdech Octárna	-	0,682
Celkem	2,000	2,597

	Roční úhrn emisí 1,3 butadienu (t/r)	
	Var.1 - bez tunelů	Var.2 - s tunely MO
1 - Silnice na povrchu	0,183	0,149
2 - Portály a výjezdy tunelů MO	0,005	0,026
3 - Výdech Octárna	-	0,055
Celkem	0,188	0,230

	Roční úhrn emisí formaldehydu (t/r)	
	Var.1 - bez tunelů	Var.2 - s tunely MO
1 - Silnice na povrchu	1,405	1,240
2 - Portály a výjezdy tunelů MO	0,030	0,224
3 - Výdech Octárna	-	0,490
Celkem	1,435	1,954

	Roční úhrn emisí BaP (g/r)	
	Var.1 - bez tunelů	Var.2 - s tunely MO
1 - Silnice na povrchu	6,63	5,76
2 - Portály a výjezdy tunelů MO	0,36	2,05
3 - Výdech Octárna	-	4,68
Celkem	6,99	12,51

Ve variantě 1 emise z tunelů MO znamenají emise z horního portálu Strahovského tunelu v nočním provozu. Stejně tak ve variantě 2 se emise z tunelů MO týkají nočního provozu, protože v denním provozu a ve špičce z portálů žádný vzduch nebude vystupovat. Je ale nutné si uvědomit, že hodnoty v tabulkách týkající se portálů a výjezdů z tunelů MO neobsahují všechny emise z tunelů MO v nočním provozu, ale pouze ty, které mohou významnějším způsobem ovlivňovat zájmové území (nejsou obsažené emise, které budou vycházet z výjezdů na Letné a z portálů v Tróji).

Z tabulek vyplývá, že ve variantě 2 (s tunely MO) budou celkové emise znečišťujících látek značně vyšší než ve variantě 1 bez tunelů. Příčina je ve značném zvýšení intenzity dopravy na silnicích navazujících na dopravní tepnu, kterou budou tunely představovat. Přestože se emise na povrchu na ulicích Patočkova a M.Horákové podstatně sníží, zvýšení emisí na ostatních ulicích povede celkově pouze k mírnému celkovému snížení emisí ze silnic na povrchu.

Značná část emisí vznikajících v tunelech ale bude v denním a špičkovém provozu vyfukována výdechovým objektem Octárna do značné výšky nad terénem, a proto nebude působit u země tak vysoké koncentrace jako povrchová doprava, která vypouští exhalace přímo do nejnižší vrstvy ovzduší. Výdechem Octárna bude vyfukováno 31 - 37% celkových (zahrnutých do výpočtu) emisí NO_x, prachu - PM10, formaldehydu a BaP a kolem 25% emisí benzenu a 1,3 butadienu.

V následující tabulce jsou uvedené okamžité emise znečišťujících látek z výdechu Octárna při dopravní špičce, při denním provozu a při maximálně možné kongesci v tunelech MO.

	Okamžité emise z výdechu Octárna		
	při dopravní špičce	při běžném denním provozu	při kongesci v tunelech MO
NO _x (g/s)	2,685	1,993	9,356
prach - PM10 (g/s)	0,0973	0,0723	0,9459
benzen (g/s)	0,0458	0,0343	0,5456
1,3 butadien (g/s)	0,0037	0,0028	0,0609
formaldehyd (g/s)	0,0329	0,0246	0,4782
benzo(a)pyren (µg/s)	0,3165	0,2351	2,665

Z tabulky vyplývá, že při maximální kongesci budou emise z výdechu Octárna podstatně vyšší než při špičkovém provozu, v případě NO_x asi 3,5-krát, v případě BaP 8,5-krát, v případě prachu asi 10-krát a u ostatních látek 12 - 16-krát.

Přímé emise NO_2 tvoří podle předpokladu 10 % emisí NO_x , ale vzhledem ke konverzi NO na NO_2 bude vliv NO_2 vyšší, než by odpovídalo jeho přímým emisím.

4.2. Výsledky výpočtu platné pro všechny znečišťující látky

V případě varianty 1, kdy všechny emise z dopravy vznikají u povrchu země, bude ve všech referenčních bodech platit, že k nejvyšším krátkodobým koncentracím znečišťujících látek z automobilového provozu bude docházet při špatných rozptylových podmínkách za silných inverzí a slabého větru. S rostoucí rychlostí větru vypočtené koncentrace klesají a za běžných rozptylových podmínek jsou značně nižší než při inverzích. V případě NO_2 nedosahují koncentrace v blízkosti komunikací za inverzí tak vysokých hodnot, protože vzhledem ke krátké vzdálenosti od zdroje a pomalé konverzi NO na NO_2 za inverzí se za těchto podmínek nestačí vytvořit dostatečné množství NO_2 .

Ve variantě 2 s emisemi i z výdechu Octárna bude ve většině referenčních bodů u země rovněž platit, že k nejvyšším krátkodobým koncentracím bude docházet za inverzí a slabého větru, protože budou ovlivňované zejména dopravou po silnicích na povrchu. Avšak na vyvýšených místech, např. v horních patrech domů v Sibeliově ulici, která mohou být více ovlivňována emisemi z výdechu Octárna, bude docházet k nejvyšším krátkodobým koncentracím mimo silné inverze při vyšší rychlosti větru, při které klesá výška, do které se nad výdech vlivem výstupné rychlosti ve výdechu exhalace dostanou.

Maxima krátkodobých koncentrací však nejsou nejlepší charakteristikou znečištění ovzduší daného místa, protože nedávají žádnou informaci o četnosti výskytu těchto hodnot. Ta závisí zejména na četnosti výskytu inverzí a na větrné růžici. Ve skutečnosti se nejvyšší koncentrace vyskytují jen po krátký čas několika hodin nebo desítek hodin během roku. Navíc jsou maxima více ovlivněná konfigurací zvolených elementů silnic a proto je přesnost jejich výpočtu nižší.

Lepší charakteristikou je průměrná roční koncentrace, která obsahuje i vliv větrné růžice a tedy i vliv četnosti výskytu krátkodobých koncentrací. Kromě toho je méně ovlivněna náhodnými skutečnostmi, takže přesnost jejího výpočtu je vyšší. Proto může být spíše považována za míru znečištění ovzduší v daném bodě.

Jedním ze zdrojů emisí, který může nejvíce ovlivnit znečištění ovzduší v přízemní vrstvě ve svém okolí, jsou portály tunelů na frekventovaných komunikacích. Jednak se v nich soustřeďují na jednom místě emise z celé délky tunelu (pokud není tunel odvětráván jinak), takže emise dosahují vysokých hodnot, jednak jsou znečišťující látky vypouštěné přímo do nejnižší vrstvy ovzduší, takže mohou působit vysoké koncentrace ve svém okolí. Proto je z hlediska znečištění ovzduší výhodnější vypouštět alespoň část emisí z tunelu vzduchotechnickým komínem. Znečišťující látky se tak dostanou do větší výšky nad terén, kde bývá i rychlejší rozptýlení, a nepůsobí tak vysoké koncentrace přímo u země.

