

IV.2 Benzo[a]pyren

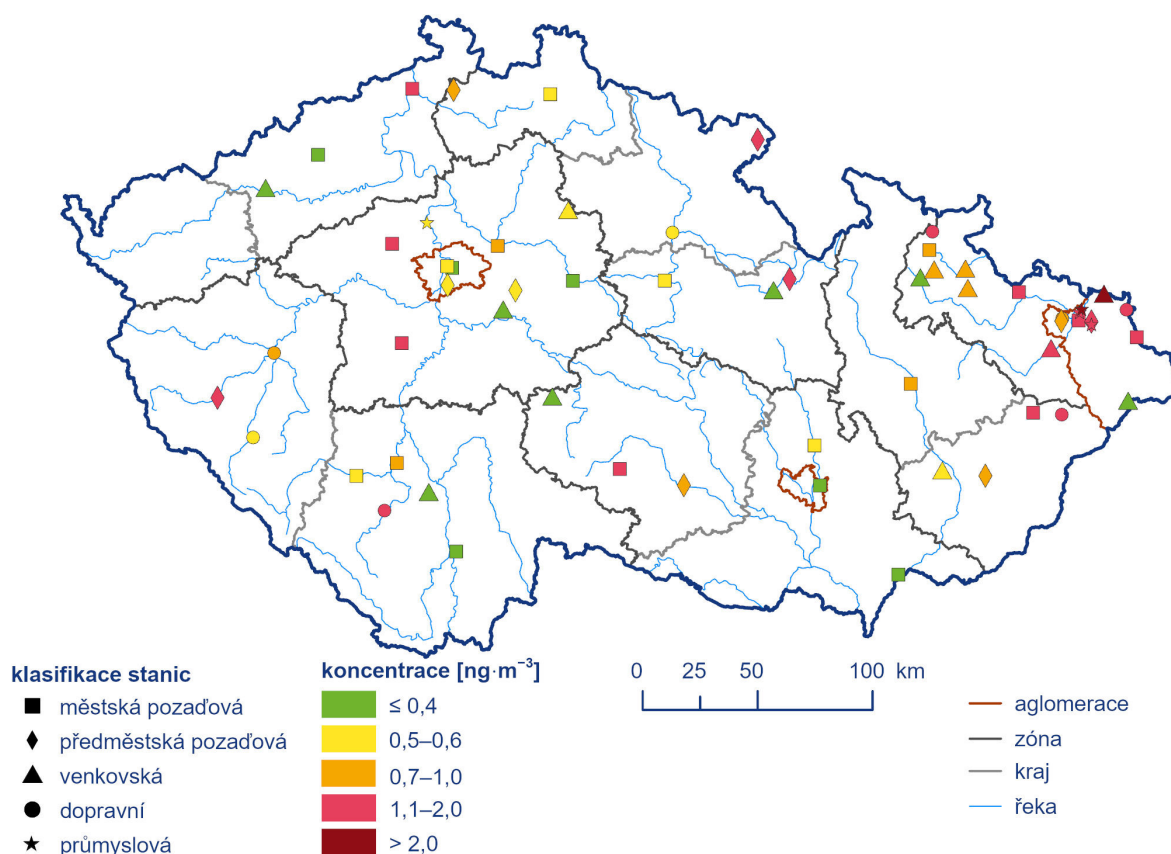
IV.2.1 Znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem v roce 2024

Znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem patří mezi dlouhodobé hlavní problémy v oblasti kvality ovzduší v ČR. V roce 2024 byly nadlimitní koncentrace benzo[a]pyrenu zaznamenány přibližně na 36 % stanic, tj. na 21 z celkového počtu 59 stanic s dostatečným množstvím měření pro hodnocení (Obr. IV.2.1). Nadlimitní koncentrace benzo[a]pyrenu byly zjištěny v 9 ze 14 krajů. Polovina stanic s překročeným imisním limitem se nachází v nejzatíženějším kraji – Moravskoslezském. V předchozím roce 2023 překročily roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu imisní limit na cca 17 % stanic, což odpovídalo 8 z celkového počtu 47 stanic. Nicméně počet a umístění stanic se v případě benzo[a]pyrenu každoročně liší. Při porovnání překročení imisního limitu u stejného souboru stanic není meziroční nárůst tak výrazný. Ze 30 stanic, které měřily v obou letech, byl v roce 2024 překročen imisní limit na 12 stanicích (40 %), zatímco v předchozím roce na 8 stanicích (27 %).

