

**Hodnocení zdravotního rizika znečištění ovzduší na Spořilově
podle zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví**

Zadavatel:

prof. MUDr. Eva Syková, DrSc.
senátorka za volební obvod 20 – Praha 4

Zpracovala:

MUDr. Eva Rychlíková

Odborná spolupráce:

MUDr. Radim Jan Šrám, DrSc.
Ústav experimentální medicíny AV ČR

Hodnocení zdravotního rizika znečištění ovzduší na Spořilově podle zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví

Č.j. Smlouva ze dne 29.11.2013

Zadavatel: MUDr. Eva Syková, DrSc., FCMA

Na okraji 448/42a

162 00 Praha 6 - Veleslavín

Kontaktní osoba: Říha Ján

e-mail: rihaj@senat.cz

tel: 257072447, 296442829

Zpracováno: prosinec 2013

Revize: únor 2014

Počet stran: 46

Zpracovala: MUDr. Eva Rychlíková – Osvědčení o autorizaci k hodnocení zdravotních rizik č.j. 033 / 05

Protokol o autorizovaném hodnocení nesmí být bez písemného souhlasu autorizované osoby reprodukován jinak, než celý.

Obsah

1. Úvod.....	4
2. Metodika.....	5
3. Výsledky.....	8
3.1. Suspendované částice	8
3.2. Oxid dusičitý.....	17
3.3. Oxid uhelnatý	17
3.4. Arsen.....	18
3.5. Kadmium	22
3.6. Nikl a jeho sloučeniny	25
3.7. Olovo	28
3.8. Benzo(a)pyren a ostatní polycyklické aromatické uhlovodíky	31
3.9. Benzen	36
4. Závěr hodnocení zdravotního rizika.....	40
5. Literatura	43

1. Úvod

Na základě smlouvy zde dne 29. 11. 2013 bylo provedeno hodnocení zdravotního rizika vycházejícího ze znečištění ovzduší v Praze 4 – Spořilově.

Venkovní ovzduší obsahuje částice a plynné znečištění, jako je oxid siřičitý (SO_2), oxidy dusíku (NO_x) a oxid uhelnatý (CO) stejně jako druhotné znečištění jako je ozón (O_3) vznikající přímo z emitovaných látek. Další složky směsi znečišťujících látek jsou benzo[*a*]pyren, benzen a 1,3-butadien. Vliv na zdraví městského znečištění, zejména ze spalovacích zdrojů, zapříčiňuje celkem přibližně 1 152 000 úmrtí (8 747 000 DALY; pozn.: DALY je angl. zkr. pro „disability adjusted life-year“, čes. „ztracený rok života prožitý ve zdraví“) ve světě pro rok 2004. Přenosné nemoci dýchacích cest u dětí způsobily 121 000 úmrtí (1 555 000 DALY) nádory plic 108 000 úmrtí (931 000 DALY) a další srdeční a plicní nemoci 932 000 úmrtí (6 261 000 DALY).¹

2. Metodika

Pro zpracování hodnocení zdravotního rizika bylo využito postupů Americké agentury pro životní prostředí (US EPA, United States Environmental Protection Agency) a Mezinárodní program chemické bezpečnosti Světové zdravotnické organizace (IPCS, International Programme on Chemical Safety; WHO, World Health Organization), a to v návaznosti na Základy hodnocení zdravotních rizik Cikrta a Bláhy,² Manuál prevence v lékařské praxi, díl VIII – Hodnocení zdravotního stavu, přístupy klinické epidemiologie³ a Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí ČR č. 12/2005.⁴ Také bylo přihlédnuto k Zásadám a postupům hodnocení a řízení zdravotních rizik v činnostech odboru hygieny obecné a komunální.⁵ Pro hodnocení byly využity jednak referenční koncentrace (tj. koncentrace, které při celoživotním vdechování nezpůsobí onemocnění) převzaté z Integrovaného systému informování o rizicích (IRIS, Integrated Risk Information System), databáze, která byla vytvořena výše uvedenou US EPA a s jejíž pomocí lze odhadovat vliv vystavení škodlivinám na zdraví podle míry znečištění životního prostředí,⁶ jednak jednotky rizik převzaté z publikací WHO.^{7; 8} Jednotkou rizika je pravděpodobnost onemocnění vázaná k jednotce znečištění (tj. $\mu\text{g}/\text{m}^3$, resp. ng/m^3).

Pro hodnocení zdravotního rizika koncentrací částic PM_{10} bylo použito vztahů získaných ze dvou metaanalytických studií publikovaných WHO v roce 2004 a 2005.^{9; 10} V souladu s doporučením WHO k hodnocení rizika oxidu dusičitého vyskytujícího se spolu s částicemi prachu, jejichž kumulativní účinek nelze při hodnocení efektu PM (částic) z dopravy zcela vyloučit, efekt NO_2 (oxid dusičitý) hodnocen nebyl.¹¹

Standardní postup^{2; 3; 4; 5; 6} při hodnocení zdravotních rizik zahrnuje následující kroky:

- identifikaci (určení) nebezpečnosti
- hodnocení vztahu dávka-účinek (charakterizace nebezpečnosti)
- hodnocení expozice (vystavení znečištění)
- charakterizaci rizika

K hodnocení patří také diskuse nejistot a konečné doporučení se závěrem^{2; 3; 4; 5}

Naše hodnocení se týká znečišťujících látek spojených se znečištěním ovzduší z dopravy, z nichž většinu Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC, International Agency for

Research on Cancer) zařadila mezi látky způsobující rakovinu, nebo jejich zařazení mezi karcinogeny zvažuje.

Tab. 1.: Zařazení látek v městském ovzduší podle karcinogenity¹²

Zařazení do skupin podle IARC

PM ₁₀	1
PM _{2,5}	1
NO ₂	není
As	1
Cd	1
Ni	Sloučeniny ve skupině 1, kovový nikl ve skupině 2B
Pb	2B
benzo(a)pyren	1
benzen	1
výfukové plyny dieselových motorů plyny	1
výfukové plyny benzinových motorů	2B
venkovní znečištění ovzduší	1

Skupina 1: Prokázaný lidský karcinogen

Skupina 2 A: Pravděpodobně karcinogenní pro člověka

Skupina 2 B: Podezřelý karcinogen pro člověka

Skupina 3: Neklasifikovaný jako karcinogen

Jako možný zdroj dat pro tuto analýzu byly nejprve posouzeny výsledky měření, která byla ve sledované lokalitě provedena po kritickém zvýšení dopravní zátěže, k němuž došlo v září 2010 v důsledku přesměrování tranzitní dopravy z Jižní spojky a ul. 5. května do ul. Spořilovská. Konkrétně se jednalo o:

- měření kvality ovzduší realizované Státním zdravotním ústavem v Praze (SZÚ) u Polikliniky Spořilov ve dnech 27. 5. – 24. 6. 2013 (I. etapa)¹³
- měření kvality ovzduší realizované SZÚ u Polikliniky Spořilov ve dnech 1. – 29. 8. 2013 (II. etapa)¹⁴
- měření úrovně znečištění ovzduší měření koncentrací znečišťujících látek (oxidu siřičitého, oxidu dusičitého, oxidu dusíku, oxidu uhelnatého, suspendovaných částic PM10 a meteorologických parametrů) ve venkovním ovzduší v lokalitě Praha 4 – Spořilov realizované ve dnech 7. – 14. 10. 2010 a 28. 10. – 4. 11. 2010 společností ENVItech.¹⁵

Alternativní možností bylo využití informací z webu Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) – Oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší (OZKO) – vrstvy Geografického informačního systému (GIS) – Pětileté průměry 2007-2011, 2008-2012.¹⁶

Posledně jmenovaný zdroj byl upřednostněn jako relevantnější, neboť vycházel z pětiletých výsledků měření sítě znečištění ovzduší. Jedná se o model využívající dlouhodobou emisní bilanci a dlouhodobé rozptylové podmínky. Vedle dlouhodobého vyjádření znečištění je výhodou tohoto modelu také to, že hodnotí širší spektrum znečišťujících látek, než jaké bylo zjištěno při výše uvedených měřeních.

Modely ČHMÚ jsou provedeny pro znečišťující látky, které mají zákonem stanovený imisní limit, tj. suspendované částice velikosti PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, benzo(a)pyren, benzen a toxické kovy v suspendovaných částicích PM₁₀ – olovo (Pb), kadmium (Cd), nikl (Ni) a arsen (As).

Výše uvedená měření byla orientační povahy a ve smyslu vyhlášky MŽP č. 330/2012 Sb., o posuzování znečištění a informování při smogových situacích¹⁷ by vykazovala stejnou nejistotu u měření PM₁₀ a PM_{2,5} jako model ČHMÚ.

Zdravotní riziko je u látek působících bezprahově vyjadřováno pravděpodobností onemocnění z celoživotní expozice (ILCR, Individual Lifetime Cancer Risk). Proto jsou dlouhodobé údaje pro tento výpočet relevantní. Únosná míra rizika zákonem není stanovena. US EPA považuje za únosnou míru rizika pravděpodobnost aditivního onemocnění nádorem 1×10^{-6} (tj. 1 onemocnění na každý 1 mil. obyvatel). WHO uvádí obdobný údaj.

Dalším vyjádřením zdravotního rizika látek, které mají prahové působení, je poměr koncentrace expoziční a referenční – kvocient nebezpečnosti (HQ, Hazard Quotient). Únosná míra rizika je vyjádřena HQ = 1, kdy expoziční koncentrace se rovná koncentraci referenční.

3. Výsledky

3.1. Suspendované částice

a) Identifikace nebezpečnosti

Částice v ovzduší jsou popisovány jako směs tekutého nebo pevného aerosolu o různých velikostech, složení a vlivu.¹⁸ Poškozující efekt na zdraví závisí na velikosti částic a jejich rozpustnosti. Zatímco hrubé částice (vel. 1 – 100 μm) mají vliv zejména v dýchacích cestách, jemné částice (vel. 0,1 – 1 μm) mohou výrazněji poškozovat kardiovaskulární systém a vyvolávají také další systémové změny.¹⁸

Nejběžnější používané velikostní rozlišení částic je následující:

- TSP (total suspended particulates) zahrnuje veškeré částice v ovzduší
- PM₁₀ označuje částice s aerodynamickým průměrem <10 μm
- PM_{2,5} označuje částice s aerodynamickým průměrem <2,5 μm
- BS (black smoke, černý dým) je široce používán jako indikátor tmavosti směsi, bývá používán k vyjádření znečištění sazími
- BC (black carbon, černý uhlík) je také používán k vyjádření znečištění sazími, měří se jiným způsobem, než předcházející znečištění

Primární částicí se rozumí částice uvolněná do ovzduší přímo ze zdroje, sekundární částicí je částice vznikající po uvolnění látek, ze kterých vznikne (prekursorů) ze zdroje, nebo také částice zvržená z povrchu, na kterém byla dříve usazena. Sekundární částice během svého vývoje mění fyzikální vlastnosti a složení. Na tom závisí i jejich možnost ovlivnit zdraví a překvapivé je, že toxické vlastnosti významně souvisejí s velikostí částic. Některé ultrajemné částice mohou být toxické, přestože jejich hrubá podoba toxicitu nepřináší. Velká část sekundárních částic, vzniklých z prekursorů, je menší než 100 nm. Vztah dávky a účinku dosud není znám, byť se již ultrajemné částice využívají a vyrábějí.¹⁹

Částice poškozují dýchací cesty, jemné pronikají do plicních sklípků a mohou je poškodit. Ultrajemné částice více ochotně způsobují zánět, než jejich jemné a částice PM₁₀ z téhož materiálu.²⁰

Částice jsou považovány za prvořadě znečišťující látky a mohou se negativně podílet na zdraví člověka po celý život včetně vývoje organismu a dokonce i v období před početím.¹⁹ Jak prokázal Dr. Šrám a spolupracovníci na osobách při práci i mimo ni vystavených znečištění ovzduší v ulicích města Prahy a Ostravy, negativně ovlivňují kvalitu zárodečných buněk.²¹ Dále ovlivňují porodní váhu dětí^{21; 22} nemocnost dětí vystavených znečištění^{19; 20; 21}, snížení schopností dýchacích cest dětí¹⁸ včetně ukazatelů zánětu u dětí i dospělých.²³ Bylo zjištěno, že částice navozují prostřednictvím působků z plicních buněk fázi akutní odpovědi s produkcí bílkovin tvořených játry, které pomáhají organismu vyrovnat se zánětem a jinými poškozeními. Zároveň přispívají i k tvorbě rozvoji sklerotických změn a vzniku srdečních a cévních nemocí (CRP, fibrinogen, faktor VII).^{23; 24}

Existuje vztah mezi vlivem částic, úmrtností a počtem příjmů do nemocnic pro chronickou obstrukční chorobu bronchopulmonální, srdeční a cévní choroby, pro cukrovku, příznaků zhoršení a nutnosti léčby u astmatu, nebo rostoucím rizikem infarktu myokardu, zápalu plic, systémových zánětů, poruch povrchu cévních stěn, rozvoj sklerózy, nárůst vzniku infekcí a plicní rakoviny.^{9; 10; 11}

Ovlivněna je celá populace, avšak efekt je viditelný zejména ve skupinách obyvatel, kde citlivost souvisí s věkem nebo se zatížením nemocemi. Účast atmosféricky vzniklých částic u astmatických procesů je významná.²⁵

Pope a další autoři na počátku 90. let 20. st. prezentovali přehled důkazů ze studií sledujících současně náhlý vliv na úmrtnost, nemocnost a chronický vliv na zdraví,¹⁸ včetně celkové úmrtnosti.²⁵

Schwartz spolu s Laden a Zanobetti našli, podobně jako jiní autoři, spojení neprokazující přítomnost prahového vlivu (tj. že vliv na zdraví se projevuje od určité hladině znečištění). Síla tohoto spojení záleží na obsahu jemného podílu částic ve znečištění a skutečně přináší tisíce předčasných úmrtí za rok.²⁶

Tab. 2: Předpokládaný vliv částic na srdečně cévní systém podle uplatnění projevu^{Chyba!}
Záložka není definována.