V okolí křižovatky Malovanka, kam budou ve variantě 2 ústít portály Strahovského tunelu a tunelů MO ve směru od Tróje, nebude docházet k nejvyšším přízemním koncentracím v dopravní špičce ani v denním provozu, protože v takovém případě budou všechny emise z tunelů vypouštěné vzduchotechnickými komíny do výšky. K nejvyššímu znečištění přízemního ovzduší bude docházet při nočním provozu, kdy bude podle přijatých předpokladů vzduchotechnika v tunelech vypnutá a emise z tunelů budou vypouštěné přes portály. V důsledku podstatně slabší intenzity dopravy v noci však vzduch bude podstatně méně znečištěný, a proto nebude působit vysoké koncentrace znečišťujících látek v okolí portálu.

4.3. Vypočtené znečištění ovzduší NO₂

a) Varianta 1 - bez tunelů MO (viz tabulky na str.48 - 50 a obr.3 - 4)

K nejvyšším krátkodobým koncentracím NO₂ bude docházet podél hlavního silničního tahu na ulicích Patočkova a M.Horákové, kde mohou vystoupit na 50 - 60 µg/m³, na křižovatkách se Střešovickou a Na Ořechovce až přes 60 µg/m³. Jinde budou maxima nižší, do 100 - 150 m od Patočkovy a na ulicích Keplerova a Jelení dosáhnou 20 - 30 µg/m³. Mimo okolí těchto ulic se budou pohybovat většinou mezi 5 a 15 µg/m³.

Průměrné roční koncentrace NO₂ způsobené dopravou po silnicích zahrnutých do výpočtu vystoupí na nejvyšší hodnoty 2 - 3 µg/m³ rovněž podél ulic Patočkova a M.Horákové, na křižovatce s ulicí Na Ořechovce mohou vystoupit přes 3 µg/m³. Hodnotu 1 µg/m³ překročí do vzdálenosti 100 - 150 m od těchto ulic a také v okolí Keplerovy a Jelení. Na většině ostatního území dosáhnou jen několika málo desetin µg/m³.

Imisní limity pro krátkodobou (200 µg/m³) i průměrnou (40 µg/m³) koncentraci NO₂ nebudou v žádném sledovaném místě vlivem emisí ze sledovaných silnic dosaženy.

b) Varianta 2 - s tunely MO (viz tabulky na str.51 - 56 a obr.11 - 12)

Maximální krátkodobé koncentrace NO₂ ve srovnání s variantou 1 významným způsobem poklesnou na ulicích Patočkova a M.Horákové, kde budou dosahovat nejvýše kolem 30 µg/m³. Mírný pokles maxim lze očekávat rovněž v okolí ulic Jelení a Na Ořechovce. Jak vyplývá z tabulek pro jednotlivé režimy dopravy (var.A, B a C pro špičku, den a noc - tabulky na str.54 - 56), ke vzestupu krátkodobých maxim naopak dojde na křižovatce Malovanka a v jejím okolí, ale pouze v nočním provozu, kdy emise z tunelů MO nebudou odsávané vzduchotechnikou a budou vycházet portály. V okolí do 200 m od této křižovatky mohou maxima dosahovat 50 - 75 µg/m³, přímo uvnitř křižovatky na okruhu až 150 µg/m³. Nikde ale nedosáhnou hodnoty imisního limitu 200 µg/m³. Během denní doby a dopravní špičky se budou krátkodobá maxima i v blízkém okolí křižovatky Malovanka pohybovat od 20 do 30 µg/m³. Emise z výdechu Octárna se na hodnotě krátkodobých maxim projeví je slabě na domech v Sibeliově ulici.

Podobné změny oproti variantě 1 nastanou i v případě průměrných roční koncentrací NO₂. Jejich nejvyšší hodnoty podél Patočkovy a ul.M.Horákové značně poklesnou na 1,5 - 2 µg/m³, na křižovatce U Prašného mostu na 2,5 µg/m³, a podél Keplerovy a Jelení na 1,5 µg/m³ a naopak se zvýší na 2 - 4 µg/m³ v okolí křižovatky Malovanka a až na 6 µg/m³ uvnitř ní na okruhu. V místech vzdálených od těchto změn dopravy zůstanou roční průměry zhruba na stejné úrovni. Všechny vypočtené roční průměry NO₂ způsobené emisemi ze silnic zahrnutých do výpočtu zůstanou hluboko pod imisním limitem 40 µg/m³.

c) Vliv samotného výdechu Octárna při dopravní špičce (viz tabulky na str.57 - 59)

Emise ze samotného výdechu Octárna způsobí v převážné části svého okolí u země krátkodobé koncentrace NO₂ kolem 5 µg/m³, pouze na návrší v okolí Sibeliovy ulice koncentrace 9 - 12 µg/m³. Horní patra obytné zástavby v Sibeliově ulici však budou emisemi z výdechu ovlivněné více. Při silnějším větru, který sníží výšku, do které se dostane vlečka znečištěného vzduchu z výdechu, se zde mohou vyskytovat krátkodobé koncentrace 10 - 20 µg/m³, v Sibeliově čp.395 až 26 µg/m³. Vzhledem k imisnímu limitu 200 µg/m³ nepůjde o vysoké znečištění ovzduší.

Poměrně nízké vypočtené koncentrace jsou důsledkem značné výšky, do které se za běžných podmínek při slabším větru dostane vlečka znečištěného vzduchu z výdechu vlivem svého velkého objemu a vysoké výstupní rychlosti.

d) Vliv samotného výdechu Octárna při kongesci v tunelech (viz tab. na str.60 - 62 a obr.19)

Při kongesci v tunelech MO jde z hlediska emisí z dopravy o nejhorší možný případ, jaký může v souvislosti s výdechem Octárna nastat. V okolí výdechu zhruba do vzdálenosti 100 m zůstanou v tomto případě přízemní maximální krátkodobé koncentrace NO₂ nízké a

nepřekročí $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Na většině sledovaného území dosáhnou $15 - 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pouze na návrší v okolí Sibeliovy ulice $30 - 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V horních patrech obytné zástavby v Sibeliově ulici však mohou vystoupit na $40 - 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a v Sibeliově č.395 a Střešovické čp.400 až na $80 - 90 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tyto koncentrace sice rovněž nepřekračují imisní limit, daly by se však nevelkým zvýšením výšky výdechu Octárna radikálně snížit.

e) Vliv záporného rozdílu teplot vzduchu z výdechu Octárna a v okolí při dopravní špičce (viz tab. na str.63 - 65)