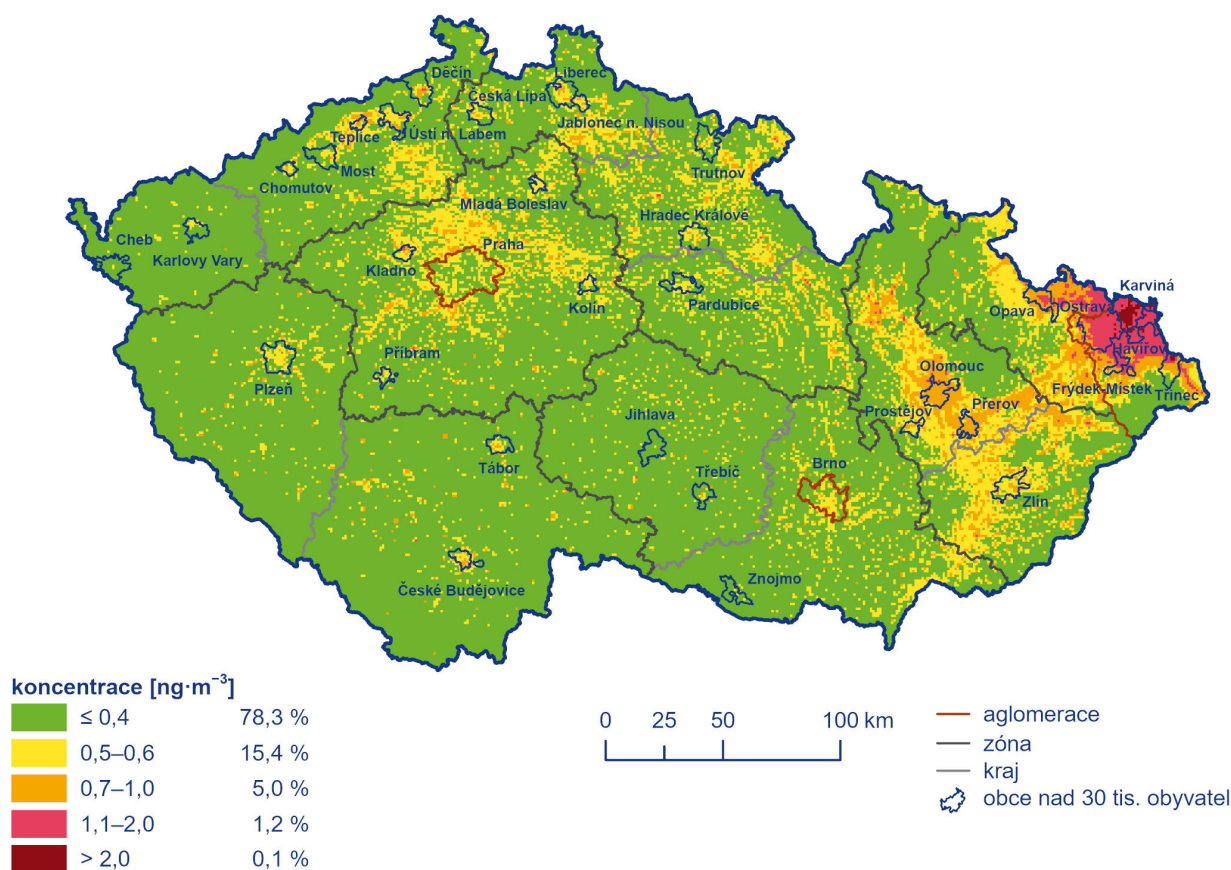
Plocha s nadlimitními koncentracemi benzo[a]pyrenu se v roce 2024 mírně zvětšila a byla vymezena na 1,3 % plochy území

ČR (v roce 2023 na 0,9 %), kde žije přibližně 7,3 % obyvatel ČR (v roce 2023 cca 5,9 %; Obr. IV.2.2). Ve srovnání s předchozími lety je na mapě patrný nárůst počtu obcí se zvýšenými koncentracemi benzo[a]pyrenu, což odráží detailnější modelování emisí z lokálního vytápění na základě podrobnějších údajů ze SLDB 2021 (ČHMÚ 2025b). Nejzatíženějšími oblastmi s nejvyššími hodnotami koncentrací benzo[a]pyrenu z dlouhodobého hlediska zůstávají kraje Moravskoslezský, Zlínský a Olomoucký (Obr. IV.2.3). Nicméně k překračování ročního imisního limitu benzo[a]pyrenu ve spojitosti s lokálním vytápěním dochází i v řadě měst a obcí mimo uvedené nejzatíženější kraje.