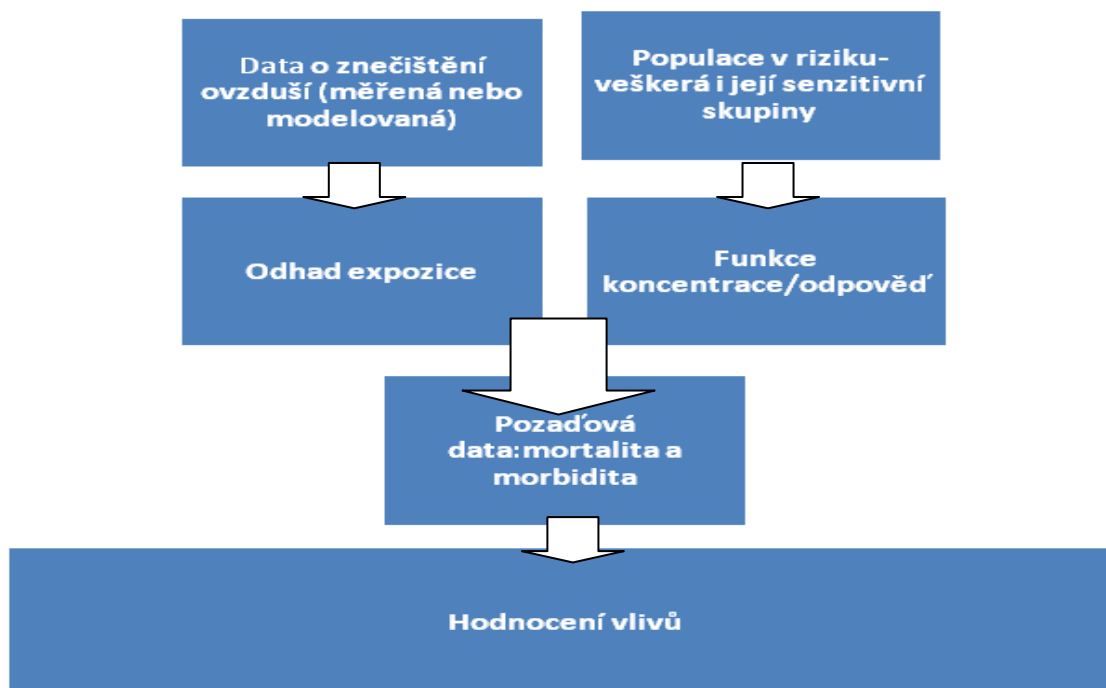
vliv:	trvání:
náhlá fáze odpovědi	okamžité
rozvoj sklerózy	vleklé
uvolnění/prasknutí sklerotických plátů	okamžité/vleklé

tvorba sraženin v krvi	okamžité
poruchy srdeční činnosti	okamžité
nepravidelnosti srdečního rytmu	okamžité/vleklé

Pro hodnocení zdravotního rizika působení částic PM upřednostňuje WHO dlouhodobé působení a s ním související vztahy. Tento přístup je zdůvodněn i tím, že působení krátkodobých denních koncentrací a jejich dopadů je v dlouhodobém hodnocení vždy promítnuto.²⁷

b) Vztah dávky a účinku

V rámci hodnocení rizika dlouhodobého vlivu částic na zdraví publikovala WHO poznatky o vztahu expozice a odpovědi, které byly zjištěny vyšetřováním velkých skupin obyvatel. Těchto poznatků lze využít pro hodnocení současného stavu ovzduší a zdraví, ale také k předpovědi dopadu činností, staveb, strategií, plánů a koncepcí, u kterých se hodnocení vlivu podle zvláštních zákonů vyžaduje.



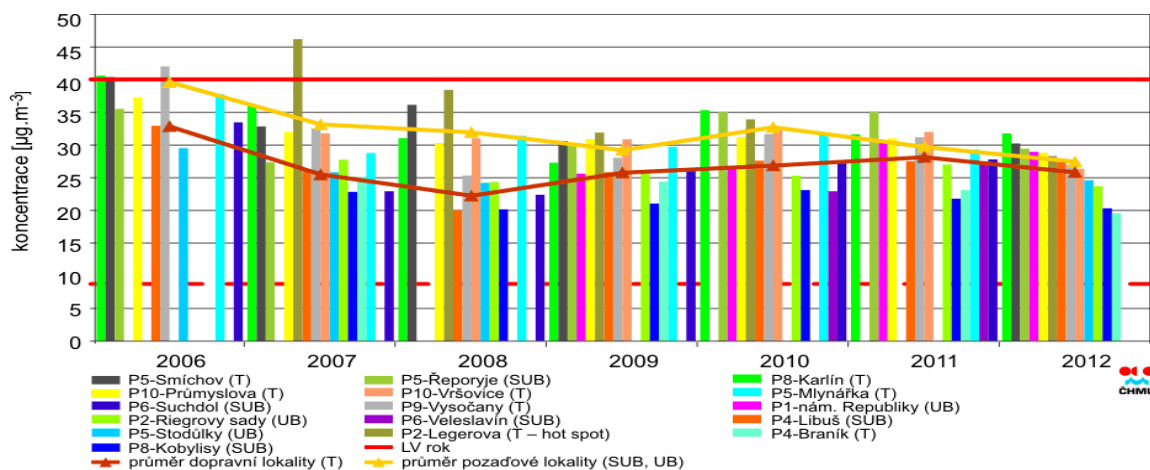
Obr. 1: Schéma hodnocení – použití důkazů (evidence) v hodnocení rizika²⁸

Dlouhodobý vliv má větší význam pro veřejné zdraví než vliv krátkodobý, protože dlouhodobá přítomnost částic přináší značnou redukci očekávaných let dožití. Částice $PM_{2,5}$ vykazují silnější spojení s úmrtností prokazující 6% nárůst rizika úmrtí ze všech příčin.

Při dlouhodobém znečištění $PM_{2,5}$ odhady relativního rizika vykazují zvýšení o 12 % pro úmrtí pro srdečně-cévní onemocnění a zvýšení o 14 % pro úmrtí na rakovinu plic při současném nárůstu o $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $PM_{2,5}$.^{9; 28}

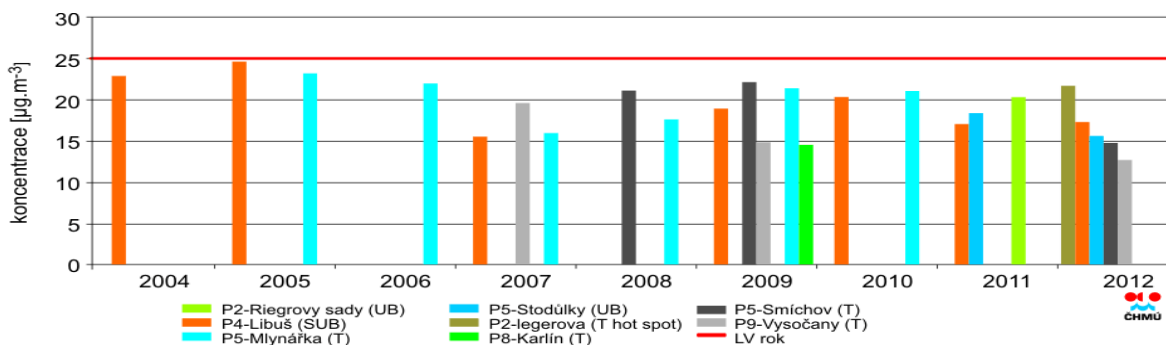
c) Hodnocení expozice

ČHMÚ na základě výsledků měření Státní imisní sítě provedl dlouhodobé hodnocení kvality ovzduší a koncentrací suspendovaných částic vyjádřených jako PM_{10} . Výsledky jsou veřejně dostupné na webu ČHMÚ. Roční průměrné koncentrace nepřekračují imisní limity pro PM_{10} stanovené zákonem č. 201/2012 Sb.¹⁶



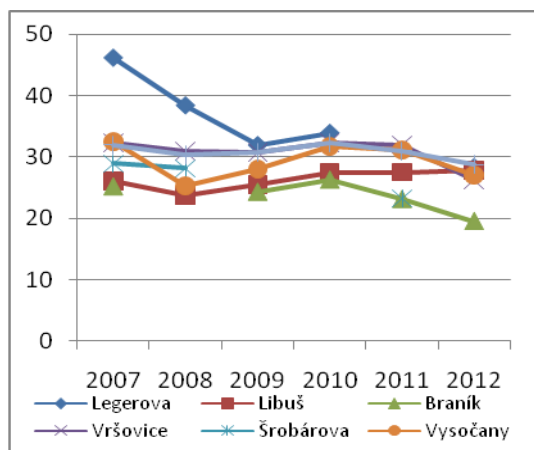
Obr. II.4.1.2 Průměrné roční koncentrace PM_{10} na vybraných lokalitách a na jednotlivých typech stanic, aglomerace Praha, 2006–2012

Výsledky měření suspendovaných částic vyjádřených $PM_{2,5}$ rovněž nepřekračují imisní limity, podstatně více proti PM_{10} se k nim ale přibližují. Výsledky měření včetně grafického zpracování jsou dostupné na webu ČHMÚ.¹⁶

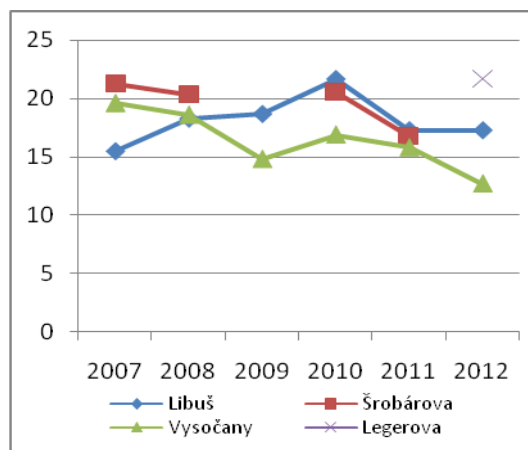


Obr. II.4.1.4 Průměrné roční koncentrace $PM_{2,5}$, aglomerace Praha, 2004–2012

Z výsledků měřících stanic ČHMÚ a SZÚ jsme jako referenční zdroj dat zvolili hodnoty naměřené ve čtyřech stanicích geograficky nejblíže (Šrobárova, Vršovice, Legerova, Braník) a ve dvou dalších stanicích, které se nacházejí v lokalitách výrazně zatížených dopravou (Vysočany a Průmyslová).



Graf 1: Roční průměry hodnot PM₁₀ v ug/m³ na geograficky nejblíže stanicích (ČHMÚ)



Graf 2: Roční průměry hodnot PM_{2,5} v ug/m³ na měřících stanicích v dopravně zatížených lokalitách (ČHMÚ)

Pro účely vlastního hodnocení zdravotního rizika jsme využili mapy OZKO, zpracované ČHMÚ které vyjadřovaly dlouhodobé pětileté průměry pro období 2008 – 2012.

Tab. 3: Znečištění Spořilova PM₁₀ a PM_{2,5} 2008 – 2012 (ČHMÚ)

PM10	ug/m ³	PM2,5	ug/m ³
Starý Spořilov	29,3	Starý Spořilov	20,1
Sídliště	27,3	Sídliště	19,2
Centrum Chodov	28	Centrum Chodov	19,1
Praha 11	27,1	Praha 11	19,1

Na celém hodnoceném území nedochází k překračování imisních limitů (40 ug/m³) pro roční průměry suspendovaných částic. K překračování krátkodobých koncentrací denních imisních limitů (50 ug/m³ podle vyhl. č. 330/2012 Sb.) však dochází na Starém Spořilově.

d) Charakterizace rizika:

Účinek částic prachu je bezprahový a byl zjištěn i při hodnotách znečištění rovných přirozenému znečištění. Určitá míra ovlivnění je pravděpodobná vždy. Limitní hodnoty PM₁₀ i PM_{2,5} platné v ČR podle zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší se neshodují

s doporučeními WHO, podle nichž by riziko dopadu PM na zdraví mělo být co nejvíce minimalizováno. Doporučení WHO pro roční průměr imisního limitu PM₁₀ je 20 µg/m³ pro PM₁₀, pro denní průměr pak 50 µg/m³. Pro limitní hodnotu PM_{2,5} doporučilo WHO roční hodnotu průměru 10 µg/m³, denní imisní limit PM_{2,5} byl WHO navržen 25 µg/m³. Uplatněním modelu OZKO ČHMÚ bylo zjištěno překračování denních imisních limitů daných zákonem o ochraně ovzduší pro PM₁₀.