Tento případ může nastat za horkých letních dní, kdy vzduch vyfukovaný výdechem Octárna může být chladnější než okolní vzduch, což může vést k poklesu výšky vlečky vzduchu z výdechu. Srovnáme-li výsledky výpočtu krátkodobých maxim koncentrací NO_2 v tomto případě s krátkodobými maximy v běžném případě při dopravní špičce (viz tabulky na str.57 - 59), zjistíme, že záporný rozdíl 10°C (což je již vysoká hodnota) způsobí vzrůst krátkodobých maxim způsobených pouze emisemi z výdechu Octárna na většině území pouze o $1 - 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, na vyvýšenině v okolí Sibeliovy ulice o $2 - 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a v horních patrech okolních domů o $3 - 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vzhledem k tomu, že při dopravní špičce v běžném případě dosáhnou maxima na domech v Sibeliově ulici $15 - 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (na blízkých domech až $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$), nebude rozhodně tento vzrůst znamenat žádný podstatný problém a zcela určitě nepovede v těchto případech k nadlimitním koncentracím NO_2 v horních patrech okolních domů. Krátkodobé koncentrace NO_2 se zde v uvedeném případě mohou pohybovat okolo $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, v Sibeliově čp.395 a ve Střešovické čp.400 kolem $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

V případě ostatních znečišťujících látek bychom získali stejné výsledky, proto byl tento výpočet proveden pouze pro NO_2 .

4.4. Vypočtené znečištění ovzduší prachem - PM10

Prachem se v této studii rozumí tuhé částice emitované z výfuků motorových vozidel. Takzvaná sekundární prašnost, tj. prach zvířený ze silnic při průjezdu vozidel, nemohla být při výpočtu zohledněna, protože závisí na tak těžko zjistitelných veličinách, jako je čistota silnice nebo zrnitost prachu ležícího na ní. Tuhé částice jsou vypouštěné téměř výhradně z naftových motorů (benzínové motory mají velmi malé emise prachu), takže jejich emise závisí zejména na intenzitě nákladní dopravy na dané silnici.

a) Varianta 1 - bez tunelů MO (viz tabulky na str.66 - 68 a obr.5 - 6)

Na většině sledovaného území se hodnoty nejvyšších denních koncentrací prachu - PM10 způsobené provozem po silnicích zahrnutých do výpočtu budou pohybovat od 1 do

5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nad 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vystoupí jen na Keplerově a Jelení ulici a v širokém pásu kolem Patočkovy a ul.M.Horákové. Přímou na těchto dvou ulicích je možné očekávat nejvyšší denní koncentrace 15 - 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Imisní limit 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ by neměl být v žádném sledovaném místě překročený.

Průměrné roční koncentrace způsobené uvažovanou dopravou budou poměrně nízké, na většině sledovaného území dosáhnou jen 0,1 - 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. V pásu kolem ulic Patočkovy a M.Horákové však budou vyšší a přímo na těchto ulicích vystoupí na 0,8 - 1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, na křižovatce s ulicí U Brusnice a v jejím okolí až na 1,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. V ulici Nad Octárnou se budou roční průměry pohybovat od 0,4 do 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Roční průměry nikde nepřekročí imisní limit 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pro průměrnou roční koncentraci PM10.

b) Varianta 2 - s tunelů MO (viz tabulky na str.69 - 71 a obr.13 - 14)

Po zprovoznění tunelů MO dojde ve srovnání s variantou 1 k významnému poklesu nejvyšších denních i průměrných ročních koncentrací prachu - PM10 způsobených emisemi z výfuků motorových vozidel podél ulic Patočkovy a M.Horákové. Nejvyšší denní koncentrace dosáhnou podél těchto ulic jen 6 - 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. S poklesem koncentrací PM10 se dá počítat i na Ořechovce a v okolí Jelení ulice a severní části Keplerovy. Naopak oproti variantě 1 denní průměry vzrostou na křižovatce Malovanka a v jejím okolí, a to až na 15 - 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ přímo na křižovatce na okruhu a na 10 - 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ do vzdálenosti 100 - 150 m od křižovatky. Tyto denní hodnoty však jsou ovlivněné vyššími krátkodobými koncentracemi v okolí portálů tunelů v noční době při vypnuté vzduchotechnice v tunelech. Krátkodobé hodnoty koncentrací ve špičce a při denním provozu jsou v okolí křižovatky Malovanka nižší. Imisní limit 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nebude v žádném místě překročený.

Průměrné roční koncentrace PM10 způsobené emisemi z uvažovaných zdrojů v žádném referenčním bodě nedosáhnou imisního limitu 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nejvyšší hodnoty 2 - 2,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ je možné očekávat přímo na křižovatce Malovanka, přes hranici 0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se roční průměry dostanou do vzdálenosti necelých 100 m od této křižovatky a rovněž na ulici M.Horákové a v okolí její křižovatky se Svatovítskou. Podél Patočkovy roční průměry poklesnou na 0,5 - 0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, podél Jelení na 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a ve vzdálenějších místech zůstanou zhruba na stejné úrovni.

c) Vliv samotného výdechu Octárna při dopravní špičce (viz tabulky na str.72 - 74)

Při dopravní špičce způsobí emise prachu - PM10 ze samotného výdechu Octárna na většině sledovaného území jen velmi nízké krátkodobé koncentrace, které přepočtené na denní hodnoty nedosáhnou ani 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Takto vypočtené denní hodnoty, které lze srovnávat s imisním limitem 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, vystoupí na 2 - 3,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pouze na vyvýšenině v okolí Sibeliovy ulice. V horních patrech domů v Sibeliově ulici dosáhnou 3 - 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, v Sibeliově čp.395 až

8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Imisní limit v těchto nejexponovanějších místech nebude při dopravní špičce ani zdaleka dosažený.

d) Vliv samotného výdechu Octárna při kongesci v tunelech (viz tab. na str.75 - 77 a obr.20)

Při maximální kongesci v tunelech MO budou koncentrace PM10 (přepočtené na denní hodnoty) způsobené emisemi z výdechu Octárna zhruba 10x vyšší než při běžné dopravní špičce. Na většině sledovaného území se budou pohybovat od 5 do 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, na návrší v okolí Sibeliovy ulice od 20 do 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ale v blízkém okolí výdechu u země nedosáhnou ani 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. V horních patrech obytné zástavby v Sibeliově ulici však mohou vystoupit na 25 - 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a v Sibeliově č.395 a Střešovické čp.400 až na 65 - 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tyto koncentrace již překračují imisní limit 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nedá se však určit s jakou četností, protože není známá budoucí četnost kongescí v tunelech. Dá se pouze odhadnout, že četnost současného výskytu kongesce a silného východního větru, při kterém může k takto vysokým koncentracím dojít, pravděpodobně nebude velká. Mírným zvýšením výšky výdechu Octárna by se však dala tato maxima radikálně snížit.