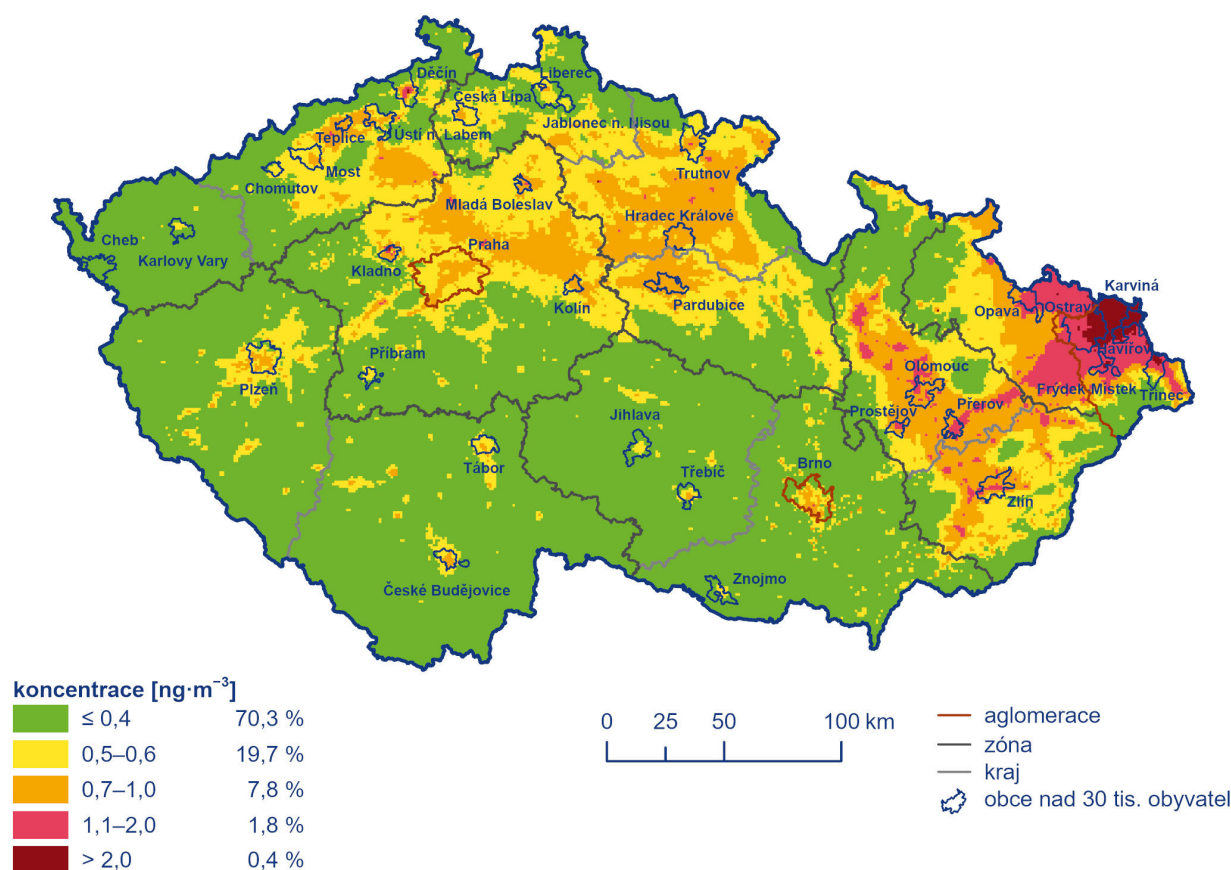
Díky modernizaci laboratoře ČHMÚ pro analýzu polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH) v pobočce Ústí nad Labem byla v roce 2024 rozšířena státní imisní síť pro benzo[a]pyren o 10 nových stanic. Část z nich byla určena jako rotační a jejich umístění se bude každoročně měnit. U zatížených lokalit (městské a vesnické oblasti) se tyto stanice budou na stejné místo vracet jednou za tři roky. U čistých přírodních lokalit se měření zopakuje jednou za pět let. V letech, kdy měření na konkrétní rotační lokalitě neprobíhá, budou roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu odhadovány pomocí statistických metod. Cílem rotačních stanic je zvýšení počtu monitorovaných oblastí, zejména těch, které jsou dle předpokladů problémové z hlediska kvality ovzduší. Nejvyšší roční průměrná koncentrace benzo[a]pyrenu byla zjištěna na venkovské stanici Věřňovice-Dolní Lutyně ($3,1 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$; Obr. IV.2.4).



Obr. IV.2.1 Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu měřené na stanicích imisního monitoringu, 2024



Obr. IV.2.2 Pole roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu, 2024



Obr. IV.2.3 Pětiletý průměr ročních průměrných koncentrací benzo[a]pyrenu, 2020–2024

Nejvyšší roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu jsou dlouhodobě zaznamenávány na všech typech stanic na celém území aglomerace O/K/F-M. Vysoké nadlimitní hodnoty zde souvisejí s nejvyšším emisním zatížením v rámci ČR pocházejícím z různých typů zdrojů, a rovněž s vlivem přeshraničního přenosu z Polska. V oblasti se nachází významné emisní zdroje benzo[a]pyrenu, například OKK Koksovný, a. s. v Ostravě-Přívově, Koksovna Třinec a areál hutního podniku Liberty Ostrava a. s., který začal na konci září 2023 postupně omezovat svou prvovýrobu, přičemž provoz byl zcela ukončen koncem prosince 2023. V souvislosti s tímto ukončením hutní prvovýroby došlo v roce 2024 k výraznému meziročnímu poklesu roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na průmyslové stanici Ostrava-Radvanice ZÚ – z $5,2 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ v roce 2023 na $1,6 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ v roce 2024 (Příloha II). Na této stanici bylo v minulých letech pravidelně dosahováno nejvyšších hodnot ročních koncentrací benzo[a]pyrenu. Mimo oblast Moravskoslezského kraje byly nadlimitní koncentrace benzo[a]pyrenu tradičně zaznamenány na stanicích Valašské Meziříčí a Kladno-Švermov.