Tab. 4: Znečištění v oblasti Prahy 4 – Spořilova z hlediska hodnot PM₁₀ a PM_{2,5} v ug/m³ (roční aritmetické průměry podle výsledků měření z ISKO – ČHMÚ)

PM ₁₀	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Legerova	46,2	38,4	31,9	33,9		28,3
Libuš	26,1	23,7	25,4	27,4	27,5	27,8
Braník	25,2		24,3	26,3	23,1	19,5
Vršovice	32,3	30,9	30,8	32,3	32	26,3
Šrobárova	28,9	28,2			23,2	
Vysočany	32,5	25,3	28	31,7	31,1	27
Průmyslová	31,9	30,3	30,8	32,3	31	28,8
PM _{2,5}	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Libuš	15,5	18,3	18,7	21,7	17,3	17,3
Šrobárova	21,3	20,4		20,6	16,8	
Vysočany	19,6	18,6	14,8	16,9	15,8	12,7
Legerova						21,7

Z tabulky lze vyčíst, že roční aritmetické průměry řadu let nepřekračují limitní hodnoty stanovené pro roční průměr PM₁₀ – 40 µg/m³, pouze v Legerově ulici v roce 2007 byl limit překročen. Ve všech případech překračují WHO „doporučenou hodnotu pro ochranu zdraví“ 20 µg/m³⁹

Podobně i v případě měření PM_{2,5} není v žádném roce překročen imisní limit PM_{2,5}, daný zákonem č. 201/2012 Sb. na podkladě evropské legislativy. Doporučení WHO pro roční limit PM_{2,5} je 10 µg/m³.¹¹ Tato hodnota nebyla nikdy splněna, vždy byla vysoce překročena.

Tab. 5: Nárůst pravděpodobné aditivní úmrtnosti v % v důsledku inhalace PM_{2,5} na základě modelu ČHMÚ

2008 - 2012	PM _{2,5} v ug/m3	celková úmrtnost	kardiovaskulární	nádory plic
Starý Spořilov	20,1	12,06	24,12	28,14
Sídliště	19,2	11,52	23,04	26,88
Centrum Chodov	19,1	11,46	22,92	26,74
Praha 11	19,1	11,46	22,92	26,74

Odhad populačního rizika: Aritmetickým průměrem zvýšení úmrtnosti ze všech příčin je 11,625 %. Ročně zemře z počtu 14 718 obyvatel Spořilova přibližně 1 %. Z tohoto jednoho procenta přijde „na vrub“ znečištění prachem, respektive suspendovanými částicemi PM_{2,5} 11 osob. Tento odhad je pro maximální expoziční scénář pro obyvatele, žijící po celý rok ve stejném prostředí Spořilova a nikam se nevzdalující, přičemž PM_{2,5} je venku stejně vysoké, jako uvnitř budov. Odhad může být nadhodnocen a nerespektuje převážnou část života populace uvnitř budov a tamní kvalitu ovzduší.

Nejvyšší odhad nárůstu celkové úmrtnosti je 12,6 %. Pokud by celý Spořilov měl takovéto znečištění, pravděpodobná aditivní celková úmrtnost by byla „na vrub“ znečištění PM_{2,5} 12 osob ročně. Odhad může být nadhodnocen, pokud obyvatele budou přerušovat expozici a přemísťovat se do méně znečištěných míst. Odhad může být jak nadhodnocen, tak podhodnocen. Ve starší zástavbě může žít více starších senzitivnějších lidí, kteří mohou negativně reagovat na znečištění výrazněji.

e) Diskuse nejistot

- Nevyužili jsme výsledků krátkodobých měření pro hodnocení zdravotního rizika. Nebyla k dispozici data, rovnoměrně rozložená do roku, která by pokrývala všechna roční období s charakteristickými rozptylovými podmínkami.
- Modelovaná data vykazují určitou nejistotu. Vyhláška č. 330/2012 Sb. předpokládá 50% nejistotu. Modelovaná data spojená s měřenými emisemi u určitých zdrojů. U malých a mobilních zdrojů se používá odhad emisí. To přináší nejistoty.
- Měření ČHMÚ na měřicích stanicích ISKO (Braník, Legerova, Vršovice) nemusí odpovídat znečištění Spořilova. Tyto stanice se nachází v jiných geografických poměrech a jinak exponované dopravními zdroji s jiným charakterem dopravy, jinak obklopena recyklačními plochami se stavebním odpadem, podobně jako „dolíček“ pod

Spořilovem, kde v posledních letech probíhala i intenzivní výstavba, která znamenala nejen přivedení dopravy, ale i rozsáhlé zemní práce s mnohými stroji vybavenými spalovacími motory.

- Neznáme reálnou expozici, která je variabilní ve věkových skupinách i mezi nimi.
- Neznáme počet obyvatel žijících v oblasti charakteristického znečištění.
- Neznáme uplatnění dalších zdrojů znečištění, jako jsou kvetoucí plochy zeleně, sekání trávy motorovými mobilními stroji, stavby a rekonstrukce.
- Meteorologické parametry – tlak, teplota, vlhkost vzduchu, rychlost větru významně ovlivňují měření, a tím i vstupní data modelu.
- Neznáme počet obyvatel, kteří tvoří senzitivní skupinu populace a místa, kde žijí ve vztahu ke zdrojům znečištění. Senzitivnější jedinci mohou být více ohroženi.

f) Závěr a doporučení

Zdravotní riziko spojené s inhalací částic obsažených v prach, pravděpodobně existuje. Stávající znečištění se může podílet na zvýšení úmrtnosti na všechny diagnózy, kardiovaskulární nemoci a nádory plic. Celková úmrtnost je pravděpodobně zvýšena z důvodu inhalace suspendovaných částic o 12% (tj. o 17 osob v roce), o 23 % u kardiovaskulárních nemocí, o 27% u nádorů plic. Znečištění ovzduší není monitorováno. Dosavadní měření nepředstavovala dlouhodobý monitoring znečišťujících látek, které mají imisní limity.

Proto je nezbytné

- Zajistit sledování zdravotního stavu ve vztahu ke kvalitě ovzduší, které by vyvrátilo obavy obyvatel z onemocnění ze znečištění. Větší vypovídací hodnotu a výslednou statistickou sílu mají studie pokrývající větší počet obyvatel. Je třeba se zaměřit zejména na senzitivní skupiny obyvatel. Zahrnuta by mohla být i retrospektivní deskriptivní studie vycházející ze statistik.
- Spořilov je relativně malý. Byla by potřebná pozitivní spolupráce obyvatel a jejich motivace.
- Ideální studie by se měla týkat obyvatelstva celé Prahy. Spořilov by mohl poskytnout reprezentativní vzorek populace srovnatelný s ostatními částmi Prahy.

- Zajistit proveditelná měření znečištění ovzduší vypovídající o kvalitě ovzduší po celý rok. Zaměřit se na druhy škodlivin, u kterých byly naměřeny nejvyšší koncentrace (PM_{2,5}, polycyklické aromatické uhlovodíky).
- Zajistit měření rozložená do celého roku, ze kterých by bylo možné určit účast zdrojů, účast pozadí, vyloučit další nárazové aktivity s vlivem na kvalitu ovzduší.
- Vyhodnotit stávající územní plán, zda poskytuje dostatečnou ochranu obyvatelům Spořilova před znečištěním z dopravy.
- Vyhodnotit všechna protiprašná opatření z hlediska efektivity.
- Vyhodnotit všechny činnosti ve veřejném prostoru na Spořilově i v okolí, odkud se může přenášet znečištění částicemi na Spořilov.
- Vyhodnotit strategické dokumenty města Prahy, zda chrání obyvatelstvo (nejen) Spořilova před znečištěním ovzduší.
- Důsledně kontrolovat vozidla, zda odpovídají požadavkům zákona o silničním provozu (plachty, čistota, emise, přetěžování).
- Technokraticky stavěné politiky nejsou zaměřeny na nejvíce senzitivní populaci. Ta je exponována plošně a mnohočetně. Je potřebné začít zkoumat znečištění a jeho dopady a využívat zjištěné poznatky pro opatření, která by mohla exponovanou populaci ochránit.²⁹
- Vědecká zjištění na základě sledování zdraví velkých skupin obyvatel a ovlivnění dopravou ukazují, že za předpokladu, že hranice zdravotního rizika není stanovena, je vymezen dosah dopadu mobilních zdrojů vzdáleností. Podle Zhou³⁰ představuje dostatečnou vzdálenost ve vztahu ke zdroji
 - 100 až 400 metrů pro elementární uhlík nebo pro částice s hmotnostní koncentrací (s výjimkou koncentrace pozadí)
 - 200 – 500 m pro oxid dusičitý
 - 100 - 300 m pro počet ultrajemných částic³¹

Předpokládá se podle zjištění v literatuře, že jestliže počty ultrajemných částic, sazí, oxidu uhelnatého a oxidu dusičitého jsou vysoké blízko dálnic zatížených >30,000 vozy/den, pak i ostatní znečištění včetně těkavých organických uhlovodíků a polycyklických aromatických

uhlovodíků může být také zvýšeno. Lidé žijící ve vzdálenosti 30 m od dálnice pravděpodobně obdrží mnohokrát vyšší znečištění z dopravy ve srovnání s obyvateli žijícími ve vzdálenosti více než 200 m (+/- 50 m) od dálnice.³¹

3.2. Oxid dusičitý (reg. č. CAS 10102-44-0)

Oxid dusičitý patří mezi významná znečištění ovzduší. Úrovně oxidu dusičitého kolísají v širokém rozmezí, neboť základní úroveň pozadí často překrývá zvýšení vysokých koncentrací. Koncentrace přírodního pozadí je v rozsahu 0,4 až 9,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Průměrné roční koncentrace v městském ovzduší sahají od 20 do 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a hodinové průměrné hodnoty od 240 do 850 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Průměrné koncentrace uvnitř budov s neodvětrávaným spalováním plynu mohou přesahovat 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ po dobu několika dní. Nejvyšší hodinové hodnoty mohou dosáhnout až 2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nejvyšší minutové hodnoty mohou dosáhnout 4000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Při vdechování může být absorbováno 80 až 90 % oxidu dusičitého. Nízké koncentrace oxidu dusičitého v ovzduší dráždí dýchací cesty, zejména plíce, dráždí ke kašli, zkracují dech, pravděpodobně mohou způsobit únavu a pocit na zvracení. Expozice nízkým koncentracím může způsobit produkci tekutiny v plicích s latencí 1 – 2 dny.⁷

Dýchání vysokých koncentrací vede k zánětu, uzavření a otoku měkkých tkání horních dýchacích cest, tkáňovému dušení, otoku plic a smrti.⁷

Malé, ale významné vratné účinky byly prokázány u pacientů s mírným astmatem po 30 minutových expozicích oxidu dusičitému při koncentraci 560 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ v průběhu přerušovaného cvičení. Následky opakovaných expozic u těchto subjektů nejsou známy. Avšak u pokusných zvířat vyvolávají 1 až 6 měsíční expozice oxidu dusičitému při koncentracích v rozsahu 190 až 940 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ změny struktury i výměny látkové v plicích a snižují obranyschopnost proti infekci. Další expozice pokusných zvířat mohou vést k rozedmě plic. Je tudíž prozíravé předcházet opakovaným expozicím u lidí, protože opakované expozice u pokusných zvířat vedou ke škodlivým účinkům. Hodnocení rizika oxidu dusičitého jsme neprováděli, není doporučováno WHO pro souběh znečištění PM a NO_2 .⁷

3.3. Oxid uhelnatý (reg. č. CAS 630-08-0)

Oxid uhelnatý (CO) je bezbarvý plyn bez zápachu a chuti, o něco málo lehčí než vzduch. Koncentrace přirozeného pozadí oxidu uhelnatého v ovzduší leží v rozsahu od 0,01 do 0,23

mg/m³. Reaguje s hemoglobinem za vzniku karboxyhemoglobinu (COHb). Afinita hemoglobinu k oxidu uhelnatému je více než 200 krát vyšší než ke kyslíku

Vdechnutý oxid uhelnatý reaguje s železem hemoglobinu a vytváří s ním velmi pevnou vazbu. Koncentrace karboxyhemoglobinu v krvi roste velmi rychle v srdečních a mozkových arteriích a pomaleji v periferních orgánech a končetinách.

Důležitý je vztah mezi koncentracemi oxidu uhelnatého v ovzduší a následnými koncentracemi karboxyhemoglobinu v krvi. Rychlost, s jakou se koncentrace karboxyhemoglobinu zvyšují nad předchozí úroveň, kterou jedinec původně má, v závislosti na vdechování dalšího oxidu uhelnatého, je ovlivněna mnoha faktory. Patří mezi ně mj. celkový charakter zevní expozice oxidu uhelnatému, např. rozdíl mezi krátkodobou expozicí vysokým koncentracím oproti dlouhodobé expozici relativně nízkým koncentracím.

Přesný mechanismus vzniku hypoxie vyvolané oxidem uhelnatým není podrobně znám. Byly popsány tyto čtyři typy zdravotních účinků:

- a. kardiovaskulární;
- b. neurologické;
- c. fibrinolytické;
- d. perinatální.