4.5. Vypočtené znečištění ovzduší benzenem

Protože pro hodnocení znečištění ovzduší mají smysl pouze dlouhodobě působící koncentrace, zaměříme se ve var.1 a 2 pouze na roční průměry koncentrací benzenu. Krátkodobé koncentrace benzenu budou mít smysl pouze pro odhad vlivu samotného výdechu Octárna.

a) Varianta 1 - bez tunelů MO (viz tabulky na str.78 - 80 a obr.7)

Roční průměry koncentrací benzenu způsobené emisemi z dopravy po silnicích zahrnutých do výpočtu budou nízké ve srovnání s imisním limitem 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nejvýše na 0,5 - 0,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vystoupí v těsné blízkosti ulic Patočkova a M.Horákové, přičemž nejvyšších hodnot dosáhnou v okolí křižovatky s ulicemi Na Ořechovce a U Brusnice. Od 0,3 do 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se budou pohybovat i v okolí ulic Keplerova a Jelení. Ve větších vzdálenostech od uvedených ulic však nepřekročí 0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

b) Varianta 2 - s tunely MO (viz tabulky na str.81 - 83 a obr.15)

Ve srovnání s variantou 1 poklesnou významně roční průměry koncentrací benzenu podél ulic Patočkova a M.Horákové i podél Keplerovy a Jelení. Na Patočkově dosáhnou 0,25 - 0,40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, na ul.M.Horákové 0,40 - 0,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a na Keplerově a Jelení 0,20 - 0,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. K mírnému poklesu ročních průměrů dojde i ve větších vzdálenostech od těchto ulic, např. na Ořechovce nebo v západní části Hradčan. Místem, kde průměrné roční

koncentrace benzenu naopak vzrostou, bude křižovatka Malovanka a její okolí. Zde vystoupí přímo v prostoru křižovatky až na hodnoty kolem $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ve vzdálenosti do 100 m od křižovatky na $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I tyto hodnoty však budou nižší než imisní limit.

c) Vliv samotného výdechu Octárna při dopravní špičce (viz tabulky na str.84 - 86)

Emise ze samotného výdechu Octárna při dopravní špičce způsobí v okolí jen nízké znečištění ovzduší benzenem. Maximální krátkodobé koncentrace benzenu způsobené těmito emisemi dosáhnou na většině sledovaného území kolem $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, na vyvýšenině v okolí Sibeliovy ulice $1 - 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V horních patrech domů v Sibeliově ulici se budou pohybovat většinou od 2 do $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, v Sibeliově čp.395 a Střešovické čp.400 od 4 do $4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Imisní limit pro krátkodobé koncentrace benzenu není stanovený, vypočtené hodnoty je možné srovnat pouze s dřívější přípustnou průměrnou denní hodnotou $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, protože vypočtené průměrné denní hodnoty koncentrací benzenu by byly nižší než krátkodobá maxima. Z toho je zřejmé, že krátkodobé koncentrace benzenu nedosáhnou vysokých hodnot ani v nejexponovanějších místech z hlediska výdechu Octárna.

d) Vliv samotného výdechu Octárna při kongesci v tunelech (viz tab. na str.87 - 89 a obr.21)

Při maximální kongesci v tunelech MO vzrostou krátkodobé koncentrace benzenu vyvolané emisemi z výdechu Octárna ve srovnání se situací v běžné dopravní špičce více než 10-násobně. V blízkosti výdechu u země zůstanou velmi nízké, na většině sledovaného území však vystoupí na hodnoty kolem $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, na vyvýšenině v okolí Sibeliovy ulice na $15 - 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a v horních patrech domů v Sibeliově ulici na $20 - 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V nejexponovanějších místech mohou dosáhnout až $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Zda by v těchto místech mohly dosáhnout denní koncentrace benzenu za těchto okolností přípustné hodnoty $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, je otázka. V každém případě je však možné snížit vypočtené vyšší koncentrace benzenu na blízkých domech tím, že bude mírně zvýšena výška výdechu.

4.6. Vypočtené znečištění ovzduší 1,3 butadienem

Protože pro hodnocení znečištění ovzduší mají smysl pouze dlouhodobě působící koncentrace, zaměříme se ve var.1 a 2 pouze na roční průměry koncentrací 1,3 butadienu. Krátkodobé koncentrace 1,3 butadienu budou mít smysl pouze pro odhad vlivu samotného výdechu Octárna.

a) Varianta 1 - bez tunelů MO (viz tabulky na str.90 - 92 a obr.8)

Průměrné roční koncentrace 1,3 butadienu způsobené emisemi z dopravy po silnicích zahrnutých do výpočtu vystoupí na nejvyšší hodnoty podél ulic Patočkova a M.Horákové. Na

Patočkově mezi Malovankou a Střešovickou dosáhnou 0,04 - 0,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mezi Střešovickou a Na Ořechovce a na ulici M.Horákové již překročí referenční koncentraci 0,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a na křižovatce s ulicemi Na Ořechovce a U Brusnice dosáhnou až 0,08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Na Keplerově vystoupí na 0,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a na Jelení až na 0,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, od vzdálenosti 100 - 200 m od hlavních silnic ale už nebudou překračovat 0,02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. V horních patrech domů v Sibeliově ulici vystoupí na 0,01 - 0,02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

b) Varianta 2 - s tunely MO (viz tabulky na str.93 - 95 a obr.16)

Roční průměry koncentrací 1,3 butadienu ve srovnání s variantou 1 významně poklesnou podél ulic Patočkova a M.Horákové. Na Patočkově dosáhnou 0,025 - 0,035 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, na ul.M.Horákové 0,04 - 0,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, na křižovatce Prašný most až 0,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Podél těchto ulic se již nebudou vyskytovat koncentrace vyšší než referenční hodnota 0,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Mírné snížení průměrných ročních koncentrací je patrné rovněž ve větších vzdálenostech od hlavních silnic. Jediným místem, kde roční průměry vzrostou, je křižovatka Malovanka a její okolí. Přímo na křižovatce mohou roční průměry překročit referenční hodnotu a vystoupit na 0,09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, na nejbližších domech však dosáhnou nejvýše 0,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. V horních patrech domů v Sibeliově ulici vystoupí na 0,010 - 0,015 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, oproti variantě 1 půjde většinou o pokles znečištění ovzduší.

c) Vliv samotného výdechu Octárna při dopravní špičce (viz tabulky na str.96 - 98)

Maximální krátkodobé koncentrace 1,3 butadienu způsobené emisemi pouze z výdechu Octárna při dopravní špičce dosáhnou jen nízkých hodnot. Na návrší kolem Sibeliovy ulice vystoupí na 0,1 - 0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, jinde se budou pohybovat jen v setinách $\mu\text{g}/\text{m}^3$. V horních patrech domů v Sibeliově ulici mohou dosáhnout 0,2 - 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, v Sibeliově čp.395 až 0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tyto koncentrace však není s čím srovnat, protože referenční koncentrace platí pouze pro roční průměr.

d) Vliv samotného výdechu Octárna při kongesci v tunelech (viz tab. na str.99 - 101 a obr.22)

Při maximální kongesci v tunelech MO vzrostou maximální krátkodobé koncentrace způsobené pouze výdechem Octárna na většině sledovaného území na několik desetin $\mu\text{g}/\text{m}^3$, na návrší kolem Sibeliovy ulice na 1,5 - 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a v horních patrech domů v Sibeliově ulici na 2,5 - 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Na domech Střešovická čp.400 a Sibeliova čp.395 dosáhnou 5 - 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tyto koncentrace však není s čím srovnat, protože referenční koncentrace platí pouze pro roční průměr.

