

Ovzduší

Údaje o znečištění ovzduší použité pro hodnocení vlivu na zdraví pocházejí z 16 pražských měřicích stanic (provozovaných ČHMÚ, SZÚ a Zdravotním ústavem se sídlem v Ústí n/L), na kterých jsou v antropogenní vrstvě atmosféry sledovány koncentrace škodlivin.

Dlouhodobě přetrvávajícím problémem jsou v pražské aglomeraci především látky, jejichž emise do ovzduší jsou přímo svázány s dopravou a procesy s ní spojenými, tj. primární spalovací a ostatní emise (resuspenze, otěry, koroze...). V sídlištních celcích jsou pak tyto emise často kombinovány s emisemi z SZTE a v okrajových částech města se může přidávat vliv lokálních topenišť.

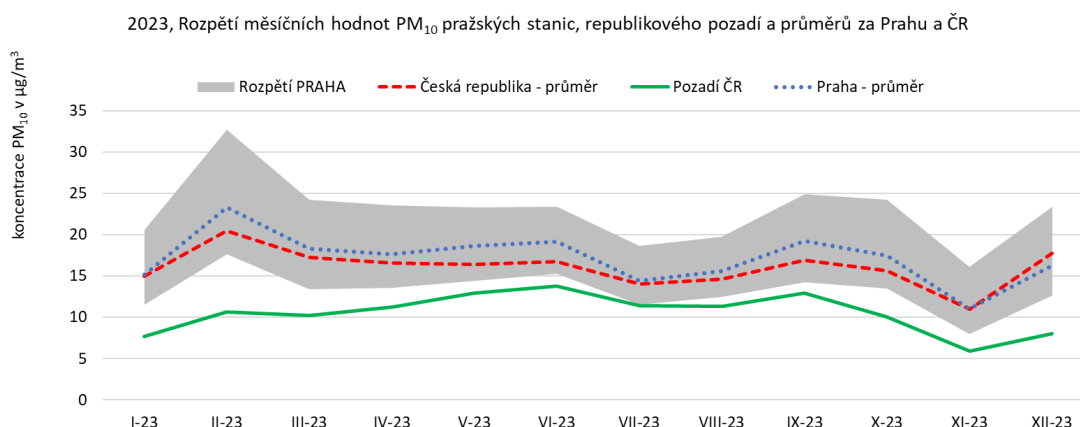
Tabulka – 2023 - Srovnání odhadu průměrných ročních hmotnostních koncentrací některých látek v Praze s odhadem průměrné hodnoty v městském prostředí v ČR, v případě suspendovaných částic frakce PM₁₀ mimo Moravskoslezský kraj a s hodnotami měřenými na pozad'ových stanicích ČR.

2023	NO ₂ (μg/m ³)	PM ₁₀ (μg/m ³)	PM _{2,5} (μg/m ³)	BZN (μg/m ³)	BaP (ng/m ³)	Cd (v PM ₁₀) (ng/m ³)	Pb (v PM ₁₀) (ng/m ³)	Ni (v PM ₁₀) (ng/m ³)	As (v PM ₁₀) (ng/m ³)
městské lokality v ČR	12,9	15,9	11,9	1,00	0,58	0,15	3,40	0,51	1,04
Praha	20,7	17,2	11,7	0,94	0,39	0,20	3,15	0,45	1,21
Pozad'ové stanice ČR	4,0	10,5	7,9	0,64	0,18	0,07	1,69	0,23	0,53

V roce 2023 se úroveň znečištění venkovního ovzduší ve srovnání s rokem 2022 u všech škodlivin mírně zlepšila. Vývoji významně napomáhají teplé zimy a celoročně příznivé rozptylové podmínky. Situaci lze charakterizovat vyšší četností excesů a rychlých změn počasí zahrnujících dlouhodobější suchá období vysokých teplot a krátká období intenzivních srážek. Shodně s obdobím 2012 až 2022 byly zimní měsíce v roce 2023 teplotně nadprůměrné. S vyšší četností slunných dnů s teplotami nad 30 °C narůstá i počet dnů se zvýšenými koncentracemi přízemního ozónu.