Na části nově proměřených lokalit, zaměřených na znečištění ovzduší pocházejícího převážně z lokálního vytápění (tzv. vesnické hotspoty), byly zjištěny nadlimitní koncentrace benzo[a]pyrenu v obcích Bavorov ($2 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$), Dobříš ($1,4 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$), Děčín ($1,3 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$), Letohrad ($1,3 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$), Třešť ($1,2 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$), Staňkov ($1,1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) a Broumov ($1,1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$). Naměřené hodnoty potvrdily negativní dopad vytápění domácností, zejména spalování uhlí v zastaralých typech kotlů, na kvalitu ovzduší v daných lokalitách.

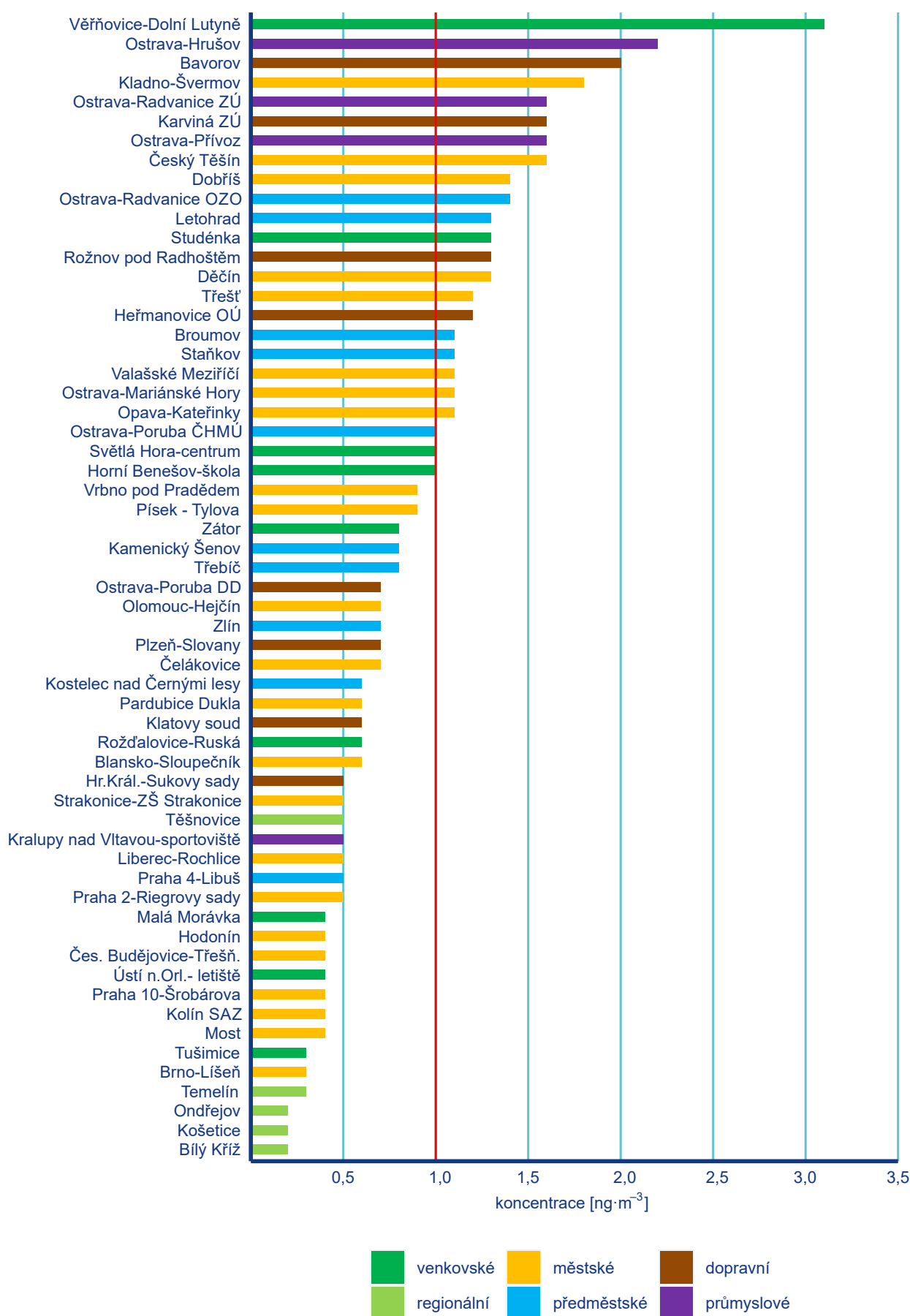
Podlimitní hodnoty koncentrací benzo[a]pyrenu jsou zaznamenávány v centrech velkých měst (Praha, Brno, Plzeň) mimo zástavbu rodinných domů, tedy v místech s vysokým podílem dálkového centrálního vytápění. Nejnižší průměrná roční koncentrace benzo[a]pyrenu byla naměřena na regionálních venkovských stanicích Bílý Kříž, Ondřejov a Košetice ($0,2 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$). Regionální lokality nejsou přímo ovlivněny místními emisními zdroji, ale jsou ovlivňovány pouze dálkovým transportem znečišťujících látek v kombinaci s meteorologickými a rozptylovými podmínkami. Podobně nízké koncentrace benzo[a]pyrenu lze tedy očekávat v místech vzdálených od přímého působení emisních zdrojů a na době provětrávaných lokalitách (např. přírodní horské oblasti).