4.7. Vypočtené znečištění ovzduší formaldehydem

Referenční hodnota je stanovena pouze pro krátkodobé koncentrace formaldehydu, ročními průměry koncentrace se proto nemá smysl zabývat.

a) Varianta 1 - bez tunelů MO (viz tabulky na str.102 - 104 a obr.9)

Maximální krátkodobé koncentrace formaldehydu způsobené uvažovanými zdroji emisí dosáhnou na ulicích Patočkova a M.Horákové 9 - 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, na Keplerově a Jelení kolem 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a ve větší vzdálenosti od hlavních silnic se budou pohybovat od 1 do 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Referenční koncentrace 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nebude vlivem komunikací zahrnutých do výpočtu v žádném místě ani zdaleka dosažena.

b) Varianta 2 - s tunely MO (viz tabulky na str.105 - 107 a obr.17)

Ve srovnání s variantou 1 se krátkodobá maxima koncentrací sníží podél ulic Patočkova a M.Horákové na 5 - 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a podél Keplerovy a Jelení na 2,5 - 3,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ke slabému poklesu maxim dojde i ve Střešovicích a na Ořešovce. Naopak se maxima oproti variantě 1 zvýší na křižovatce Malovanka (kde mohou dosáhnout 15 - 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) a v jejím okolí (do 100 m se mohou vyskytnout koncentrace 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Toto zvýšení však může nastat jen při nočním provozu, kdy bude vzduchotechnika v tunelech vypnutá a emise z tunelu Trója - Malovanka budou vycházet portálem na Malovance. Při denním provozu ke zvýšení krátkodobých koncentrací formaldehydu na Malovance docházet nebude. Ani v této variantě nebude vlivem dopravy zahrnuté do výpočtu nikde docházet ke koncentracím překračujícím 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

c) Vliv samotného výdechu Octárna při dopravní špičce (viz tabulky na str.108 - 110)

Emise ze samotného výdechu Octárna při dopravní špičce budou působit jen malé znečištění ovzduší formaldehydem ve svém okolí. Na většině sledovaného území dosáhnou maximální krátkodobé koncentrace jen několika desetin $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pouze na vyvýšenině v okolí Sibeliovy ulice mohou maxima dosáhnout 1 - 1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. V horních patrech domů v Sibeliově ulici tato maxima vystoupí na 1,5 - 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a v nejexponovanějších místech v Sibeliově čp.395 a ve Střešovické čp.400 až na 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Všechny tyto hodnoty jsou nízké ve srovnání s referenční koncentrací 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

d) Vliv samotného výdechu Octárna při kongesci v tunelech (viz tab. str.111 - 113 a obr.23)

Pokud dojde v tunelech MO k největší možné kongesci, pak emise formaldehydu ze samotného výdechu Octárna způsobí v okolí na převážné části sledovaného území maximální krátkodobé koncentrace od 2 do 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pouze na vyvýšenině v okolí Sibeliovy ulice dosáhnou přízemní koncentrace 10 - 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. V horních patrech domů v Sibeliově ulici se maxima budou pohybovat mezi 20 a 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a na domech Sibeliova čp.395 a Střešo-

vická čp.400 mezi 40 a 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Všechny tyto hodnoty jsou nižší než referenční koncentrace 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, posledně jmenované se jí však už blíží. Snížit tyto koncentrace by bylo možné nevelkým zvýšením výšky výdechu Octárna.

4.8. Vypočtené znečištění ovzduší benzo(a)pyrenem

Protože pro hodnocení znečištění ovzduší mají smysl pouze dlouhodobě působící koncentrace, zaměříme se ve var.1 a 2 pouze na roční průměry koncentrací BaP. Krátkodobé koncentrace BaP budou mít smysl pouze pro odhad vlivu samotného výdechu Octárna.

a) Varianta 1 - bez tunelů MO (viz tabulky na str.114 - 116 a obr.10)

Průměrné roční koncentrace BaP způsobené dopravou po sledovaných komunikacích budou velmi nízké ve srovnání s imisním limitem 1000 pg/m^3 , mimo zhruba 150-metrové okolí hlavních silnic nedosáhnou ani 1 pg/m^3 . Na Keplerově a Jelení vystoupí na hodnoty kolem 1,5 pg/m^3 , na Patočkově mezi Malovankou a Střešovickou na 1,5 - 2 pg/m^3 , mezi Střešovickou a Na Ořechovce a na ul.M.Horákové na 2 - 2,8 pg/m^3 . Na domech v Sibeliově ulici a v okolí výdechu Octárna se budou pohybovat v řádu desetin pg/m^3 .

b) Varianta 2 - s tunele MO (viz tabulky na str.117 - 119 a obr.18)

Ve srovnání s variantou 1 roční průměry koncentrací BaP poklesnou podél Patočkovy na 1 - 1,5 pg/m^3 a podél ul.M.Horákové na 1,5 - 2 pg/m^3 . Na Keplerově a Jelení se budou pohybovat kolem 1 pg/m^3 . Vzrůst ročních průměrů BaP je třeba očekávat na křižovatce Malovanka, kde mohou dosáhnout až 6 pg/m^3 , a v jejím okolí (do 100 m koncentrace nad 2 pg/m^3). Příčina nárůstu hodnoty ročních průměrů koncentrací BaP na křižovatce Malovanka je v emisích, které budou v nočním provozu vystupovat z portálů tunelů. I v tomto případě však zůstávají roční průměry hluboko pod imisním limitem.

c) Vliv samotného výdechu Octárna při dopravní špičce (viz tabulky na str.120 - 122)

Emise ze samotného výdechu Octárna při dopravní špičce způsobí na většině sledovaného území krátkodobé koncentrace BaP jen v řádu jednotek pg/m^3 , pouze na vyvýšenině v okolí Sibeliovy ulice mohou maxima dosáhnout 10 - 15 pg/m^3 . V horních patrech domů v Sibeliově ulici vystoupí na 12 - 22 pg/m^3 , na domech Sibeliova čp.395 a Střešovická čp.400 až na 25 - 30 pg/m^3 . Všechny tyto koncentrace jsou nižší než imisní limit 1000 pg/m^3 platný pro roční průměr, který by byl samozřejmě mnohem menší než uvedená maxima.

d) Vliv samotného výdechu Octárna při kongesci v tunelech (viz tab. str.123 - 125 a obr.24)

Při maximální kongesci v tunelech MO vzrostou maximální krátkodobé koncentrace BaP způsobené pouze výdechem Octárna na většině sledovaného území na 10 - 50 pg/m^3 , na

návřší kolem Sibeliovy ulice na 60 - 120 pg/m^3 a v horních patrech domů v Sibeliově ulici na 100 - 180 pg/m^3 . Na domech Střešovická čp.400 a Sibeliova čp.395 dosáhnou 230 - 260 pg/m^3 . I tato maxima jsou nižší než imisní limit 1000 pg/m^3 pro roční průměr koncentrací BaP, přičemž roční průměry by musely být nižší než krátkodobá maxima. Z toho vyplývá, že znečištění ovzduší BaP z výdechu Octárna nebude představovat žádný problém.