Hypoxie způsobená oxidem uhelnatým vede k nedostatečné funkci citlivých orgánů a tkání, jako je mozek, srdce, vnitřní stěny krevních cév a krevních destiček. Citlivou populací jsou starší lidé, malé děti, nemocní se srdečními a oběhovými chorobami. Panuje obecná shoda v názoru, že při koncentracích COHb v krvi vyšších než 5 až 10 % může docházet k mnoha selháním funkcí a k subjektivním příznakům bolestí hlavy a závratí.⁷

Pro oxid uhelnatý není k dispozici referenční koncentrace, pouze imisní limit. Ten není pravděpodobně na Spořilově překračován.

3.4. Arsen (reg. č. CAS 7440-38-1)

a) Identifikace rizika

Arsen je metaloid hojně rozšířený v zemské kůře. Existuje ve -3, 0, +3 a +5 mocenství. V redukčních podmínkách je jeho hlavní podobou trojmocný arsenát, obecně v oxidovaném

prostředí je pětimocný a stabilní. Soli arsenu jsou různě rozpustné podle pH a iontového prostředí. Největší část expozice v komunálním prostředí přichází požitím potravy a pitnou vodou. V místech těžby rud je půda zdrojem anorganického arsenu. Také po zvětrání hornin je arsen uvolněn do prostředí vodní a větrnou erozí. Mnoho sloučenin arsenu má ale tendenci se vázat a tak arsen putuje jen na krátké distance. Půdní mikroorganismy mohou malou dávku arsenu převést do stavu, kdy se může vypařovat.

Celková denní dávka přijatá člověkem bývá asi 20 - 300 mikrogramů denně. Močí z organismu odchází 2 - 20 mikrogramů As na litr, ale může to být i 1000 mikrogramů.

Absorpce arsenu v dýchacích cestách záleží na rozpustnosti solí As, troj- i pětimocný arsen se ochotně vstřebává v zažívacím traktu.

Metabolismus arsenu má dva kroky - redukce trojmocného na pětimocný arsen, dále mono-, di- až trimetylace s účastí enzymů, které mohou být polymorfni, což je z hlediska možné expozice důležité a představuje variabilitu reakcí osob. Při vysokých koncentracích arsenu metylace ustává.

Arsen není pro člověka nezbytný. Je důležitým znečištěním pitné vody a je jednou z mála substancí, která způsobuje rakovinu prostřednictvím požívání pitné vody. V populačních studiích bylo prokázáno, že arsen způsobuje rakovinu různých orgánů, jako jsou plíce, močový měchýř a kůže.

Existují místa na světě, kde představují nemoci způsobené arsenem, včetně nádorů, vážný problém veřejného zdraví. Protože trojmocný arsen je reaktivnější a toxičtější, než pětimocný anorganický arsen, existuje přesvědčení, že trojmocný arsen je karcinogenní. Ačkoli existuje značná nejistota a diskuse jak pro mechanismus karcinogenity, tak pro vztah dávky a účinku v nízkých dávkách. Anorganický arsen je zařazen podle IARC do skupiny I (karcinogenní pro člověka) na základě dostatečného důkazu karcinogenity pro člověka a omezeného důkazu ze zvířat. Přes některá negativní zjištění jsou závažné důkazy o tom, že arsen může způsobit klastogenní efekt v některých buněčných typech s různými dopady na exponovaná individua a nemocné s rakovinou. Výsledky nesvědčí pro bodové mutace.

Rozpustný anorganický arsen je akutně toxický, ve vysokých dávkách se dostávají zažívací, oběhové a nervové poruchy a potom smrt.

Klinický obraz chronického poškození arsenem vypadá různě. Při tom obvykle převažují změny na kůži, sliznicích a neurologické, cévní a hematologické projevy. Postižení se může týkat i zažívacího traktu s významnou salivací, nepravidelnou dyspepsií, křečemi v břiše, také

se dostavuje hubnutí. Neurologické změny mohou často též zahrnovat postižení optického nervu s výpadky zorného pole a slepotou. Postižen může být i orgán rovnováhy a sexuální funkce.

Chronické projevy na kůži se manifestují jako ekzém, folikulární, erytematózní nebo dokonce ulcerativní dermatitida.

Zvýšená úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění byla epidemiologicky zjištěna u slévačů, exponovaných vysokým koncentracím arsenu v ovzduší pracoviště. Za různých expozičních situací byly zjištěny periferní cévní léze, jako je endarteritis obliterans (ztluštění vnitřní cévní stěny při hrudním aneurysmatu) a atrofická akrodermatitida zvaná „black-foot disease“ (periferní gangréna).

Anorganický arsen tlumí tvorbu krvinek, jeho působením roste anemie, nejčastěji hypoplastická. V některých případech dochází k agranulocytóze nebo trombopenii.

Ve Švédsku byly zjišťovány spontánní potraty a nízká porodní váha dětí, narozených v okolí sléváren, popsány byly také vývojové vady.

Karcinogenita arsenu, přijatého dýchací cestou, se projevuje plicním karcinomem.⁷

b) Vztah dávky a účinku

Arsen je prokázaný lidský karcinogen a IARC ho zařazuje do skupiny 1.

Jednotka karcinogenního rizika podle US EPA⁶

IUR	As	4,30E-03/1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
-----	----	-------------------------------------

Nekarcinogenní účinky nebyly hodnoceny. Karcinogenita je efekt z hlediska expozice ze zevního prostředí nejvýznamnější.

c) Hodnocení expozice

Arsen nebyl na Spořilově měřen. Nejbližším měřicím místem ČHMÚ je Libuš. Roční imisní limit podle zákona č. 201/2012 Sb. byl stanoven $6 \text{ ng}/\text{m}^3$. Hodnocení jsme provedli na základě modelu OZKO ČHMÚ. Modelované koncentrace se pohybují ve stejném řádu, jako limitní hodnota.

Pro expoziční scénář jsme využili dvě možnosti – 40 roků pobyt v místě a pobyt na dovolené mimo Spořilov. Druhý scénář představoval maximální dobu pobytu v místě, tj. 70 let aniž by došlo k opuštění Spořilova.

Tab. 6: Koncentrace arsenu z modelu OZKO ČHMÚ (pětileté průměry 2008-2012)

	ng/m ³
Starý Spořilov	1,82
Sídliště	1,76
Centrum Chodov	1,84
Praha 11	1,9

d) Charakterizace rizika**Tab. 7: Odhad zdravotního rizika -individuální pravděpodobnost onemocnění nádorem při celoživotní expozici As**

	ng/m ³	ILCR průměr	maximum ILCR
Starý Spořilov	1,82	4,28822E-06	0,000007826
Sídliště	1,76	4,14685E-06	0,000007568
Centrum Chodov	1,84	4,33534E-06	0,000007912
Praha 11	1,9	4,47671E-06	0,00000817

(pozn.: ILCR = individual lifetime cancer risk, čes. individuální pravděpodobnost karcinogenního rizika)

Zdravotní riziko dosahuje hodnot jednotek na milion, což je hraniční hodnota pro přijatelné riziko.

e) Diskuse nejistot

- Arsen nebyl v oblasti Spořilova nikdy měřen, vypočtené hodnoty jsou řádově identické s limitem.
- Lze očekávat, že při snižování prašnosti bude při odstraňování suspendovaných částic odstraňován i arsen. Nepůjde o znečištění z dopravy.
- Lze doporučit opatření snižující prašnost, plachtování automobilů s prašnými náklady a jejich kontrola při vyjíždění ze staveb, kontroly stavebních a zemních prací.

f) Závěr a doporučení

- Bylo by vhodné realizovat v rámci celé Prahy měření arsenu v částicích, zatím je dosaženo přijatelného rizika. Pravděpodobně pokud by se zvedla prašnost, lze očekávat i zvýšení koncentrací.
- Bylo by vhodné zjistit, ve kterém podílu prachu se As nalézá.

- Lze doporučit opatření snižující prašnost, plachtování automobilů s prašnými náklady a jejich kontrola při vyjíždění ze staveb, kontroly stavebních a zemních prací.
- Systematicky kontrolovat stavební práce, zda nezpůsobují zvýšení prašnosti.

3.5 Kadmium (reg. č. CAS 7440-43-9)

a) Identifikace rizika

Kadmium se přirozeně vyskytuje v zemské kůře. Často v rudách provází zinek a olovo. Z antropogenních zdrojů jsou nejvýznamnější emise ze spalování uhlí a emise z průmyslu (kovohutě), používání agrochemikálií, ukládání odpadů. Do půd se dostává z kalů (čistírny odpadních vod), atmosférickou depozicí a částečně provází fosforečná hnojiva. Některé soli, jako siřníky, uhličitany a kysličníky nejsou rozpustné ve vodě, ale v přírodě mohou být přeměněny na rozpustné soli. Proto je důležitá chemická forma kadmia. Ve vodě ho je průměrně 0,1 µg/litr nebo méně.⁷

Dobývání neželezných kovů přináší největší znečištění vod kadmiem. V půdě v čistých oblastech je ho, vyjádřeno mediánem, 0,2 – 0,4 mg/kg. Ale příležitostně lze najít i 160 mg/kg půdy. S teplotou se jeho rozpustnost zvyšuje, s tvrdostí vody snižuje. V člověku se kadmium váže na bílkoviny a akumuluje se v orgánech.⁷

V České republice se zřídka vyskytují obsahy kadmia nad 3 – 4 mg/kg, např. na Příbramsku.

Mezinárodní agentura pro výskyt rakoviny zařadila kadmium do skupiny I jako látku karcinogenní pro člověka. Dlouhodobá profesionální expozice vede ke karcinomu plic, avšak ve sledovaných skupin obyvatelstva nebylo možno oddělit vliv činitelů se stejným efektem, např. kouření.⁷

Kadmium se chová jako jed, který se hromadí, s doprovodnými karcinogenními a vývojovými účinky. Kadmínaté soli jsou silně jedovaté a na všechny živé organismy působí negativně. Kadmium nepatří k prvkům nezbytným pro lidský organismus. Jeho jedovatost je vyvolávána zastavením činnosti enzymů se sírou a vodíkem a nahrazováním zinku, mědi a železa. V lidském organismu jeho obsah činí průměrně 0,4 mg Cd/kg. U novorozenců téměř chybí, s věkem postupně přibývá v ledvinách (15 – 200 mg), kde dochází k jejich těžkému poškození. Sloučeniny CdO, CdCl₂, CdSO₄, CdS se vyznačují karcinogenními účinky v trávicím ústrojí, plic, játrech a prostatě.⁷

Vysoká inhalační expozice kadmiovým parám vede k postižení plicní tkáně k otoku plic, v konečném efektu může být smrtelný. Vysoká expozice rozpustným kadmiovým solím zažívací cestou způsobuje náhlý zánět žaludku a střeva.⁷

Dlouhodobá expozice kadmiem způsobuje postižení plic a ledvin a dlouhodobý vliv lze také očekávat zejména u populace bez zátěže kadmiem z práce. Kadmium je dále viněno mimo jiné z rozvratu přeměny minerálů s projevy nadměrného vylučování vápníku a tvorby ledvinových močových kamenů. Kadmiem způsobená bílkovina v moči u pracovně exponované populace a u ostatní populace je nevratná. Vztah dávky a účinku u poškození ledvin kadmiem, byl prokázán. Dojde-li k současnému působení špatného výživového stavu, vzniká osteomalacie a osteoporóza.⁷

Hlavním zdrojem expozice pro komunální populaci je kadmium v potravě a denní dávka potravou v oblastech bez znečištění je 10 – 40 µg/den. U kuřáků je to několik set mikrogramů. Nízkomolekulární bílkovina v moči se objeví při dlouhodobé dávce 140 – 260 µg.⁷

b) Vztah dávky a účinku

Kadmium je prokázanou rakovinotvornou látkou pro člověka zařazenou IARC do skupiny 1.

Vztah dávky a účinku vyjadřuje jednotka karcinogenního rizika vztažená k celoživotnímu inhalačnímu působení Cd 1 µg/m³. Karcinogenní riziko je vztaženo ke karcinomu plic, souvislosti mohou být i u dalších karcinomů (prostata, močový měchýř).

Jednotka karcinogenního rizika podle US EPA⁶

IUR	Cd	1,80E-03
-----	----	----------

Nekarcinogenní účinky nebyly hodnoceny, v hodnocení rizika byl upřednostněn karcinogenní efekt.

c) Hodnocení expozice

Pro znečištění ovzduší kadmiem neexistuje pro Spořilov žádné měření, nejbližším měřicím místem ČHMÚ je Libuš. Imisní limit podle zákona č. 201 /2012 Sb. pro roční průměrnou hodnotu byl stanoven 5ng/m³ a nebyl v žádném případě překročen. Hodnoty se pohybují řádově níže. Hodnocení jsme provedli na základě modelu OZKO ČHMÚ pro pětileté průměrné hodnoty Cd. Pro expoziční scénář jsme využili dvě možnosti – 40 roků pobyt v místě a pobyt na dovolené mimo Spořilov. Druhý scénář představoval maximální dobu pobytu v místě, tj. 70 let, aniž by došlo k opuštění Spořilova.