Koncentrace benzo[a]pyrenu vykazují výrazný roční chod s nejvyššími hodnotami v zimním období (Obr. IV.2.5, Obr. IV.2.6). Důvodem vysokých koncentrací benzo[a]pyrenu v chladné části roku jsou emise ze sezonních antropogenních zdrojů – z lokálních topenišť, které jsou navíc umocněny působením nepříznivých meteorologických podmínek v tomto období. Roční chod měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu jasně kopíruje působení emisí z lokálního vytápění, jejichž míru (nebo intenzitu) ovlivňuje počet dnů otopného období, který určuje spotřebu paliv. Na hodnotu roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu, která má stanovený imisní limit, mají zásadní vliv úrovně koncentrací v měsících během chladného období roku, jelikož v letních měsících jsou koncentrace benzo[a]pyrenu minimální a často se pohybují na úrovni detekčního limitu. V letním období dochází k poklesu koncentrací díky zlepšení rozptylových podmínek, zvýšení chemického a fotochemického rozkladu PAH za vyšší intenzity slunečního záření

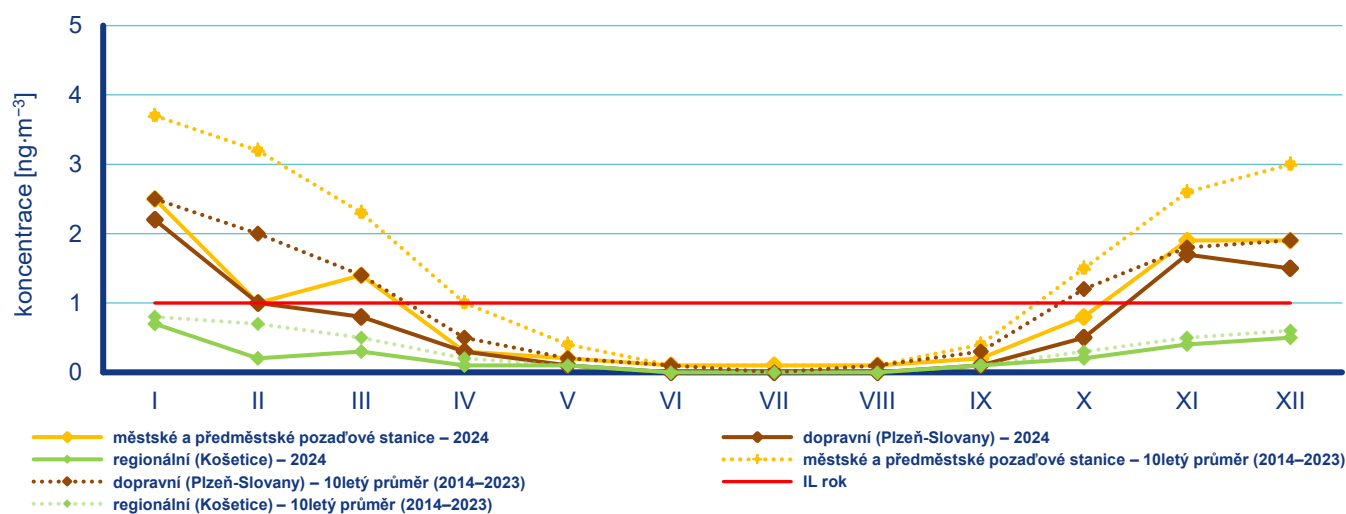
a vysokých teplot a samozřejmě hlavně díky razantnímu poklesu emisí z antropogenních zdrojů (Li et al. 2009; Ludykar et al. 1999; Teixeira et al. 2012). V roce 2024 byly nejvyšší měsíční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na městských a předměstských lokalitách zaznamenány v lednu a v prosinci (Obr. IV.2.5). Všechny měsíční průměrné koncentrace v chladné části roku byly nižší než desetiletý průměr (2014–2023). Kvalita ovzduší se dlouhodobě zlepšuje díky opatřením, jako je např. výměna kotlů v domácnostech. Výraznější změny koncentrací benzo[a]pyrenu jsou však také ovlivněny působením meteorologických podmínek. Neobvykle teplý únor spojený s nižší potřebou vytápění domácností, a tím menší produkcí emisí z lokálních topenišť, spolu s vyšším množstvím srážek a občasným silným větrem, vedl k velmi nízkým průměrným měsíčním koncentracím benzo[a]pyrenu, které za běžných meteorologických podmínek bývají v tomto období jedny z nejvyšších. Rozdíl únorové měsíční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na městských a předměstských stanicích oproti desetiletému průměru (2014–2023) byl značný, a to o $2,2 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ (69 %) nižší. Roční chod měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu na regionální stanici Košetice je podobný jako na předměstských a městských stanicích, avšak s výrazně nižšími hodnotami koncentrací benzo[a]pyrenu.