- V roce 2023 nebyl v Praze na **žádné** měřicí stanici překročen imisní limit.
- Možnosti vyhodnocení a interpretace dat za rok 2023 byly v případě sledovaných kovů částečně ovlivněny výpadkem stanice v Riegrových sadech.

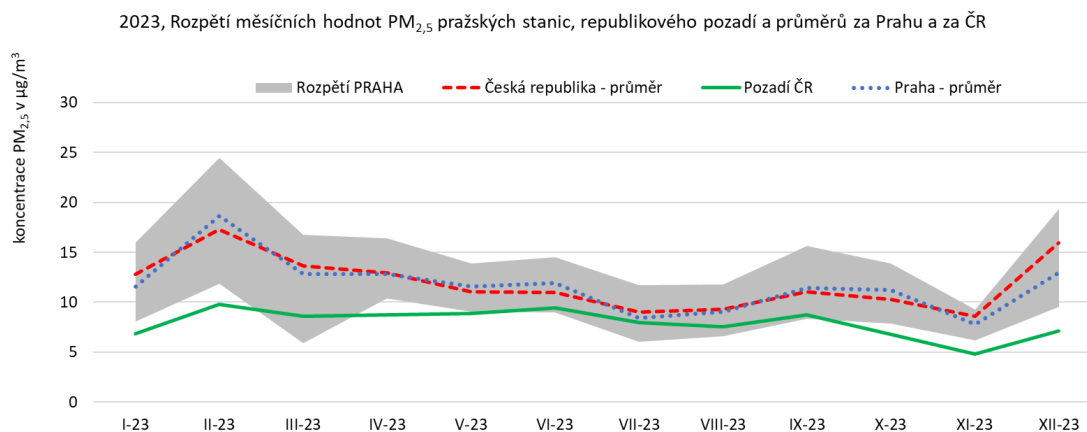
1. Běžně sledované škodliviny (SO₂, NO₂, CO, PM₁₀, PM_{2,5}, O₃)



Graf č. 1. – Rozpětí měsíčních hodnot frakce PM₁₀ pražských stanic, hodnota republikového pozadí a střední hodnoty za Prahu a ČR v roce 2023

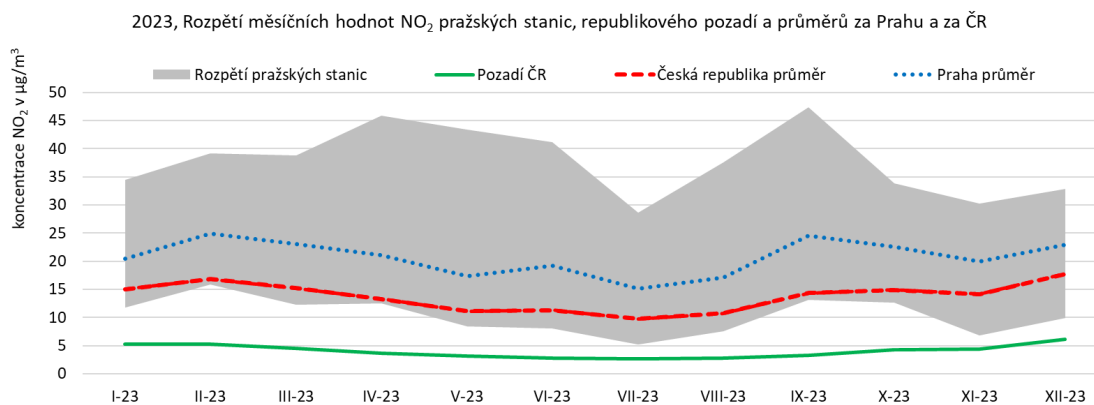
- **suspendované částice frakce PM₁₀** – více než 20 μg/m³/rok bylo naměřeno pouze na stanicích Šrobárova – ASRO, Průmyslová - APRU, Argentinská – AHOL a na stanici Legerova – ALEG

s maximem 21,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nejvíce překročení 24hodinové koncentrace 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (celkem 14x za rok) bylo zaznamenáno na stanici Šrobárova v Praze 10 (ASRO) –. Roční aritmetické průměry koncentrací měly v roce 2023 v rozpětí od 13 do 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se střední hodnotou 17,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (meziroční pokles až o 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Z porovnání ročních průměrných koncentrací frakce PM_{10} s doporučenou hodnotou WHO (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$) pak vychází, že tato hodnota byla překročena celkem na 11 měřicích stanicích z 16; v maximum až o 45 %.