Tab. 8: Koncentrace kadmia z modelu OZKO ČHMÚ (pětileté průměry 2008-2012)

ng/m³

Starý Spořilov	0,48
Sídliště	0,51
Centrum Chodov	0,46
Praha 11	0,36

Nejvyšších hodnot znečištění kadmiumem je dosaženo na sídlišti, nepatrně nižší výpočet ve Starém Spořilově. Nikde nejsou zdaleka dosaženy imisní limity pro kadmium 5 ng/m³.

d) Charakterizace rizika

Tab. 9: Odhad zdravotního rizika – individuální pravděpodobnost onemocnění nádorem (ILCR) při celoživotní expozici Cd

		ILCR	maximum ILCR
Starý Spořilov	0,48	4,73425E-07	8,64E-07
sídliště	0,51	5,03014E-07	9,18E-07
Centrum Chodov	0,46	4,53699E-07	8,28E-07
Praha 11	0,36	3,55068E-07	6,48E-07

Zdravotní riziko na Novém Spořilově dosahuje hodnot o řád nižších, než je přijatelné riziko. Při maximální expozici, kdy by obyvatelé místo neopouštěli a žili zde celý život, se k hodnotě přijatelného rizika jedno aditivní úmrtí pro nádor blíží na sídlišti. Platí, že karcinogenní riziko vypočítané na základě pětiletých map znečištění ovzduší pro OZKO ČHMÚ 2008 – 2012 je zanedbatelné.

e) Diskuse nejistot

- Kadmium nebylo v oblasti Spořilova měřeno, vypočtené hodnoty jsou řádově nižší a tedy pod přijatelnou hodnotou rizika.
- Lze očekávat, že při snižování prašnosti bude při odstraňování suspendovaných částic znečišťující toxický prvek Cd v prostředí Spořilova dále snižován.
- Existuje nejistota spojená s modelem, ze kterého bylo riziko vypočteno a nejistota spojená s jeho podklady.

- Není určeno, o jakou formu kadmia v případě hodnocení jde, může dojít k nadhodnocení rizika kadmia

f) Závěr a doporučení

- Lze doporučit opatření snižující prašnost, plachtování automobilů s prašnými náklady a jejich kontrola při vyjíždění ze staveb, kontroly stavebních a zemních prací.

3.6. Nikl a jeho sloučeniny

a) Identifikace rizika

Nikl je metalický prvek, který patří do skupiny VIII b periodické tabulky. Je odolný vůči zásadám, zato se rozpouští v oxidujících kyselinách.

Uhličitán, siřník a kysličník nikelnatý jsou nerozpustné ve vodě, zatímco chlorid nikelnatý, síran a dusičnan nikelnatý jsou ve vodě rozpustné.

Nikl je přirozenou složkou prostředí a je uvolňován do ovzduší i vody z přirozených zdrojů i lidskou činností.⁷

Znečištění nacházené na pracovištích v rafinériích niklu způsobuje nárůst rizika vzniku plicní a nosní rakoviny. Často je popisováno vdechování směsi oxidů, sulfidů, a rozpustného niklu v koncentracích 0,5 mg/m³ a vyšších.⁷

U nekuřáků při odhadu denního přívodu niklu představuje 99 % absorpce z vody a jídla, u kuřáků představuje tento přívod 75 %.⁷

Koncentrace niklu ve venkovním ovzduší představují okolo 1 – 10 ng/m³ ve městech, ale také více než 110 – 180 ng/m³ ve velmi industrializovaných oblastech a velkých městech. Pramálo se ví o tom, o jaké sloučeniny niklu ve venkovním ovzduší jde.

Expozice niklu u skupin pracovníků v koncentracích 10 – 100 mg/m³ jsou spojeny s prokázaným nárůstem karcinogenního rizika.⁷

Alergické kožní reakce jsou velmi známým obecným efektem niklu. Ovlivňují přibližně 2 % mužské a 11 % ženské populace. A tak je obsah niklu v předmětech běžného užívání a možná i v potravinách a vodě zjevně důležitý z hlediska možného vlivu na kůži.

Dýchací systém je také cílovým orgánem projevů onemocnění z vysokých koncentrací niklu na pracovišti.⁷ Existuje důkaz ze studií na skupinách pracovníků, že při průmyslové rafinaci

niklu sulfidy, oxidy a rozpustné sloučeniny niklu jsou všechny karcinogenní. Expozice kovovému niklu pro pracovníky nebyla prokázána jako karcinogenní.⁷

Existuje několik teorií o mechanismu karcinogenity niklu. Všechny předpokládají, že niklový iont je prokazatelně aktivní látka. Na základě tohoto předloženého konceptu pak všechny sloučeniny niklu mohou vytvářet niklové ionty, které jsou přenášeny do kritických míst a cílových buněk. IARC klasifikovala niklové sloučeniny jako karcinogenní pro člověka (Skupina 1) a kovový nikl jako možný karcinogen pro člověka (Skupina 2B). Sloučeniny niklu jsou karcinogenní pro člověka dýchací cestou. Současná data o karcinogenitě vycházejí ze studií dělníků na pracovištích. Vezmeme-li v úvahu přímý vztah dávka-odpověď, neexistuje bezpečná koncentrace pro sloučeniny niklu, kterou by bylo možno doporučit.⁷

b) Vztah dávky a účinku

Karcinogenita je nejvýznamnějším vlivem způsobeným sloučeninami niklu. Plicní karcinomy a karcinomy dutiny nosní byly nacházeny u profesionálně exponovaných osob.

Na základě starších informací o expozici a odhadu rizika v populaci zaměstnané v průmyslu, pak nejnižší riziko $3,8 \cdot 10^{-4}$ může být vztaženo ke koncentraci niklu v ovzduší $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.⁷

c) Hodnocení expozice

Pro znečištění ovzduší niklem neexistuje pro Spořilov žádné měření, nejbližším měřicím místem ČHMÚ je Libuš. Imisní limit podle zákona č. 201/2012 Sb. pro roční průměrnou hodnotu byl stanoven $20 \text{ ng}/\text{m}^3$ a nebyl v žádném případě překročen. Hodnoty se pohybují řádově níže. Hodnocení jsme provedli na základě modelu OZKO ČHMÚ pro pětileté průměrné hodnoty Ni 2008 - 2012. Pro expoziční scénář jsme využili dvě možnosti – 40 roků pobyt v místě a pobyt na dovolené mimo Spořilov. Druhý scénář představoval maximální dobu pobytu v místě, tj. 70 let, aniž by došlo k opuštění Spořilova.

Tab. 10: Koncentrace niklu z modelu OZKO ČHMÚ (pětileté průměry 2008-2012)

	ng/m³
Starý Spořilov	1,1
Sídliště	1,2
Centrum Chodov	1,2
Praha 11	1,3

Vyšších hodnot znečištění niklem je dosaženo na sídlišti, nepatrně nižší výpočet ve Starém Spořilově. Praha 11 má znečištění nepatrně vyšší. Imisní limit 20 ng/m³ pro roční koncentrace niklu v ovzduší není překročen.

d) Charakterizace rizika

Tab. 11: Odhad zdravotního rizika niklu – individuální pravděpodobnost onemocnění nádorem (ILCR) při celoživotní expozici Cd

	ng/m ³	ILCR	max. ILCR
Starý Spořilov	1,1	2,29E-07	4,18E-07
Sídliště	1,2	2,50E-07	4,56E-07
Centrum Chodov	1,2	2,50E-07	4,56E-07
Praha 11	1,3	2,71E-07	4,94E-07

Zdravotní riziko na Spořilově pro nikl obsažený v částicích dosahuje hodnot o řád nižších, než je přijatelné riziko. Pro oba scénáře, expozičně průměrný, je riziko nízké. Platí, že riziko vypočítané na základě pětiletých map znečištění ovzduší pro OZKO ČHMÚ 2008 – 2012 je zanedbatelné.

e) Diskuse nejistot

- Nikl nebyl v oblasti Spořilova měřen, vypočtené hodnoty jsou řádově nižší pod a přijatelnou hodnotou rizika.
- Lze očekávat, že při snižování prašnosti bude při odstraňování suspendovaných částic znečišťující toxický prvek Ni v prostředí Spořilova dále snižován.
- Existuje nejistota spojená s modelem, ze kterého bylo riziko vypočteno a nejistota pro podklady modelu.
- Není určeno, o jakou formu v případě hodnocení jde, může dojít k nadhodnocení rizika niklu.

f) Závěr a doporučení

- Jako prevenci dalšího znečištění lze doporučit opatření snižující prašnost, plachtování automobilů s prašnými náklady a jejich kontrola při vyjíždění ze staveb, kontroly stavebních a zemních prací, úklid vozovek

3.7. Olovo (reg. č. CAS 7439-92 -1)

a) Identifikace rizika

Olovo je svojí jedovatostí známé z historie. V prostředí je silně vázáno na sedimenty a půdní částice a tak je naštěstí redukována jeho biologická dostupnost. Protože jeho soli jsou vesměs nerozpustné, má tendenci k tvorbě komplexních roztoků. Biologická využitelnost je obecně nižší, pokud sedimentuje s organickými materiály nebo minerálními částicemi jako je jíla.⁷

Příjem z prostředí souvisí se znečištěním půdy v průmyslových oblastech a souvisejícím znečištěním ovoce a zeleniny, ze znečištění vnitřního prostředí v domovech osob, které pracují s olovem, pití vody z domovních rozvodů z olova.

Populační skupiny se svojí expozicí a významem cest expozice liší. Nejcitlivější skupinou pro poškození olovem jsou děti, u nichž mnohé studie zaznamenaly významný behaviorální vliv v závislosti na příjmu olova. Děti se pohybují blíže zemi, která, je-li kontaminovaná, může velmi závažně ovlivnit zdraví dětí jako zdroj při náhodném pojídání půdy s olizováním špinavých ruček (geofagie). V pozdějším věku geofagie mizí, nebo zůstává i v dospělém věku jako příznak nemoci. Vdechovaný prach s obsahem olova může představovat 80% celkové přijaté denní dávky u dospělého, u dětí je z hlediska celkového příjmu daleko významnější cesta zažívací.⁷

U dospělých je vstřebávání v zažívacím traktu 10%, u dětí 40 – 50% a vstřebávání závisí na dietních a nutričních faktorech. Dieta s nízkým obsahem železa, vápníku a vitamínu D zvyšuje vstřebávání olova u laboratorních zvířat.

Přijaté olovo je distribuováno do krve, měkkých tkání a kostí. Asi 95 % olova je v kostech. Jeho biologický poločas (vyloučení poloviny přijaté dávky) je 20 – 40 dní. Zadržené olovo je z kostí uvolňováno ve stáří, při metabolickém rozvratu, těhotenství, horečkách a prostřednictvím některých chemických látek. Neabsorbované olovo prochází střevy ven, 50 – 60 % vyloučeného množství je obsaženo ve žluči a moči. Střevem odchází zhruba polovina olova vyloučeného ledvinami.⁷

Jedovatost olova spočívá v obsazování vazebných míst pro kovy u enzymů anebo obsazení S-H skupin enzymatických proteinů, proto má olovo mnoho kritických orgánů, kde se uplatní. Porušeny jsou: tvorba krevního barviva, nervový systém, reprodukční a imunitní systém, srdečně-cévní systém, endokrinní systém, játra a zažívací systém.

Hlavní efekt u obyvatel mimo pracovní zatížení lze zaznamenat na nervovém systému, krevtvorbě a krevním tlaku.⁷

Olovo působí na genetický materiál bakterií a savců, u vývojových změn a rakovinných změn u člověka je předpokládán spíše nepřímý efekt při rozvoji onemocnění. Je zařazeno do skupiny II B, ale jeho efekt není dosud kvantifikován. Olovo prochází placentární bariérou a může se tak poškodit vyvíjející se plod.

Malé děti jsou velmi zranitelné vůči vlivu a mohou trpět hlubokým a trvalým poškozujícím zdravotním efektem, postihujícím zejména vývoj mozku a nervový systém. Olovo také způsobuje dlouhodobé poškození dospělých osob, včetně nárůstu rizika vysokého krevního tlaku a poškození ledvin. Expozice těhotných žen vysokým koncentracím olova může vést k potracení, předčasným porodům, nízké porodní váze stejně jako k vrozeným vadám.³¹ V současnosti neexistuje známá bezpečná expoziční koncentrace.³¹

b) Vztah dávky a účinku

Z hlediska hodnocení zdravotního rizika neexistuje podle WHO žádná bezpečná koncentrace. Limitní hodnotou pro znečištění ovzduší v ročním průměru podle zákona č. 201/2012 Sb. je $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Karcinogenní efekt není vyčíslen z hlediska karcinogenního působení. Olovo je zařazeno mezi karcinogeny Skupiny 2B podle IARC.

c) Hodnocení expozice

Pro znečištění ovzduší olovem neexistuje pro Spořilov žádné měření, nejbližším měřicím místem ČHMÚ je Libuš. Imisní limit podle zákona č. 201/2012 Sb. pro roční průměrnou hodnotu byl stanoven $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a nebyl v žádném případě překročen. Hodnoty se pohybují na Spořilově řádově níže. Hodnocení jsme provedli na základě modelu OZKO ČHMÚ pro pětileté průměrné hodnoty Pb. Pro expoziční scénář jsme využili dvě možnosti – 40 roků pobyt v místě a pobyt na dovolené mimo Spořilov. Druhý scénář představoval maximální dobu pobytu v místě, tj. 70 let, aniž by došlo k opuštění Spořilova.