Na Obr. IV.2.6 je znázorněn roční průběh průměrných měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu na průmyslových stanicích Ostrava-Přívaz a Ostrava-Radvanice ZÚ a pro porovnání také na předměstské pozadové stanici Ostrava-Poruba ČHMÚ. Na všech třech stanicích byly měsíční koncentrace benzo[a]pyrenu oproti dlouhodobému průměru (2014–2023) ve všech měsících nižší vyjma prosincových koncentrací na stanici Ostrava-Přívaz. Obzvláště výrazný propad byl zaznamenán na průmyslové stanici Ostrava-Radvanice ZÚ v souvislosti s ukončením prvovýroby hutního podniku Liberty Ostrava a. s. (Příloha II). V letních měsících zde koncentrace poklesly na úroveň pozadových hodnot a již nebyly zaznamenány zvýšené koncentrace benzo[a]pyrenu spojené s průmyslovými emisemi, jak tomu bylo v předchozích letech. Během topné sezony dosáhla průměrná měsíční koncentrace benzo[a]pyrenu na této stanici svého maxima v lednu, kdy byla nejvyšší ze všech sledovaných stanic. V dalších měsících však hodnoty výrazně poklesly hluboko pod dlouhodobý průměr a byly srovnatelné s ostatními stanicemi. Ve srovnání s desetiletým průměrem z let 2014–2023 byly koncentrace benzo[a]pyrenu na stanici Ostrava-Radvanice ZÚ výrazně nižší, a to o $2,1$ až $12,1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$, což v relativním vyjádření představuje snížení o 65 % až 96 %.

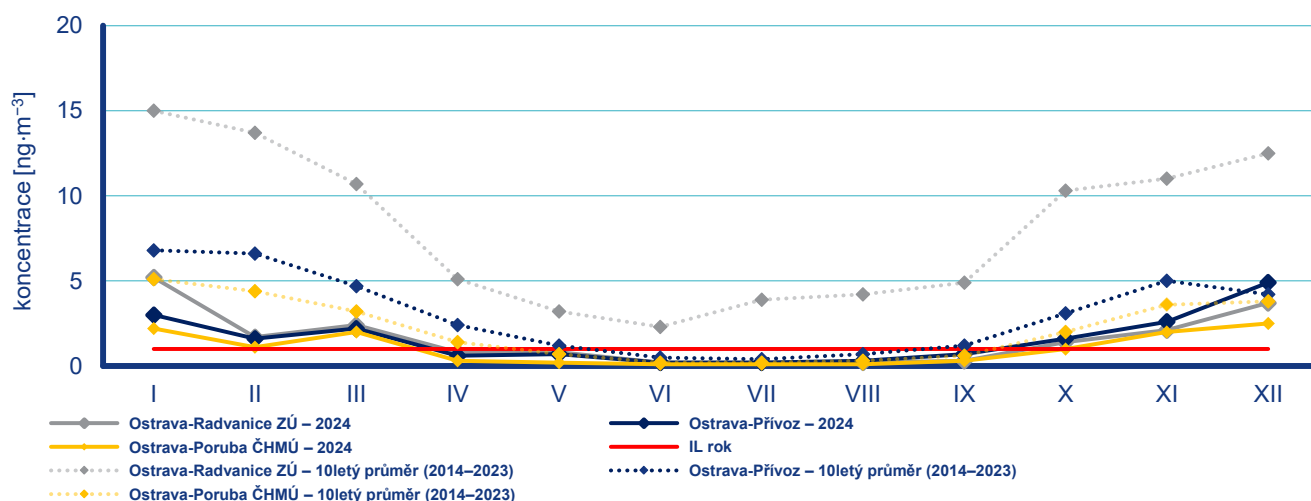
Je třeba mít na zřeteli, že odhad polí ročních průměrných koncentrací benzo[a]pyrenu (Obr. IV.2.2) je zatížen určitými nejistotami. Na nejistotě mapy se podílí mj. omezený počet měření na venkovských regionálních stanicích a absence rozsáhlejších měření v malých sídlech ČR, která by z hlediska znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem reprezentovala zásadní vliv lokálních topenišť. ČHMÚ proto využívá tzv. systém rotujících stanic, který umožňuje proměřit více lokalit během několika let. Větší nejistotou je zatížení proto i posuzování meziroční změny podílu zasaženého území a obyvatel vystavených nadlimitním koncentracím benzo[a]pyrenu. Počet stanic s měřením benzo[a]pyrenu je limitován zejména vysokými náklady na laboratorní analýzy a kapacitou laboratoří pro zpracování vzorků benzo[a]pyrenu. Nejistoty map jsou podrobně popsány v Příloze I.