Graf č. 2. – Rozpětí měsíčních hodnot frakce $\text{PM}_{2,5}$ pražských stanic, hodnota republikového pozadí a střední hodnoty za Prahu a ČR v roce 2023

- **suspendované částice frakce $\text{PM}_{2,5}$** - v roce 2023 měřené hodnoty nepřekročily imisní limit, přesto se v pražské aglomeraci stále jedná o významnější zátěž. Roční průměry na sedmi měřicích stanicích byly proti roku 2022 snižené, byly v rozsahu 9,5 až 14,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tedy na úrovni 58 až 70 % stávajícího (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ročního imisního limitu. To představuje až dvojnásobek středních hodnot měřených na republikových pozadřových stanicích. Z porovnání ročních průměrných koncentrací frakce $\text{PM}_{2,5}$ s doporučenou hodnotou WHO (5 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$) vychází, že tato hodnota byla na všech stanicích v Praze dvoj- až téměř trojnásobně překročena.



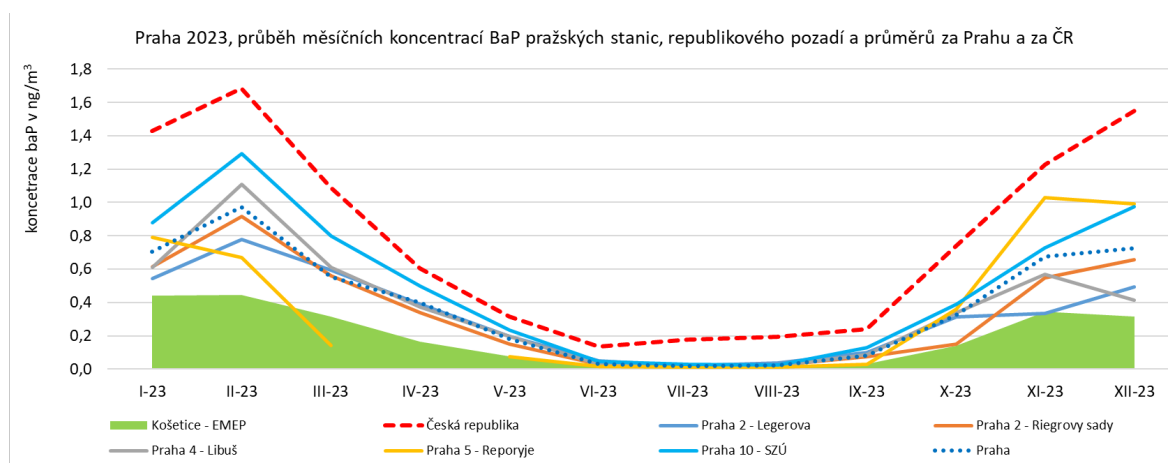
Graf č. 3. – Rozpětí měsíčních hodnot NO_2 pražských stanic, hodnota republikového pozadí a střední hodnoty za Prahu a ČR v roce 2023