**Tab. 12: Koncentrace olova z modelu OZKO
ČHMÚ (pětileté průměry 2008-2012)**

	ng/m ³
Starý Spořilov	10,2
Sídliště	10,2
Centrum Chodov	9,8
Praha 11	9,6

d) Charakterizace rizika

Zdravotní riziko na Spořilově pro olovo obsažené v částicích nebylo hodnoceno, podle WHO není známa bezpečná koncentrace, chránící zdraví všech populačních skupin. Roční imisní limit není překračován. Jeho hodnoty jsme využili pro orientační hodnocení na základě pětiletých map znečištění ovzduší pro OZKO ČHMÚ 2008 – 2012. Poměr modelované koncentrace olova a imisního limitu je následující:

Tab. 13: Porovnání expoziční koncentrace olova (ČHMÚ 2008-2012) na Spořilově a imisního limitu pro olovo

	ng/m ³	exp. c/IL
Starý Spořilov	10,2	0,0204
Sídliště	10,2	0,0204
Centrum Chodov	9,8	0,0196
Praha 11	9,6	0,0192

Podle modelu ČHMÚ pro OZKO nedochází k překračování imisních limitních hodnot, poměr zjištěné a limitní hodnoty olova je v setinách.

e) Diskuse nejistot

- Olovo nebylo v oblasti Spořilova měřeno, vypočtené hodnoty jsou řádově nižší proti hodnotě limitu.
- Lze očekávat, že při snižování prašnosti bude při odstraňování suspendovaných částic znečišťující toxický prvek Ni v prostředí Spořilova dále snižován. Spořilov je nepatrně exponovanější, proti sousední části Prahy 11.
- Existuje nejistota spojená s modelem, ze kterého známe koncentrace znečištění.

f) Závěr a doporučení

- Jako prevenci dalšího znečištění lze doporučit opatření snižující prašnost, plachtování automobilů s prašnými náklady a jejich kontrola při vyjíždění ze staveb, kontroly stavebních a zemních prací.
- Na trhu existují pohonné hmoty, které se dostávají do ČR neregulárně. Stejně se může dostat na trh olovnatý benzin, jehož výroba a použití jsou v ČR od roku 2001 zakázány v souvislosti se sjednáním Protokolu o těžkých kovech (v rámci Úmluvy o dálkovém znečišťování ovzduší přesahujícím hranice států). Je potřebné stále provádět kontrolu kvality benzinů u čerpacích stanic a u dovozců.

3.8. Benzo(a)pyren a ostatní polycyklické aromatické uhlovodíky

a) Identifikace rizika

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) lze najít ve všech složkách prostředí. Venkovní ovzduší, vytápění domů a doprava jsou hlavními zdroji. Koncentrace jednotlivých polycyklických aromatických uhlovodíků kolísají v několika řádech ale obecně v úrovni $< 0.1-100 \text{ ng/m}^3$.⁸

Hlavními zdroji pro populaci je ovzduší a potrava. Odhad dávky individuální ho polycyklických aromatických uhlovodíků dietě je $0.1-8 \text{ } \mu\text{g/den}$. Hlavním zdrojem v potravě jsou cereálie a cereální produkty, protože jich člověk sní velké množství. Ve venkovním ovzduší je hlavním zdrojem vytápění obytných budov a „environmental tobacco smoke“, pasivní kouření, (ETS): Expozice polycyklickým aromatickým uhlovodíkům z pasivního kouření je odhadována na $6.4 \text{ } \mu\text{g/den}$.

Koncentrace polycyklických aromatických uhlovodíků může pocházet také z průmyslových procesů. Na Ostravsku byla podle Šráma a spolupracovníků zjištěna průměrná roční koncentrace benzo(a)pyrenu $8 - 12 \text{ ng/m}^3$.³² Obecně lze říci, že slévání hliníku, a průmyslové procesy, jako je pyrolýza uhlí, výroba koksu, ocelárny, způsobují vyšší koncentrace, než většina jiných bodových industriálních procesů. Ačkoli koncentrace polycyklických aromatických uhlovodíků z většiny zdrojů jsou zde vyšší na závětrné straně než návětrné.

Nejvyšší koncentrace individuálních polycyklických aromatických uhlovodíků byly měřeny blízko slévárny hliníku v Hoyangeru, v Norsku Nejvyšší hodnoty byly $10-100 \text{ ng/m}^3$.⁸

Motorová doprava: průměrné koncentrace individuálních polycyklických aromatických uhlovodíků 10-100 ng/m³. Relativně vysoké byly koncentrace benzo[ghi]perylenu, phenanthrenu, fluoranthenu, a pyrenu. V Londýně byly nacházeny celkové koncentrace PAU 43-640 ng/m³ v roce 1991, přibližně z 80 % představovaly phenanthren, fluoren a fluoranthren. Benzo[a]pyren a benz[a]anthracen byly přítomny v 1 % nebo méně.^{8; 33}

Možné zdroje mimopracovní expozice polycyklickým aromatickým uhlovodíkům jsou:

- Znečištěné venkovní ovzduší (hlavní zdroje: doprava automobily, průmysl, vytápění obytných domů dřevem, uhlím a minerálními oleji)
- Znečištěné vnitřní ovzduší (hlavní zdroje emisí: otevřená ohniště, ETS)
- Kouření tabáku
- Kontaminovaná potrava a voda
- Užívání produktů obsahujících polycyklické aromatické uhlovodíky (léčebné a kosmetické prostředky obsahující uhelný dehet, šampóny na vlasy)
- Požívání domácího prachu
- Kožní příjem ze znečištěné půdy a vody⁸

Největší zdroje emisí polycyklických aromatických uhlovodíků jsou nekompletní spalování organických materiálů během průmyslových procesů a další lidské aktivity.⁸

Hlavním zdrojem znečištění polycyklických aromatických uhlovodíků v městském ovzduší je automobilová doprava poháněná jak benzinovými, tak naftovým motory a domácí vytápění, zejména dřevem, uhlím, biomasou. Koncentrace se řádově liší v zimě a v létě. Takové rozdíly mohou významně ovlivňovat validitu vzorkovací kampaně prováděné pouze v jednom ročním období pro účely hodnocení expozice obyvatel v městských oblastech.⁸

Polycyklické aromatické uhlovodíky jsou vstřebávány v plicním traktu, zažívacím traktu a kůži. Hodnota vstřebávání závisí na typu polycyklických aromatických uhlovodíků, velikosti částic, ve kterých jsou nahromaděny a na složení látky, na které jsou vázány. Polycyklické aromatické uhlovodíky, jsou-li přijaty v podobě částic, jsou odstraňovány z plic daleko pomaleji než volné uhlovodíky. Vstřebání ze zažívacího traktu je rychlé u hlodavců, ale metabolity jsou navraceny do střeva pomocí sekrece žlučových šťáv. Studie kožního vstřebávání využívající radioaktivně značené směsi polycyklických aromatických uhlovodíků

u hlodavců prokázala, že složky směsi dospějí do plic, kde se vážou na DNA. Hodnota kožního vstřebávání závisí u myši na specifické látce.⁸

Polycyklické aromatické uhlovodíky jsou široce distribuovány do organismu po podání všemi cestami a jsou nalézány ve většině vnitřních orgánů, zejména bohatých na tuky. Nitrožilně podané polycyklické aromatické uhlovodíky u hlodavců jsou rychle odstraňovány z oběhu, ale procházejí placentární bariérou a jsou nalézány ve tkáních plodů.⁸

Přeměna polycyklických aromatických uhlovodíků je komplexní. Obecně – původní látky jsou přeměněny na přechodné sloučeniny, které mohou být samy o sobě spojeny s kyselinou sírovou nebo glukuronovou nebo glutationem, sloužícími k vyloučení. Většinou metabolismus slouží k detoxikaci, ale některé polycyklické aromatické uhlovodíky jsou přeměněny na sloučeniny, které se vážou na DNA. Zejména některé z nich vyvolávají nádorové bujení.⁸

Metabolity polycyklických aromatických uhlovodíků a jejich konjugáty jsou vylučovány močí a stolicí, ale konjugáty vylučované žlučí mohou být rozloženy enzymy ve střevech a znovu vstřebány. To nemusí podpořit informaci o celkové dávce člověka, že polycyklické aromatické uhlovodíky neperzistují v organismu a vylučování je rychlé. Tento děj se netýká těch polycyklických aromatických uhlovodíků, které jsou kovalentně vázány na tkáňové složky, zejména nukleové kyseliny, a nejsou vyloučeny v rámci opravných činností.⁸

Karcinogenita polycyklických aromatických uhlovodíků s počtem benzenových jader stoupá, maximální je u uhlovodíků s pěti aromatickými kruhy. IARC řadí polycyklické aromatické uhlovodíky mezi karcinogeny skupiny 1 – prokázané karcinogeny pro člověka (skupina 2A a 2B, tj. pravděpodobné a podezřelé).

Spektrum polycyklických aromatických uhlovodíků nacházené v daném místě, závisí na kvalitě spalování, zdroji, meteorologických podmínkách a vzdálenosti od zdroje. Je tedy měnlivé, nemusí odpovídat složení ovzduší v koksovnách, odkud pocházejí zjištění vztahu koncentrace a účinku, využívané k hodnocení. Proměnnost rizika karcinogenity je v různých prostředích různá, protože koncentrace různých polyaromatických látek se ve směsi liší. Rizikové hodnocení směsi polycyklických aromatických uhlovodíků je středem zájmu odborníků. Je zřejmé, že benzo(a)pyren je dobrým ukazatelem pro hodnocení zdravotního rizika.⁸

Polycyklické aromatické uhlovodíky, zejména s menším počtem jader, jsou látky snižující obranyschopnost. Pro některé z nich byla experimentálně určena imunosupresivní možnost.

Bylo zjištěno, že tento proces lze zastavit alfa-naftoflavonem, což je přirozená složka ovoce a zeleniny (antioxidant).

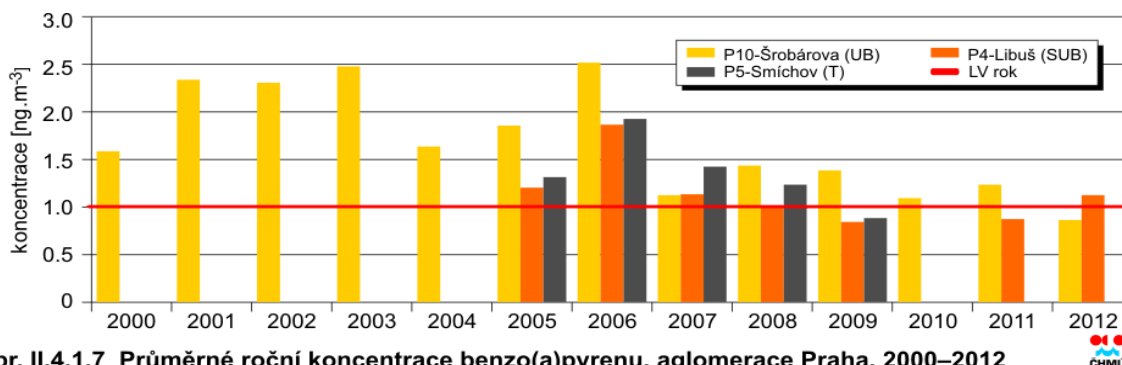
b) Vztah dávky a účinku:

Benzo(a)pyren je prokázaný lidský karcinogen. Ostatní polycyklické aromatické uhlovodíky patří do Skupiny I A nebo I B podle IARC. Polycyklické aromatické uhlovodíky ovlivňují imunitní systém, váží se na Ah-receptory. Vlivy nejsou okamžité a prakticky se ihned neuplatňují. Benzo(a)pyren podle WHO má jednotku inhalačního rizika karcinogenity $8,7 \text{ E} - 5/\text{ng}/\text{m}^3$.⁸

c) Hodnocení expozice

Tab. 14: Koncentrace benzo(a)pyrenu z modelu OZKO ČHMÚ (2008-2012)

	ug/m3
Starý Spořilov	1,23
Sídliště	1,21
Centrum Chodov	1,18
Praha 11	1,21



Obr. II.4.1.7 Průměrné roční koncentrace benzo(a)pyrenu, aglomerace Praha, 2000–2012

Průměrné roční koncentrace zjišťované v letech 2000 – 2012 významně překračují imisní limity benzo(a)pyrenu, v posledním sledovaném roce i na Libuši, městské pozad'ové stanici. Bohužel není k dispozici více měřených dat.

Pro hodnocení zdravotního rizika jsme využili modelu pro OZKO ČHMÚ využívajícího pětileté aritmetické průměry benzo(a)pyrenu v ovzduší. Model byl získán na webu ČHMÚ.

d) Charakterizace rizika

Tab. 15: Odhad zdravotního rizika-individuální pravděpodobnost onemocnění nádorem při celoživotní expozici z modelu ČHMÚ

	ng/m ³	ILCR	ILCR _{max}
Starý Spořilov	1,23	5,86356E-05	0,00010701
Sídliště	1,21	5,76822E-05	0,00010527
Centrum Chodov	1,18	5,62521E-05	0,00010266
Praha 11	1,21	5,76822E-05	0,00010527

Na základě průměrného scénáře a maximálního scénáře (celý život na Spořilově) byly vypočteny hodnoty pravděpodobného zdravotního rizika onemocnění nádorem. Výsledky představují individuální riziko přibližně 6 nových onemocnění na sto tisíc obyvatel. Toto individuální riziko je zvýšené a nejvyšší je na Starém Spořilově. Pokud by obyvatelé prožili celý sedmdesátiletý život na Spořilově, individuální zdravotní riziko by odpovídalo pravděpodobnosti jednoho úmrtí navíc na nádorové onemocnění na každých deset tisíc obyvatel.

e) Diskuse nejistot

- Benzo(a)pyren nebyl na Spořilově dlouhodobě měřen tak, aby měření reprezentovalo celý rok a všechny rozptylové podmínky (jaro-léto-podzim zima).
- Model ČHMÚ má podle vyhlášky č. 330/2012Sb. padesátiprocentní nejistotu, mohou tedy být jak vypočtené koncentrace, tak odhady zdravotního rizika nadhodnoceny i podhodnoceny.
- Není hodnocena směs karcinogenů z dopravy, které se mohou potencovat, sčítat i ovlivnit vznik různých nádorových onemocnění.
- Není hodnocena skutečná expozice, charakteristická pro věkové skupiny populace.

f) Závěr a doporučení:

- Opatření provedená ke snížení koncentrací suspendovaných partikulí, zejména jemných, povedou také i ke snížení koncentrací benzo(a)pyrenu v ovzduší.
- Vzhledem k obavám obyvatel o zdraví by bylo vhodné realizovat studii zaměřenou na incidenci nových nádorových onemocnění a kardiovaskulárních nemocí se vztahem

k emisím z automobilové dopravy spolu s měřením expozice všech „dopravních“ karcinogenů (formaldehyd, 1-3-butadien, benzo(a)pyren a ostatní polycyklické aromatické uhlovodíky).