Obr. IV.2.4 Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na měřicích stanicích, 2024



Obr. IV.2.5 Roční chod průměrných měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu (průměry pro daný typ stanice), 2024 a v průměru let 2013–2023



Obr. IV.2.6 Roční chod průměrných měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu na stanicích Ostrava-Radvanice, Ostrava-Přívaz a Ostrava-Poruba ČHMÚ, 2024 a v průměru let 2014–2023

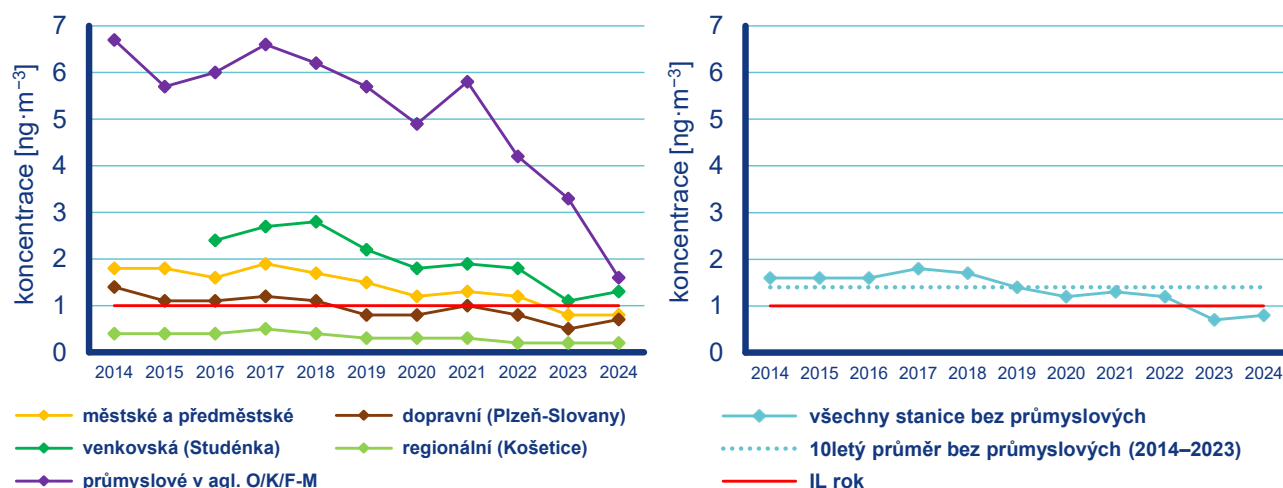
IV.2.2 Vývoj koncentrací benzo[a]pyrenu

Vývoj průměrných ročních koncentrací benzo[a]pyrenu na jednotlivých typech stanic a v průměru pro všechny stanice vyjma průmyslových je hodnocen za období posledních 11 let, tj. 2014–2024 (Obr. IV.2.7). Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu v hodnoceném období 2014–2024 vykazují výrazný pokles na průmyslových stanicích v aglomeraci O/K/F-M a pozvolný pokles na ostatních typech stanic. Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na průmyslových stanicích byly po většinu sledovaného období výrazně vyšší a často několikanásobně překračovaly imisní limit. Od roku 2021 koncentrace

na průmyslových stanicích začaly výrazně klesat a v roce 2024 dosáhly téměř obdobných hodnot jako na pozadíových stanicích. Pokles souvisí s postupným ukončením prvovýroby v areálu hutního podniku Liberty Ostrava a.s. Průměrná roční koncentrace benzo[a]pyrenu v ovzduší v průměru pro všechny stanice vyjma průmyslových v roce 2024 nepatrně stoupla, byla ovšem téměř o polovinu nižší v porovnání s desetiletým průměrem 2014–2023. Ke zlepšení kvality ovzduší přispívají realizovaná opatření na všech typech zdrojů, zejména ovšem obnova kotlů v domácnostech a přechod domácností na vytápění alternativními způsoby (Novák V., Plachá H. (eds.) 2023). Zákaz provozu kotlů na tuhá paliva emisní třídy 1 nebo 2 (tzv. neekologických kotlů) s platností od 1. září 2024 a energetická krize usměrňují pořízení nových alternativních zdrojů tepla v domácnostech. K nižší úrovni znečištění ovzduší přispěly také meteorologické podmínky

v zimních měsících – zejména v únoru – kdy byly zaznamenány nadprůměrné teploty, vyšší úhrny srážek a příznivé rozptylové podmínky. Teplejší zimy a pokračující zateplování obytných budov vedou ke snižování spotřeby paliv, a tím i ke snižování emisí z lokálního vytápění. V ostravském regionu se navíc významně projevil vliv ukončení prvovýroby ve společnosti Liberty Ostrava a. s., stejně jako pokles přeshraničního znečištění z Polska, kde obdobně jako v ČR probíhají opatření směřující ke zlepšení kvality ovzduší (ČHMÚ 2025i).