- **oxid dusičitý (NO_2)** - roční imisní limit NO_2 (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sice nebyl překročen na žádné stanici, ale za hraniční lze považovat hodnotu 37,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na dopravní „HOT-SPOT“ stanici v Legerově ulici v Praze 2 (ALEG). Vyšší zátěž dále vykázala stanice Argentinská (AHOL), kde byla hodnota ročního průměru nad 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Na žádné pražské měřicí stanici nebylo naměřeno překročení

hodinového imisního limitu $200 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{hod}$. Násobně vyšší hodnoty průměrných ročních koncentrací NO_2 na pražských stanicích proti republikovému průměru potvrzují význam zátěže pražského ovzduší emisemi ze spalovacích procesů a z dopravy. Z porovnání ročních průměrných koncentrací NO_2 s doporučenou hodnotou WHO ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$) vychází, že tato hodnota byla na všech stanicích v Praze minimálně o 20 % překročena; na dopravním hotspotu v Legerově ulici (ALEG) to bylo až téměř čtyřnásobně. Hodnoty ročních aritmetických průměrů se na pražských stanicích pohybovaly okolo 12 až $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v méně dopravou zatížených lokalitách, přes 18 až $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ročního průměru v dopravně významněji zatížených lokalitách až k téměř $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na dopravní „hot spots“ stanici (Praha 2 – Legerova ALEG). Pole zvýšených hodnot NO_2 má, zvláště ve středu města, kde je vyšší hustota komunikací a dopravní infrastruktury, plošný charakter.

- **ozón (O_3)** – roční průměry měřené v Praze celkem na sedmi stanicích se pohybovaly v rozpětí od $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Praha 9, Vysočany, dopravní lokalita) po $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Praha 4, Libuš, městská pozadřová oblast), kde byla v Praze v roce 2023 naměřena nejvyšší hodnota 8hodinového klouzavého průměru $151 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Zvyšuje se četnost letních dlouhodobějších období nepříznivých rozptylových podmínek, kdy se zvyšuje pravděpodobnost, že maximální hodnota 8hodinového klouzavého průměru překročí $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kritérium maximálně 25 překročení 8hodinového průměru $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za poslední tři roky nebylo v roce 2023 v Praze naplněno.
- Zdravotně nevýznamnou zůstává expozice obyvatel oxidu uhelnatému reprezentovatelná i relativně nízkou maximální hodnotou $461 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ v dopravou významně exponované lokalitě (Legerova ulice – dopravní HOT-SPOT) a oxidu siřičitému ($1,7$ až $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$).

2. Výběrově sledované ukazatele - benzo[a]pyren – BaP jako zástupce PAU, benzen a kovy



Graf č. 4. – 2023, Měsíční průběhy koncentrací BaP na pražských stanicích

- **benzo[a]pyren jako zástupce PAU** – hodnoty ročních průměrů BaP n se na pěti stanicích v Praze pohybovaly v rozmezí $0,32$ až $0,50 \text{ ng}/\text{m}^3$ s průměrem v hodnotě $0,39 \text{ ng}/\text{m}^3$. Proti roku 2022 klesly o cca 40 %. Stále ale zůstávají přibližně dvojnásobné proti hodnotám měřeným na republikové pozadřové stanici. (Referenční roční koncentrace stanovená SZÚ pro **benzo[a]antracen** ($10 \text{ ng}/\text{m}^3$) byla v Praze naplněny ze 3 až 4 %).
- **benzen** – rozpětí ročních průměrů na čtyřech pražských stanicích bylo v roce 2023 $0,83$ až $1,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tj. v maximu na úrovni 20 % stanoveného limitu a přibližně dvojnásobné proti úrovni měřené na pozadřových stanicích.
- **kovy** – As, Cd, Ni a Pb – Úroveň znečištění ovzduší těžkými kovy je dlouhodobě víceméně stabilní,

bez významnějších výkyvů a má klesající trend. Dobrá shoda hodnot ročního aritmetického a geometrického průměru u chromu, manganu, niklu, kadmia a olova svědčí o relativní stabilitě a homogenitě měřených imisních hodnot. Ze srovnání s hodnotami měřenými v městských, dopravou a průmyslem nezatížených oblastech v ČR vyplývá, že Praha patří mezi oblasti s nižší (nikl, arsen a kadmium) a až průměrnou (Pb) zátěží ovzduší. Roční průběhy