- Zajistit dlouhodobé sledování zdraví dětí, které žijí nejbližší dopravních cest, je pro to nutno zajistit podmínky u rodičů a motivovat je ke spolupráci.
- Protože kampaňová měření v chladném období roku indikují vyšší koncentrace PM₁₀, než povolují limity, je vhodné provést i měření karcinogenních polycyklických aromatických uhlovodíků rozložené do roku v tomto dopravně zatíženém území tak, aby nejistota měření byla co nejnižší a byly splněny cíle měření podle vyhl. č. 330/2012 Sb.

3.9. Benzen (reg. č. CAS 71-43 -2)

a) Identifikace rizika

Benzen je stabilní bezbarvá kapalina, s relativně nízkým bodem varu - 80.1st.C a s vysokou tenzí par. Při pokojové teplotě se snadno vypařuje a je špatně rozpustný ve vodě. Sám je dobré rozpustilo. Přírodním zdrojem je ropa, kde je v hodnotě 4 g/l. Je ve velkém množství chemicky vyráběn. Emise jsou vysoké při zpracování nafty, koksování uhlí, výrobě toluenu, xylenu a dalších uhlovodíků, dále z použití těchto výrobků, jako meziproduct a zejména jako složka benzínu.⁷

V ovzduší se vyskytuje ve fázi par a v místě úniků setrvává několik hodin až dní, což závisí na klimatu a počasí. Je vymýván deštěm, což vede k jeho roznášení do dalších složek životního prostředí, jako je půda a povrchové vody, odkud se může opět uvolňovat do ovzduší. V půdě za přístupu vzduchu je odbouráván bakteriemi na neškodné látky. Za anaerobních podmínek setrvává týdny až měsíce.⁷

Hlavním zdrojem způsobeným člověkem jsou výfukové plyny automobilů, doplňování pohonných hmot u benzinových pump a průmyslové emise. Pro obecné životní prostředí je nejmohutnější zdroj spalování v motorech aut. Ve vnitřním prostředí je největším zdrojem emisí cigaretový dým a uvolňování ze stavebních materiálů. Kontaminace prostředí benzenem je též nacházena blíže skládek odpadu. Pro expozici člověka je nejhorší těžká automobilová doprava, čerpací stanice pohonných hmot a další činnosti týkající se manipulace s benzenem,

dále aktivní a pasivní kouření. 99 % celkové expozice člověka se děje dýcháním, včetně kouření.⁷

Určité množství benzenu může být i v pitné vodě, pochází-li z podzemních kontaminovaných vrtů, či kontaminovaných povrchových zdrojů, také je v potravinách.⁷

V SRN je z 80 % emisí viněna automobilová doprava, 3,9 % koksárenství, manipulace s benzínem dává 6, 2%, výroba 4 %.⁷

Benzen je využíván při výrobě styrenu, jako organické rozpustidlo dosud ještě v rozvojových zemích, kožedělném a obuvnickém, podobně i gumárenském průmyslu apod.⁷

Benzen je dobře vstřebáván u člověka plicemi, u žen dokonce více než u mužů, a zažívacím traktem. Kůži však hůř. Akumuluje se v tukových tkáních a dobře proniká placentou.⁷ 99 % populační expozice benzenu se děje vdechováním.⁷

U člověka způsobuje jeho expozice mnohé projevy. Hlavně jde o

- útlum kostní dřeně s následnou chudokrevností, kdy se netvoří krevní buňky;
- je prokázaný lidský karcinogen;
- při pracovní expozici způsobuje myeloidní leukemii, méně pravděpodobně lymfom a mnohočetný myelom;
- jeho akutní toxicita je nízká.⁷

Pro zvířata je nepříliš toxický pro rozmnožování, snižuje porodní váhu laboratorních myší, způsobuje jim chybění některých kostí a, při podání během gravidity, vstřebání plodů. Nárůst vad však není významný. Důležitý je vliv na plody, které prostřednictvím matky byly vystaveny benzenu. Počet jejich krvetvorných buněk je menší a v postnatálním životě jsou zvířata citlivější ke koncentracím benzenu než neexponovaní jedinci. Plody se rodí s útlumem kostní dřeně. Ta se daleko více zhorší, pokud reakce na první expozici benzenu byla méně výrazná.⁷

b) Vztah dávky a účinku

Benzen je prokázaný lidský karcinogen Skupiny 1 podle IARC. Jeho další vlivy jsme nezhodnotili, dochází k nim při daleko vyšších koncentracích a tak v daných podmínkách je nejhorším vlivem karcinogenita.

Jednotka karcinogenního rizika benzenu podle WHO je 6E – 6 na jeden mikrogram benzenu.

c) Hodnocení expozice

Tab. 16: Koncentrace benzenu z modelu OZKO ČHMÚ (2008-2012)

	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Starý Spořilov	1,4
Sídliště	1,4
Centrum Chodov	1,4
Praha 11	1,4

Na základě vypočteného modelu OZKO ČHMÚ lze říci, že nedochází k překračování imisních limitů pro benzen daných zákonem č. 201/2012 Sb. Imisní limit je $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ jako roční hodnota. Pro další hodnocení jsme použili dva expoziční scénáře- průměrný a maximální.

d) Charakterizace rizika

Tab. 17: Odhad zdravotního rizika – individuální pravděpodobnost onemocnění nádorem při celoživotní expozici benzenem na základě modelu OZKO-ČHMÚ (2008-2012)

	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ILCR	ILCR max
Starý Spořilov	1,4	4,60274E-05	0,000084
Sídliště	1,4	4,60274E-05	0,000084
Centrum Chodov	1,4	4,60274E-05	0,000084
Praha 11	1,4	4,60274E-05	0,000084

Na základě modelu a výpočtu jsme zjistili zdravotní riziko v hodnotách jednotek onemocnění na 100 000. Je možné diskutovat o stanovené jednotce inhalačního karcinogenního rizika, zda není příliš vysoká a vytváří tak disproporci mezi stanoveným imisním limitem pro benzen, který je $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a doprovázejícím zdravotním rizikem, které je 0,000164 a tedy o mnoho vyšší, než je riziko přijatelné (původní návrh pro limitní hodnotu benzenu byl $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Je možno diskutovat o „technicky“ stanoveném imisním limitu.

e) Diskuse nejistot

- Disproporce mezi limitní hodnotou $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a zjištěnými hodnotami souvisejících rizik ukazují na nutnost přehodnocení imisního limitu, který není bezpečný z hlediska možného zdravotního rizika.

- Pravděpodobně by bylo třeba provést metaanalýzu epidemiologických studií expozice benzenu a incidence nádorových onemocnění a vytvořit poklad pro nový přísnější limit. Technické důvody zřejmě udržují limit tam, kde je.
- Vyhodnocení zdravotního rizika vychází z dostupných modelů a hodnot stanovených WHO. Leukemie vyvolaná expozicí benzenu je infaustní onemocnění (tj. bez příznivé prognózy). Je potřebné se jím zabývat a sledovat expozici koncentracím benzenu z venkovního ovzduší.
- Existuje 50% nejistota modelu, podkladů i měření.
- Není definována citlivá populace. Riziko působení benzenu je však neúnosné obecně.

f) Doporučení a závěr

- Stanovit opatření k dosažení imisního limitu benzenu chránícího zdraví obyvatel.
- Řešit expozici obyvatel benzenem, např. snížením intenzity dopravy.
- Kontrolovat obsah benzenu v palivech u dovozců a prodejců, neregulárně dovezený benzin může mít více, než 1%, které je povoleno.
- Zabývat se nádorovými onemocněními z hlediska komunální expozice benzenem, zejména myeloidní a lymfatickou leukemií.
- Riziko související s celoživotní expozicí je řádově vyšší, než únosné.

4. Závěr hodnocení zdravotního rizika

Zdravotní riziko vycházející ze znečištění ovzduší na Spořilově pravděpodobně existuje.

- Hodnocení zdravotního rizika v souvislosti se zvýšenou koncentrací prachových částic (PM₁₀, PM_{2,5}) ukazuje, že úmrtnost u všech typů diagnóz bude zvýšená o aditivní úmrtnost vycházející z působení částic na zdraví o 12 %, u kardiovaskulárních onemocnění o 24 % a u nádorů plic o 28 %. Roční limitní hodnoty překročeny nejsou. Spořilov patří do oblasti zhoršené kvality ovzduší (OZKO), kde je nutné zpracovat program zlepšení kvality ovzduší a zajistit opatření pro obyvatele.
- Zdravotní riziko benzenu zjištěné na základě modelu ČHMÚ je řádově vyšší, než je únosné.
- Zdravotní riziko působení polycyklických aromatických uhlovodíků je vyšší, než je únosné. Dochází k překračování ročních imisních limitů benzo(a)pyrenu (model ČHMÚ).

Z výše uvedených důvodů je potřebné a vhodné zajistit následující opatření v oblastech:

Zdraví: Zajistit sledování zdravotního stavu ve vztahu ke kvalitě ovzduší, které by vyvrátilo obavy obyvatel z onemocnění v důsledku znečištění. Větší vypovídací hodnotu a výslednou statistickou sílu mají studie pokrývající větší počet obyvatel. Zaměřit se je třeba především na senzitivní skupiny obyvatel. Zahrnuta by mohla být retrospektivní deskriptivní studie vycházející ze statistik. Ideální studie by se měla týkat obyvatelstva celé Prahy a Spořilov by mohl poskytnout reprezentativní vzorek populace, srovnatelný s ostatními částmi Prahy.

Vzhledem k obavám obyvatel o zdraví by bylo vhodné realizovat studii zaměřenou na incidenci nových onemocnění nádorových a kardiovaskulárních se vztahem k emisím z automobilové dopravy spolu s měřením expozice všech „dopravních“ karcinogenů (formaldehyd, 1-3-butadien, benzo(a)pyren a ostatní polycyklické aromatické uhlovodíky, benzen) a zjišťováním velikosti částic.

Zajistit dlouhodobé sledování zdraví dětí, které žijí nejbližší dopravních cest. Je pro to nutno zajistit podmínky u rodičů a motivovat je ke spolupráci.

U benzenu existuje disproporce mezi limitní hodnotou 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a zjištěnými hodnotami souvisejících zdravotních rizik. Ukazuje to nutnost přehodnocení imisního limitu, který není bezpečný z hlediska možného zdravotního rizika. Leukemie způsobovaná expozicí benzenu, je infaustní onemocnění. Je potřebné se jím zabývat a sledovat expozici koncentracím benzenu z venkovního ovzduší.

Monitoring a měření ovzduší: Zajistit proveditelná měření znečištění ovzduší, vypovídající o kvalitě ovzduší po celý rok. Například provést doplňující orientační měření tak, aby reprezentovala celý rok, byla rozložená časově do jednotlivých období roku a postihla různé rozptylové podmínky v průběhu roku.

Zaměřit se na ta znečištění, u kterých byly nalezeny nejvyšší koncentrace a která mají imisní limity (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, PAU) a jsou tak hodnotitelná. Zajistit kampaňová měření částic rozložená do celého roku, ze kterých by bylo možné určit účast zdrojů, účast pozadí a vyloučit další nárazové aktivity s vlivem na kvalitu ovzduší.

Vhodné by bylo se zaměřit i na ultrajemné částice, pro něž dosud limit stanoven nebyl. Ještě více by bylo vhodné provádět měření ostatních plynných škodlivin z dopravy, které se neměří, přestože jde o ultimativní karcinogeny (formaldehyd, 1-3, butadien).

Strategické dokumenty: Vyhodnotit stávající územní plán, zda poskytuje dostatečnou ochranu obyvatelům Spořilova před znečištěním z dopravy. Vyhodnotit všechna současná protiprašná opatření z hlediska efektivity. Vyhodnotit všechny činnosti ve veřejném prostoru na Spořilově i v okolí, odkud se může přenášet znečištění částicemi na Spořilov. Vyhodnotit strategické dokumenty města Prahy s ohledem na to, jak chrání obyvatelstvo (nejen) Spořilova před znečištěním ovzduší. Stanovit opatření k dosažení imisního limitu benzenu chránícího zdraví obyvatel. Řešit vystavení obyvatel benzenu snížením intenzity dopravy.