5. Pozad'ové znečištění ovzduší ve sledovaném území

Na území Střešovic, Ořechovky a SZ části Hradčan se nenachází žádná stanice, která by prováděla měření úrovně znečištění ovzduší. Nejbližší měřicí stanice jsou ve Veleslavíně, Suchdole a na druhé straně v centru Prahy. Stanice v centru Prahy nejsou pro území sledované v této studii reprezentativní. Stanice v Suchdole a Veleslavíně leží naopak na okraji Prahy, kde naměřené koncentrace budou zase nižší než ve sledovaném území.

Nezbývá proto, než pozad'ové znečištění ovzduší ve sledovaném území odhadnout podle výsledků výpočtů imisí podle modelu ATEM pro rok 2006. Podle tohoto modelu byla počítaná pole koncentrací hlavních znečišťujících látek v celé Praze a do výpočtu byly zahrnuté bodové, plošné i mobilní zdroje emisí z Prahy, významné zdroje z celé ČR i dálkový přenos emisí. Z výsledků těchto výpočtů lze odhadnout stupeň stávajícího pozad'ového znečištění ovzduší NO_2 , prachem - PM10 a benzenem v okolí výdechu Octárna a stavby Městského okruhu mezi Malovankou a Prašným mostem.

Přibližné hodnoty průměrných ročních koncentrací NO_2 , prachu - PM10 a benzenu a maximálních koncentrací NO_2 pozad'ového znečištění ovzduší obsahuje následující tabulka, ve které značí:

- A - Patočkova od Malovanky po Střešovickou a okolí
- B - Pohořelec a Nový Svět
- C - Ořechovka a východní okolí
- D - Sever a západ Pražského hradu
- E - Okolí Sibeliovy ulice ve Střešovicích
- F - Křižovatka Malovanka
- G - Prašný most a okolí ul.M.Horákové

Území	NO ₂ (µg/m ³) max.	NO ₂ (µg/m ³) prům.	PM10 (µg/m ³) prům.	benzen (µg/m ³) prům.
A	270 - 290	38 - 41	31 - 38	1,4 - 1,9
B	210 - 280	33 - 42	29 - 34	1,1 - 1,7
C	180 - 250	30 - 38	25 - 29	1,0 - 1,6
D	200 - 330	30 - 42	23 - 33	0,9 - 1,8
E	210 - 240	34 - 38	26 - 29	1,4 - 1,8
F	380 - 425	40 - 42	34 - 38	1,5 - 1,7
G	280 - 340	46 - 47	31 - 39	2,6 - 2,9

Z tabulky vyplývá několik skutečností:

- 1) Průměrné roční koncentrace NO₂ překračují imisní limit 40 µg/m³ podél celého úseku Patočkovy a Myslbekovy ulice a v širokém okolí Prašného mostu od Pevnostní až po sever Pražského hradu s maximem kolem 50 µg/m³ v okolí nádraží Dejvice. Směrem na západ a jih postupně klesají na hodnoty kolem 30 µg/m³ na Ořechovce a východně od Pohořelce. Ve východní části Střešovic v okolí Sibeliovy ulice dosahují kolem 35 µg/m³.
- 2) Krátkodobá maxima koncentrací NO₂ překračují imisní limit 200 µg/m³ v celém sledovaném území, kromě západní části Ořechovky a centrální části Pražského hradu. V okolí Ořechovky, Střešovické, Pohořelce a na severu a západě Pražského hradu však k takovým situacím dochází s nízkou četností. Hodnot přes 300 µg/m³ dosahují na Patočkově a v okolí ulice M.Horákové, kde četnost překročení imisního limitu dosahuje 50 - 100 hodin za rok, což je podstatně více než přípustná hodnota 18 hodin za rok. Nejvyšší hodnoty přes 400 µg/m³ se vyskytují na křižovatce Malovanka s dobou překročení imisního limitu přes 170 hodin za rok. V okolí Sibeliovy ulice dochází k nadlimitním krátkodobým koncentracím jen výjimečně s četností nižší než 18 hodin za rok.
- 3) Průměrné roční koncentrace prachu - PM10 dosahují imisního limitu 40 µg/m³ pouze v okolí křižovatky na Prašném mostě. Jinde imisní limit překročený není, podél Patočkovy a M.Horákové se roční průměry pohybují od 31 do 38 µg/m³ a v okolí Střešovické, Ořechovky a severu Pražského hradu nedosahují ani 30 µg/m³. Na křižovatce Malovanka vystupují roční průměry na 38 µg/m³ a v okolí Sibeliovy ulice na 26 µg/m³. V celém sledovaném území však bude pravděpodobně docházet k překračování imisního limitu pro denní koncentrace PM10. Tyto hodnoty však nebyly modelem ATEM počítané.

- 4) V žádném místě sledovaného území nepřekračují průměrné roční koncentrace benzenu imisní limit $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nejvyšších hodnot $2,5 - 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dosahují podél ul.M.Horákové a na křižovatce na Prašném mostě. Na Patočkově vystupují $1,7 - 2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, na Malovance na $1,5 - 1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a v okolí Sibeliovy ulice na $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Z uvedených skutečností vyplývá, že z hlediska pozadového znečištění ovzduší je sledované území v Dejvicích nadměrně znečištěné NO_2 a v SV části i prachem - PM_{10} , zatímco u benzenu jsou hodnoty ročních průměrů v mezích daných zákonem. Maximální znečištění ovzduší se vyskytuje podél ulic Patočkova a M.Horákové.

Je však třeba mít na paměti, že pozadové znečištění ovzduší bylo počítáno pro r.2006, zatímco znečištění ovzduší ze zdrojů zahrnutých do výpočtu pro rok 2012. Během 6 let se imisní pozadí může poněkud změnit.