- **niklu** se pohybovaly okolo $0,5 \text{ ng/m}^3$ (2,5 % stanoveného limitu);
- **kadmia** dosahovaly cca $0,15 \text{ ng/m}^3$ (3 % stanoveného limitu);
- **olova** v maximu dosáhly $4,2 \text{ ng/m}^3$ (cca 1 % stanoveného limitu);
- **arzen** – na první pohled složitější situace je v případě arzenu, kde vyčnívá příměstská stanice v Řeporyjích s ročním průměrem $3,26 \text{ ng/m}^3$ (55 % stanoveného imisního limitu). Hodnoty měřené na stanici v centru města Praha 10 Šrobárova) a na městské pozadové stanici (Praha 4 Libuš) byly na úrovni 1 ng/m^3 (méně než 20 % stanoveného imisního limitu).

Dlouhodobě platí, že hodnoty suspendovaných částic měřené na dopravně exponovaných stanicích (Legerova - ALEG, Argentinská – AHOL, Průmyslová – APRU, Karlin – AKAL či Vršovice – AVRS) zůstávají na zvýšené úrovni. Přes významný podíl plynofikace zůstává nezanedbatelnou, zvláště v okrajových městských částech, zátěž ovzduší z lokálních zdrojů. Příkladem je stanice v Řeporyjích, kde jsou měřeny zvýšené hodnoty arzenu (> 50 % ročního limitu). V kombinaci se stále nezanedbatelnou zátěží prostředí BaP se jedná o zdravotně nejzávažnější polutanty, u kterých navíc dochází k nejvýznamnějšímu čerpání imisního (potenciálně expozičního) limitu.

Odhad zdravotních rizik

(Dále uváděná procentuální data je nutno vztáhnout k tzv. očištěné úmrtnosti v roce 2023 v Praze, která představovala 11 480 zemřelých.)

Ozón - Znečištění ovzduší ozónem, které je typickou součástí tzv. letního smogu, může v teplém období roku dosahovat míry ovlivňující zdraví. Ozón má silně dráždivé účinky na oční spojivky a dýchací cesty a ve vyšších koncentracích způsobuje ztížené dýchání a zánětlivou reakci sliznic v dýchacích cestách. Zvýšeně citlivé vůči expozici ozónu jsou osoby s chronickými obstrukčním onemocněním plic a astmatem. Krátkodobá i dlouhodobá expozice ozónu ovlivňuje respirační nemocnost i úmrtnost. Chronická expozice ozónu zvyšuje četnost hospitalizací pro zhoršení astmatu u dětí a pro akutní zhoršení kardiovaskulárních a respiračních onemocnění u starších osob. Pro hodnocení dlouhodobé expozice ozónu je pak používán parametr SOMO35, definovaný jako roční součet denních nejvyšších hodnot 8hod. klouzavého průměru, překračujících koncentraci $70 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. (Pro každý den je vybráno maximum klouzavého 8hodinového průměru a hodnoty nad $70 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ se sečtou za celý rok.) Pro odhad dopadů O_3 na úmrtnost na respirační onemocnění u osob starších 30 let se používá koeficient relativního rizika $\text{RR} = 1,014$ (95% CI = 1,005, 1,024), který vyjadřuje zvýšení této úmrtnosti o 1,4 % na každých $10 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ průměrné hodnoty maximálních denních 8hodinových klouzavých průměrů O_3 za období duben až září. Odhad dopadů měřených hodnot O_3 na úmrtnost na respirační onemocnění u osob starších 30 let pro Prahu se pohybuje v rozmezí 1,18 až 2,07 %.