Technokraticky formulované politiky nedostatečně chrání nejsenzitivnější část populace. Ta je exponována plošně a mnohočetně. Je potřebné začít hledat a využívat opatření, která by mohla exponovanou populaci ochránit.

Před každou změnou dopravy v Praze, opravou komunikací, vylučování dopravy z hlavních tras vytvořit dopravní model zahrnující model znečištění s následným vyhodnocením zdravotních dopadů, vyhodnotit varianty a vybrat tu, která má nejnižší vliv na zdraví.

Vymáhání práva: Důsledně kontrolovat vozidla, zda odpovídají požadavkům zákona o silničním provozu (plachty, čistota, emise, přetěžování).

Systematicky kontrolovat stavební práce, zda nezpůsobují zvýšení prašnosti.

Je potřebné stále provádět kontrolu kvality pohonných hmot v čerpacích stanicích a u dovozců co do obsahu olova a zároveň i benzenu.

Lze doporučit opatření snižující prašnost, plachtování automobilů s prašnými náklady a jejich kontrolu při vyjíždění ze staveb, kontroly stavebních a zemních prací, přemístit prostory, kde se zachází s odpady nebo sypkými materiály.

Další výstavba: Neumísťovat stavby zvyšující dopravní zatížení pozemních komunikací v oblasti Spořilově. Vyřešit zátěž komunikací na Spořilově tak, aby se zdravotní riziko stalo únosným.

5. Literatura

-
- ¹ PRÜSS-USTÜN, Annette, Carolyn VICKERS, Pascal HAEFLIGER a Roberto BERTOLLINI. Knowns and unknowns on burden of disease due to chemicals: a systematic review. In: *Environmental Health*. 2011, vol. 10, iss. 1. DOI: 10.1186/1476-069X-10-9. Dostupné z URL: <http://www.ehjournal.net/content/10/1/9>.
- ² BLÁHA, Karel a Miroslav CIKRT. *Základy hodnocení zdravotních rizik*. 1. Vyd. Praha: Fortuna, 1996. ISBN 80-707-1040-3.
- ³ PROVAZNÍK, Karel a Lumír KOMÁREK, eds. *Manuál prevence v lékařské praxi. Díl VII – Základy hodnocení zdravotních rizik*. Praha: Fortuna, 2003. ISBN 80-7168-942-4. Dostupné z URL: <http://www.szu.cz/uploads/documents/czsp/manual/Manual%20souhrn-7.pdf>.
- ⁴ MŽP ČR. Analýza rizik kontaminovaného území. Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí České republiky. In: *Věstník Ministerstva životního prostředí*. 2011, Ročník XXI, částka 3. s. 1-52. Dostupné z URL: [http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/46861B2409735127C125784E0043418B/\\$file/OVV-Vestnik_3_2011-09032011.pdf](http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/46861B2409735127C125784E0043418B/$file/OVV-Vestnik_3_2011-09032011.pdf).
- ⁵ MZ ČR. *Zásady a postupy hodnocení a řízení zdravotních rizik v činnosti odboru hygieny obecné a komunální*. HEM -300-19.9.05/31639. Ministerstvo zdravotnictví České Republiky, 2005. Dostupné z URL: <http://www.khslbc.cz/odbory/hok/hem.pdf>.
- ⁶ U.S. EPA. *Integrated Risk Information System (IRIS)* [online] Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. Dostupné z URL: <http://www.epa.gov/IRIS/>.
- ⁷ WHO/Europe. *Air quality guidelines for Europe*. 2. Vyd. Copenhagen: World Health Organization, Regional Office for Europe, 2000. ISBN 92-890-1358-3.
- ⁸ WHO. *Selected non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons*. Geneva: World Health Organization, 1998. Environmental health criteria. ISBN 978-924-1572-026.
- ⁹ WHO/Europe. *Particulate matter air pollution: how it harms health. Fact sheet EURO/04/05*. Berlin, Copenhagen, Rome: World Health Organization, Regional Office for Europe, 2005.
- ¹⁰ ROSS ANDERSON, Hugh, Richard W. ATKINSON, Janet L. PEACOCK, Louise MARSTON a Kostas KONSTANTINOU. *Meta-analysis of time-series studies and panel studies of Particulate Matter (PM) and Ozone (O3): Report of a WHO task group*. Copenhagen: World Health Organization, Regional Office for Europe, 2004. Dostupné z URL: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2009/meta-analysis-of-time-series-and-panel-studies-of-particulate-matter-and-ozone>.
- ¹¹ WHO. *Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide*. Copenhagen, Denmark: World Health Organization, 2006. ISBN 92-890-2192-6. Dostupné z URL: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf.

-
- ¹² IARC. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–109* [online]. International Agency of Research on Cancer. Dostupné z URL: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>.
- ¹³ SZÚ/CZŽP/NRLVO. *Poliklinika Spořilov. I. etapa měření kvality ovzduší. 27. května až 24. června 2013*. Praha: Státní zdravotní ústav v Praze, Centrum zdraví a životního prostředí, Národní referenční laboratoř pro venkovní ovzduší, 2013.
- ¹⁴ SZÚ/CZŽP/NRLVO. *Poliklinika Spořilov. II. etapa měření kvality ovzduší. 1. až 29. srpna 2013*. Praha: Státní zdravotní ústav v Praze, Centrum zdraví a životního prostředí, Národní referenční laboratoř pro venkovní ovzduší, 2013.
- ¹⁵ OBCHODNICKÝ, Marcel. *Zpráva o měření úrovně znečištění ovzduší. Měření koncentrací znečišťujících látek (oxidu siřičitého, oxidu dusičitého, oxidu dusíku, oxidu uhelnatého, suspendovaných částic PM10) a meteorologických parametrů ve vnějším ovzduší. lokalita Praha 4 – Spořilov. SoM /05/2010*. Trenčín: ENVitech s.r.o, Laboratórium Monitorovania Kvality Ovzdušia, 2010.
- ¹⁶ ČHMÚ. *OZKO – vrstvy GIS. Mapy oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší. Pětileté průměrné koncentrace* [online]. Český hydrometeorologický ústav. Dostupné z URL: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/ozko/ozko_CZ.html.
- ¹⁷ Vyhláška č. 330/2012 Sb., o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích. In: *Sbírka zákonů*. 2012, částka 121, s. 4178. Dostupné z URL: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonInfo.jsp?idBiblio=78340&fulltext=&nr=&part=&name=zp~C5~AFsobu~20posuzov~C3~A1n~C3~AD~20a~20vyhodnocen~C3~AD~20~C3~BArov~C4~9B~20zne~C4~8Di~C5~A1t~C4~9Bn~C3~AD&rpp=15#local-content>.
- ¹⁸ DOCKERY, Douglas W. a C. Arden POPE. Acute respiratory effects of particulate air pollution. *Annual Review of Public Health*. 1994, vol. 15, iss. 1, s. 107-132. DOI: 10.1146/annurev.pu.15.050194.000543. Dostupné z URL: <http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.pu.15.050194.000543>.
- ¹⁹ OBERDORSTER, G. Toxicology of ultrafine particles: in vivo studies. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 2000-10-15, vol. 358, iss. 1775, s. 2719-2740. DOI: 10.1098/rsta.2000.0680. Dostupné z URL: <http://rsta.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rsta.2000.0680>.
- ²⁰ SRAM, Radim J., Blanka BINKOVA, Miroslav DOSTAL, Michaela MERKEROVA-DOSTALOVA, Helena LIBALOVA, Alena MILCOVA, Pavel ROSSNER, Andrea ROSSNEROVA, Jana SCHMUCZEROVA, Vlasta SVECOVA, Jan TOPINKA a Hana VOTAVOVA. Health impact of air pollution to children. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2013, vol. 216, iss. 5, s. 533-540. DOI: 10.1016/j.ijheh.2012.12.001. Dostupné z URL: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S143846391200137X>.
- ²¹ HERTZ-PICCIOTTO, Irva, Miroslav DOSTAL, Poh-Sin YAP, Rebecca JAMES BAKER, Jesse P. JOAD, Michael LIPSETT, Teri GREENFIELD, Caroline E.W. HERR, Ivan BENES, Robert H. SHUMWAY,

-
- Kent E. PINKERTON a Radim J. SRAM. Early Childhood Lower Respiratory Illness and Air Pollution. *Environmental Health Perspectives*. 2007, Vol. 115, No. 10. s. 1510–1518. DOI: 10.1289/ehp.9617. Dostupné z URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2022654/>.
- ²² DOSTAL, Miroslav, Anna PASTORKOVA, Stepan RYCHLIK, Eva RYCHLIKOVA, Vlasta SVECOVA, Eva SCHALLEROVA a Radim J SRAM. Comparison of child morbidity in regions of Ostrava, Czech Republic, with different degrees of pollution: a retrospective cohort study. *Environmental Health*. 2013, vol. 12, iss. 1, s. 74. DOI: 10.1186/1476-069X-12-74. Dostupné z URL: <http://www.ehjournal.net/content/12/1/74>.
- ²³ DONALDSON, K., V. STONE, A. SEATON a W. MACNEE. Ambient Particle Inhalation and the Cardiovascular System: Potential Mechanisms. *Environmental Health Perspectives*. 2001, Vol. 109, Suppl. 4, s. 523–527. Dostupné z URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1240575/>.
- ²⁴ DONALDSON, K., V. STONE, P. S. GILMOUR, D. M. BROWN a W. MACNEE. Ultrafine particles: mechanisms of lung injury. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 2000-10-15, Vol. 358, Iss. 1775, s. 2741-2749. DOI: 10.1098/rsta.2000.0681. Dostupné z URL: <http://rsta.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rsta.2000.0681>.
- ²⁵ OSTRO, Bart. The Association of Air Pollution and Mortality: Examining the Case for Inference. *Archives of Environmental Health: An International Journal*. 1993, Vol. 48, Iss. 5, s. 336-342. DOI: 10.1080/00039896.1993.9936722. Dostupné z URL: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00039896.1993.9936722?journalCode=vzeh20#UxIjP02A3IU>.
- ²⁶ SCHWARTZ J., F. LADEN a A. ZANOBBETTI. The concentration-response relation between PM_{2.5} and daily deaths. *Environmental Health Perspectives*. 2001, Vol. 110, Iss. 10, s. 1025-1029. Dostupné z URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1241029/>.
- ²⁷ WHO/Europe. *Health relevance of particulate matter from various sources. Report on a WHO Workshop. Bonn, Germany. 26-27 March 2007*. Copenhagen: World Health Organization, Regional Office for Europe, 2007. Dostupné z URL: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0007/78658/E90672.pdf.
- ²⁸ WHO/Europe. *Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution*. Copenhagen: World Health Organization, Regional Office for Europe, 2006. Dostupné z URL: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/78657/E88189.pdf.
- ²⁹ BRUGGE Doug, John L. DURANT a Cristine RIOUX. Near-highway pollutants in motor vehicle exhaust: A review of epidemiologic evidence of cardiac and pulmonary health risks. *Environmental Health*. Vol. 6, Iss. 1, s. 23. DOI: 10.1186/1476-069X-6-23. Dostupné z: <http://www.ehjournal.net/content/6/1/23>.
- ³⁰ ZHOU, Ying a Jonathan I. LEVY. Factors influencing the spatial extent of mobile source air pollution impacts: a meta-analysis. *BMC Public Health*. 2007, Vol. 7, Iss. 1, s. 89. DOI: 10.1186/1471-2458-7-89. Dostupné z URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1890281/>.

-
- ³¹ WHO. *Lead poisoning and Health. WHO Fact sheet N°379* [online]. World Health Organization. Dostupné z URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/en/>.
- ³² SRAM, Radim J., Miroslav DOSTAL, Helena LIBALOVA, Pavel ROSSNER, Andrea ROSSNEROVA, Vlasta SVECOVA, Jan TOPINKA a Alena BARTONOVA. The European Hot Spot of B[a]P and PM2.5 Exposure—The Ostrava Region, Czech Republic: Health Research Results. *ISRN Public Health*. 2013, Vol. 2013, s. 1-12. DOI: 10.1155/2013/416701. Dostupné z URL: <http://www.hindawi.com/journals/isrn.public.health/2013/416701/>.
- ³³ CLAYTON, R. N., V. OGDEN, J. HODGKINSON, L. WORSWICK, D. A. RODIN, S. DYER. How common are polycystic ovaries in normal women and what is their significance for the fertility of the population?. *Clinical Endocrinology*. 1992, vol. 37, iss. 2, s. 127-134. DOI: 10.1111/j.1365-2265.1992.tb02296.x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2265.1992.tb02296.x>.
- ³⁴ DEJMEK J, I. SOLANSKY, I. BENES, J. LENICEK, a R. J. SRAM. The impact of polycyclic aromatic hydrocarbons and fine particles on pregnancy outcome. *Environmental Health Perspectives*. 2000, Vol. 108, No. 12, s. 1159–1164. Dostupné z URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1240197/>.
- ³⁵ SVECOVA, Vlasta, Jan TOPINKA, Ivo SOLANSKY a Radim J SRAM. Personal exposure to carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons in the Czech Republic. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*. 2012-12-19, vol. 23, iss. 4, s. 350-355. DOI: 10.1038/jes.2012.110. Dostupné z URL: <http://www.nature.com/doifinder/10.1038/jes.2012.110>.