Odečteme-li od imisního pozadí průměrné roční koncentrace vypočtené pro variantu 1 (stav bez tunelů MO) a přičteme koncentrace vypočtené pro variantu 2 (stav s provozem tunelů MO), získáme pravděpodobný celkový stav znečištění ovzduší poté, co budou tunely uvedené do provozu. Z výsledků vyplývá, že:

- 1) Průměrné roční koncentrace NO_2 v okolí Patočkovy a ul.M.Horákové $40 - 47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se sníží o $0,5 - 1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Na křižovatce Malovanka se roční průměry kolem $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zvýší až o $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, v okolí křižovatky, kde stojí obytné domy, však jen o $0,5 - 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nižší roční průměry o několik desetin $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se dají očekávat i na Pohořelci a na Ořechovce a také v okolí výdechu Octárna, nepatrné zvýšení ročních průměrů je patrné v okolí horní části Sibeliovy ulice. Vzhledem k absolutním hodnotám imisního pozadí se nejedná o velké změny.
- 2) Průměrné roční koncentrace PM_{10} v okolí Patočkovy a ul.M.Horákové $31 - 34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ poklesnou o několik desetin $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a roční průměry kolem $34 - 38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Malovance se zvýší o $0,1$ až $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Malé snížení prašnosti se dá očekávat téměř na celém sledovaném území s výjimkou okolí horní části Sibeliovy ulice, změny jsou však malé.
- 3) Průměrné roční koncentrace benzenu $1,4 - 1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v okolí Patočkovy mezi Malovankou a Střešovickou poklesnou o $0,2 - 0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, roční průměry $2,6 - 2,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ podél Patočkovy a ul.M.Horákové na východ od Střešovické klesnou rovněž o $0,2 - 0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Naopak koncentrace $1,5 - 1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Malovance se zvýší až o $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ přímo v křižovatce a o $0,2 - 0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na okolní zástavbě. Na zbytku sledovaného území půjde jen o velmi malé změny. Ani po naznačených změnách nedojde nikde k průměrným ročním koncentracím benzenu překračujícím imisní limit $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Je však třeba mít na paměti, že pozadové znečištění ovzduší bylo počítáno pro r.2004, zatímco znečištění ovzduší z Radlické radiály pro rok 2015. Během 11 let se imisní pozadí může významným způsobem změnit.

6. Závěr

Pokud v r.2012 nebudou tunely MO v provozu (var.1), pak automobilová doprava po silnicích zahrnutých do výpočtu nezpůsobí nadměrné znečištění ovzduší NO₂, prachem - PM10, benzenem, formaldehydem ani benzo(a)pyrenem ve sledovaném území. Nejvyšší znečištění ovzduší se bude vyskytovat podél ulic Patočkovy a M.Horákové. Na těchto ulicích a v jejich blízkosti mezi Střešovickou a Prašným mostem může průměrná roční koncentrace 1,3 butadienu překročit vlivem emisí z dopravy přípustnou hodnotu.

Pokud v r.2012 tunely v provozu budou, pak oproti stavu bez tunelů poklesne znečištění ovzduší všemi sledovanými znečišťujícími látkami zejména podél ulic Patočkova a M.Horákové, ale také podél Keplerovy a Jelení a v oblasti Ořechovky. Na ulicích Patočkova a M.Horákové již nebude docházet k nadlimitním koncentracím 1,3 butadienu ani žádné jiné látky. Naopak znečištění ovzduší vzroste na křižovatce Malovanka a v jejím okolí. V prostoru křižovatky může dojít k nadlimitním průměrným koncentracím 1,3 butadienu, tyto koncentrace ale nebudou zasahovat až k nejbližším obytným budovám. Ostatní znečišťující látky zde svých maximálně přípustných hodnot nedosáhnou.

Zvýšení znečištění ovzduší na Malovance bude důsledkem toho, že v nočním provozu bude vzduchotechnika v tunelech vypnutá a emise z tunelu Trója - Malovanka i ze Strahovského tunelu budou vypouštěné přes portály přímo do křižovatky. V denním provozu nebo ve špičce z tunelů žádný vzduch odcházet nebude, protože vzduchotechnika jej bude vypouštět výdechovými objekty např., výdechem Octárna.

Samotný výdech Octárna nezpůsobí ani v období dopravní špičky nadměrné koncentrace žádné ze sledovaných znečišťujících látek na okolních budovách, a to ani v jejich nejvyšších patrech. Příčinou je skutečnost, že z výdechu bude vypouštěno velké množství vzduchu vysokou rychlostí a v důsledku vysoké setrvačnosti mohutného proudu vzduchu dosáhne vlečka znečištěného vzduchu poměrně velké výšky. Proto bude poměrně málo ovlivňovat nízké domy v okolí a v Sibeliově ulici. K maximálním koncentracím způsobeným emisemi z výdechu Octárna zde bude docházet většinou za silnějšího větru, který sice

podstatným způsobem sníží výšku vlečky ale na druhé straně zředí emise ve vlečce, takže výsledné koncentrace nebudou vysoké.

Efekt záporného rozdílu teplot mezi vzduchem vyfukovaným z výdechu a okolním vzduchem, ke kterému může docházet za horkých letních dní, nepovede k podstatnému zvýšení koncentrací ve vyšších patrech budov v okolí výdechu Octárna. Působením teplotního rozdílu se sice bude výška vlečky postupně o něco snižovat (než se vyrovnají teploty mezi vlečkou a okolím), hlavní příčinou počáteční poměrně velké výšky vlečky ale zůstane vysoká setrvačnost proudu vzduchu z výdechu, která působí okamžitě. Rozdíl teplot přitom nebude nikdy tak vysoký, aby termický pokles vlečky převážil vliv setrvačnosti. Výsledkem tedy bude v takových případech malé zvýšení koncentrací znečišťujících látek v okolí, které ale nepovede k překročení přípustných hodnot.

V hypotetickém případě maximální možné kongesce v tunelech MO, kdy jsou všechny jízdni pruhy v obou tunelech zcela zaplněné v celé délce auty, která popojíždějí a pohybují se průměrnou rychlostí 5 km/h, by výdechem Octárna odcházelo podstatně větší množství znečišťujících látek než v období dopravní špičky. Maximální krátkodobé koncentrace znečišťujících látek způsobené v takovém případě na okolních budovách výdechem Octárna by také ještě nepřekročily přípustné hodnoty, u některých látek by se jim však začaly přibližovat. V případě prachu - PM10 a benzenu, u kterých není limitována krátkodobá koncentrace, je podezření, že při déletrvající takové kongesci mohl být překročený limit pro denní průměr. Nevelké zvýšení výšky výdechu Octárna (např. o 5 m) by tyto možné problémy odstranilo.

Pozadové znečištění ovzduší v současné době dosahuje hodnot vyšších než imisní limit v případě průměrných ročních koncentrací NO₂ v širším okolí hlavního dopravního tahu Patočkova - M.Horákové. Krátkodobá maxima koncentrací NO₂ imisní limit překračují téměř v celém sledovaném území, ale pouze podél jmenovaných ulic s četností vyšší, než připouští zákon. Průměrné roční koncentrace prachu - PM10 ani benzenu svých imisních limitů nedosahují, ačkoliv v případě PM10 se jim na Prašném mostě a Malovance přibližují. Patrně zde ale bude docházet k nadlimitním denním koncentracím prachu - PM10.