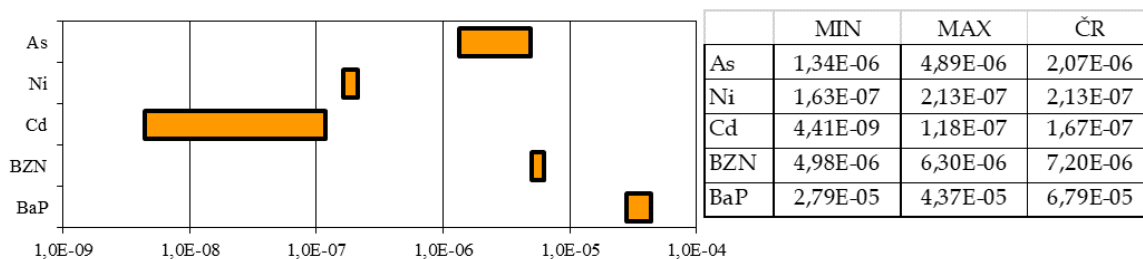
Je prokázáno, že krátkodobě zvýšené denní koncentrace **suspendovaných částic PM_{10} ($\text{PM}_{2,5}$)** způsobují nárůst celkové nemocnosti i úmrtnosti, zejména na onemocnění srdce a cév, zvýšení kojenecké úmrtnosti, zvýšení výskytu kašle a ztíženého dýchání, zejména u astmatiků. Mezi prokázané účinky dlouhodobě zvýšených koncentrací patří snížení plicních funkcí u dětí i dospělých, zvýšení nemocnosti na onemocnění dýchacího ústrojí a výskytu symptomů chronického zánětu průdušek, zkrácení délky života zejména z důvodu vyšší úmrtnosti na choroby srdce a cév a i na rakovinu plic. Pro odhad rizika dlouhodobé expozice suspendovaným částicím byla použita doporučení Globální pokyny

WHO pro kvalitu ovzduší - Pevné částice (PM_{2,5} a PM₁₀), ozon, oxid dusičitý, oxid siřičitý a oxid uhelnatý (září 2021) pro funkce koncentrace a účinku pro aerosol, ozón a oxid dusičitý. Podle autorů nárůst průměrné roční koncentrace frakce suspendovaných částic PM₁₀ o každých 10 µg/m³ nad bazální hladinu 15 µg/m³ zvyšuje celkovou úmrtnost exponované populace o 4,1 %.

- Konzervativní odhad podílu předčasně zemřelých v důsledku znečištění ovzduší suspendovanými částicemi PM₁₀ (při odhadu střední „pražské“ hodnoty 17,2 µg/m³) po vyloučení zemřelých na vnější příčiny představuje v Praze cca 1 %. To představuje v roce 2023 přibližně 100 předčasných úmrtí způsobených expozicí suspendovaným částicím frakce PM₁₀. (Odhad možných zdravotních dopadů měřených koncentrací na nárůst úmrtnosti na respirační onemocnění u osob starších 30 let, má rozpětí 0 až 2,8 % tj. 0 až 300).
- Na základě hodnocení vlivu znečištěného ovzduší na zdraví obyvatel Prahy lze odhadovat, že znečištění suspendovanými částicemi frakce PM₁₀ přispívá i ke zvýšení výskytu příznaků zánětu průdušek a dalších respiračních symptomů u dětí.
- Konzervativní odhad podílu předčasně zemřelých v důsledku znečištění ovzduší suspendovanými částicemi PM_{2,5} (při odhadu střední „pražské“ hodnoty 11,7 µg/m³) po vyloučení zemřelých na vnější příčiny představuje v Praze cca 5,36 %. To představuje v roce 2023 přibližně 600 předčasných úmrtí způsobených expozicí suspendovaným částicím frakce PM_{2,5}.

Při hodnocení **karcinogenů** se vychází z teorie bezprahového působení. Ta předpokládá, že neexistuje žádná koncentrace, pod kterou by působení dané látky bylo nulové. Jakákoliv expozice znamená určité riziko a velikost tohoto rizika se zvyšuje se zvyšující se expozicí. Míru karcinogenního potenciálu dané látky vyjadřuje směrnice rakovinového rizika. Pro hodnocení se používá UCR/ICR tj. jednotka karcinogenního rizika/inhalační karcinogenní riziko (riziko vzniku rakoviny v důsledku celoživotní inhalace ovzduší s koncentrací hodnocené látky rovné 1 µg/m³). Ze sledovaných ukazatelů znečištění ovzduší byly do hodnocení zahrnuty ty sledované škodliviny s karcinogenním účinkem, pro které byla definována míra karcinogenního potenciálu (UCR) – arsen, nikl, kadmium, benzen a benzo[*a*]pyren. Zpracovaný odhad používá screeningový přístup, který uvažuje celoživotní expozici 24 hodin denně pro dospělého člověka o hmotnosti 70 kg, který vdechne 20 m³ vzduchu za den. Výstupem odhadu je teoretické navýšení pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění pro jednotlivce, které může způsobit daná úroveň expozice hodnocené látky nad obecný výskyt v populaci za 70 let celoživotní expozice. Teoretické zvýšení pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění v důsledku expozice karcinogenním látkám v pražském ovzduší bylo hodnoceno pro celoživotní expozici arzenu, niklu, kadmiu, benzenu a polycyklickým aromatickým uhlovodíkům – viz graf č. 5.

Praha 2023 - Rozpětí odhadu pravděpodobnosti zvýšení počtu nádorových onemocnění (ILCR) z příjmu As, Ni, Cd, benzenu a BaP z venkovního ovzduší v Praze a střední hodnota za ČR



Pozn.: Riziko $1,0E^{-03}$ (dtto 10^{-3} , 1 z 1000) znamená pravděpodobnost zvýšení počtu nádorových onemocnění o 1 případ na 1 000 osob, $1,0E^{-07}$ o 1 případ na 10 mil. osob atp.

Graf č. 5. – Srovnání rozpětí odhadu pravděpodobnosti zvýšení nádorových onemocnění v centrální Praze a v ČR při celoživotní expozici odhadu středních hodnot v roce 2023.

Odhad zvýšení celkového individuálního karcinogenního rizika v důsledku znečištění ovzduší v pražské aglomeraci se v roce 2023 pohyboval na úrovni $3,4$ až $5,3 \times 10^{-5}$ (cca 4 až 5 přídavných případů na 100 000 obyvatel) pro celoživotní expozici této koncentrační hladině (70 let) – jedná se proti roku 2022 o mírné snížení. Největší příspěvek k riziku představuje expozice benzo[*a*]pyrenu (přibližně 80 % podíl na celkovém karcinogenním riziku). Pro celkový počet obyvatel Prahy (1 357 326 – zdroj ČSÚ) se celkové karcinogenní riziko vyjádřené jako pravděpodobné zvýšení počtu nádorových onemocnění v důsledku znečištění ovzduší v roce 2023 pohybovalo na úrovni jednoho přídavného případu (1) za rok.

Porovnáním potenciálního karcinogenního účinku (IARC, WHO) zjištěných koncentrací různých zástupců měřené směsi polycyklických aromatických uhlovodíků se zdravotní závažností jednoho z nejtoxičtějších a nejlépe prozkoumaných karcinogenních PAU – benzo[*a*]pyrenu (BaP), lze vyjádřit karcinogenní potenciál směsi v ovzduší pomocí toxického ekvivalentu (TEQ BaP). Karcinogenní potenciál PAU spočtený pro pražské stanice je dlouhodobě v průměru dvakrát až téměř třikrát vyšší než hodnoty naměřené na pozad'ové stanici v ČR (v roce 2023 0,55 až 0,79 ng/m³ proti 0,31 ng/m³). Zároveň jsou ale spočtené hodnoty srovnatelné s hodnotami nalézány na ostatních městských stanicích v ČR a několikanásobně až řádově nižší než na nejvíce zatížených stanicích v průmyslové Ostravsko-karvinské oblasti Moravskoslezského kraje.

Pozn:

1. AVG – roční aritmetický průměr koncentrace v ovzduší
2. V září 2021 vydalo WHO aktualizaci Globální pokyny WHO pro kvalitu ovzduší - Pevné částice (PM_{2,5} a PM₁₀), ozon, oxid dusičitý, oxid siřičitý a oxid uhelnatý

Příspěvek zpracovali MUDr. H. Kazmarová a RNDr. Bohumil Kotlík, Ph.D.