Literatura

- [1] J.Maňák, J.Brechler, E.Rychlíková, V.Bílek: Návrh na zpracování rozptylové studie pro výdechový objekt Octárna (pracovní materiál expertní skupiny jmenované Komisí Rady HMP pro implementaci Integrovaného programu snižování emisí a zlepšení kvality ovzduší, prosinec 2007)
- [2] J.Maňák: Výdechový objekt Octárna z tunelů MO Malovanka - Trója. Rozptylová studie pro emise znečišťujících látek z dopravy při alternativním umístění a jiné výšce (EKOAIR, č.z. 498-1/08, duben 2008)
- [3] J.Pořízek: Podklady pro vypracování rozptylové studie pro výdech Octárna ve Střešovicích (SATRA, č.z. 01-0227/08 SAT, únor 2008)
- [4] J.Kreml, J.Tomsová: Dopravněinženýrské podklady pro Městský okruh - soubor staveb Malovanka - Pelc Tyrolka, výdechový objekt "Nad Octárnou" (TSK hl.m. Prahy, úsek dopravního inženýrství, úkol 08-7500-G3-OMI-1, únor 2008)
- [5] Ročenka dopravy 2006, Ústav dopravního inženýrství hl.m. Prahy
- [6] B.B.Daly: Woods Practical Guide to Fan Engineering (GEC company)
- [7] Nařízení vlády č.597/2006 Sb., příloha 1.
- [8] Web stránky SZÚ: szu.cz/chzp/ovzdusi/dokumenty/documents/referencni_konc_2003.pdf
- [9] Informace o čichových prazích benzenu, formaldehydu a 1,3 butadienu a stanovení referenční koncentrace pro 1,3 butadien (Dopis SZÚ ze 6.3.2008 připojený jako Příloha 1)
- [10] J.H.Ruth: Odor thresholds and irritation levels of several chemical substances: a review (Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 47, p. A-142, March 1986)
- [11] J.Bubník, J.Keder, J.Macoun, J.Maňák: SYMOS'97 (Metodický pokyn pro výpočet znečištění ovzduší z bodových, plošných a liniových zdrojů, Věstník MŽP ČR, částka 3, 1998)

Příloha 1 - Dopis Státního zdravotního ústavu

Datum: 6.3..2008

Naše čís. jednací: Řed 665/08 , CHŽP 100/08 , EX 080284
Vaše čís. jednací:

RNDr Jan Maňák
EKOAIR - Služby čistotě ovzduší
Nechvílova 1836, 148 00 Praha 4

Věc: Informace o čichových prazích benzenu, formaldehydu a 1,3 butadienu a stanovení referenční koncentrace pro 1,3 butadien

Čichové prahy

Čichový práh benzenu je udáván v literatuře v rozmezí 4,5 mg/m³ až 270 mg/m³, tedy v koncentracích až o dva řády vyšších než je povolena pro pracovní prostředí a o tři řády vyšších než je limitní koncentrace pro venkovní ovzduší. Současně z toho vyplývá, že se za běžných podmínek nevyskytuje ve venkovním ovzduší v koncentracích dosahujících čichového prahu

Čichový práh formaldehydu je udáván mezi 60 – 1228 mikrogramy/m³. Zkušenosti z měření ve vnitřním prostředí dokumentují, že citlivé osoby skutečně vnímají formaldehyd již kolem 60 µg/m³, někteří si už při těchto koncentracích stěžují na lehké dráždění očí, ačkoliv podle WHO se dráždivé účinky začínají projevovat od 100 µg/m³. Proto je pro hodnocení vhodné použít spíše dolní hranici rozmezí čichového prahu

Čichový práh 1,3butadienu nebyl v literatuře nalezen s výjimkou jediného zdroje, který uvádí 360 µg/m³

Referenční koncentrace

Na základě Vaší žádosti byla stanovena referenční koncentrace pro znečišťující látku 1,3butadien ve smyslu §45,písm.b, zákona č.86/2002 Sb.,

Kritickým účinkem 1,3butadienu je karcinogenita Referenční koncentrace 1,3butadienu pro hodnocení byla stanovena 0,06 µg/m³ jako roční aritmetický průměr. Tato hodnota byla převzata z podkladů americké agentury pro životní prostředí (Risk-Based Concentration Table, U.S. EPA Region III, Philadelphia, Pennsylvania 19103, 2007). Jde o koncentraci, která podle současných poznatků odpovídá riziku 1x10⁻⁶ pro celoživotní expozici. Tato koncentrace je stanovena jako dočasná vzhledem k velké míře nejistot v informacích o působení 1,3butadienu.

S pozdravem

MUDr.Růžena Kubínová
vedoucí.Centra hygieny životního prostředí

Příloha dopisu:

1,3 BUTADIEN

CASRN: 106-99-0

1ppm je 2,21 mg/m³ 1mg/m³ je 0,445 ppm

1,3butadien je bezbarvý plyn, mírného aromatického zápachu, v kontaktu se vzduchem tvoří peroxidy.

Zdroje 1,3butadienu

Hlavním plošně se vyskytujícím zdrojem butadienu v ovzduší je cigaretový kouř, emise z mobilních zdrojů, vznikající spalováním benzínu a nafty (emise jsou účinně omezovány katalyzátorem) a také spalování ostatních fosilních paliv a dřeva.

Specifickým zdrojem je průmyslová výroba butadienu, jeho skladování, transport a jeho použití ve výrobě syntetického kaučuku a pneumatik.

Výskyt v ovzduší

Informací o koncentracích 1,3 butadienu v ovzduší je málo. Nejčastěji bývá uváděna koncentrace ve venkovním ovzduší v jednotkách µg/m³ (2-20) s krátkodobými hodnotami v desítkách µg/m³. Ve vnitřním prostředí kuřáckých místností byly zjišťovány koncentrace v desítkách µg/m³.

Expozice

Hlavním vstupem do organismu je vdechování. V organismu butadien podléhá epoxidaci na epoxybuten a dále na diepoxybutan. Tyto metabolity představují přímé mutageny

Z organismu je vylučován močí a částečně vydechován ve formě epoxybutenu nebo CO₂

Toxicita

Akutní toxicita butadienu se projevuje při vysokých koncentracích drážděním sliznic dýchacího ústrojí, drážděním nervového systému. dostavuje (LC 50 122 g/m³ po 4hodinové expozici pokusných myší)

Nekarcinogenní účinky zahrnují vývojovou toxicitu, reprodukční toxicitu, hematotoxicitu a imunotoxicitu, jako následek akutní, subchronické až chronické expozice.

Karcinogenita

1,3 butadien je klasifikován dle IARC jako 2A, tedy prokázaný karcinogen pro zvířata, u kterých způsobuje mnohočetné nádory různých orgánů.

Výsledky testování ukazují na velkou variabilitu reakce na 1,3butadien u různých živočišných druhů (je genotoxický pro myši, ale ne pro krysy). Butadien a jeho metabolity jsou mutagenní, způsobují chromozomové aberace a výměny chromatid.

UR v rozmezí $2,8 \times 10^{-4}$ až $0,7 \times 10^{-5}$ / 1µg/m³

RBC US EPA regionIII $6,3 \times 10^{-2}$ µg/m³

US EPA IRIS 3×10^{-5} / 1µg/m³, pak 3×10^{-2} µg/m³ odpovídá riziku 1×10^{-6}

Stanovení je zatíženo velkými nejistotami, kvantitativní hodnocení je problematické