Průměrné roční koncentrace benzo[a]pyrenu na stanicích během hodnoceného období kolísaly. V oblastech největšího imisního zatížení (aglomerace O/K/F-M a Kladensko) byl zaznamenán jejich pokles (Obr. IV.2.8). V meziročním srovnání 2023/2024 koncentrace benzo[a]pyrenu na většině stanic s dostupnými daty pro oba roky nepatrně stouply. Výjimkami jsou již zmíněná stanice Ostrava-Radvanice ZÚ a blízká stanice Ostrava-Radvanice OZO, kde rovněž došlo k výraznému poklesu koncentrací benzo[a]pyrenu.



Obr. IV.2.7 Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na jednotlivých typech stanic, 2014–2024



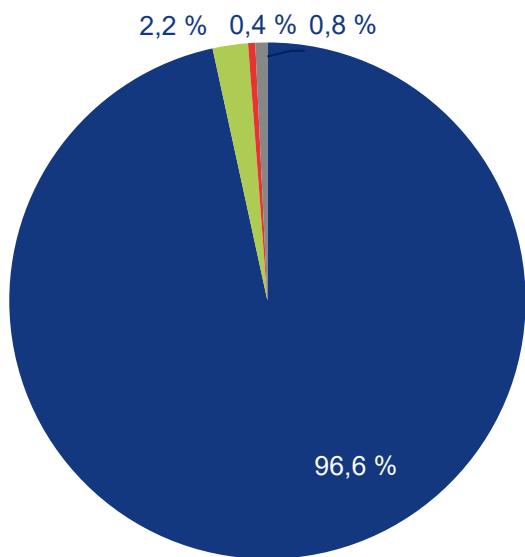
Obr. IV.2.8 Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na vybraných stanicích, 2014–2024

IV.2.3 Emise benzo[a]pyrenu

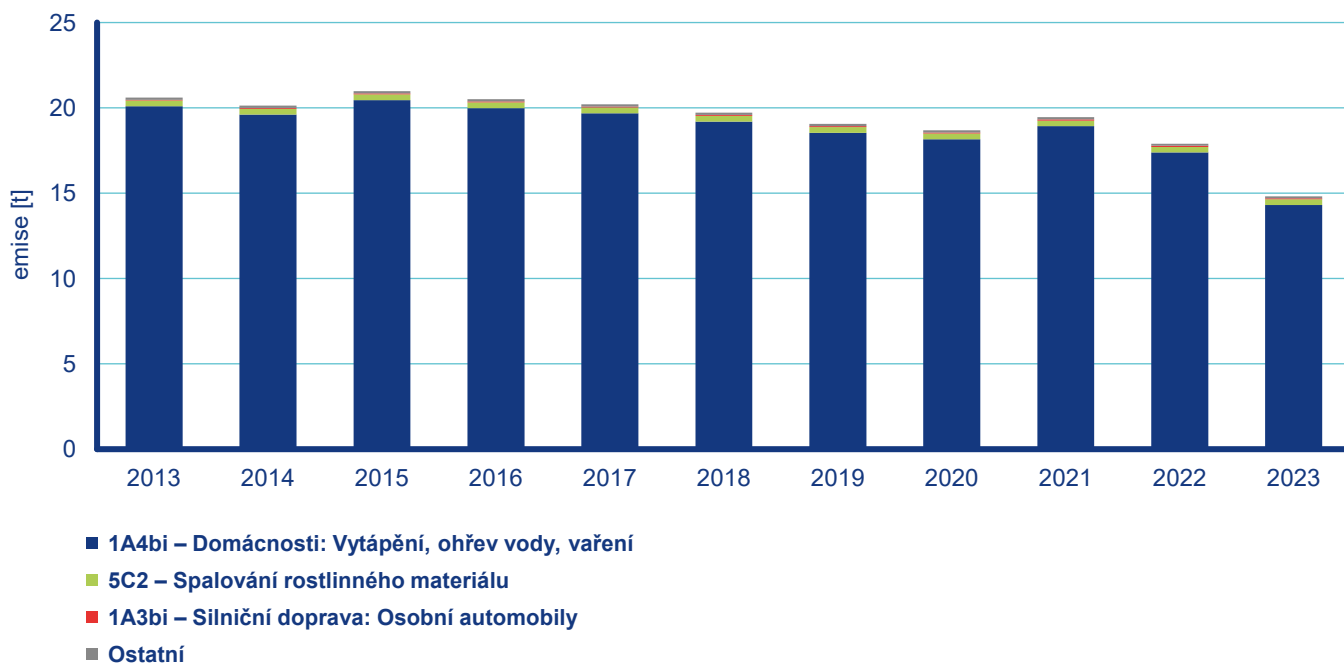
Emise PAH, z nichž je v rámci hodnocení kvality ovzduší sledován zejména benzo[a]pyren, jsou produkovány téměř výhradně spalovacími procesy, při nichž dochází k nedostatečné oxidaci přítomných organických látek. Benzo[a]pyren je produktem nedokonalého spalování při teplotách 300 až 600 °C. Jednoznačně nejvýznamnější skupinou zdrojů je proto spalování pevných

paliv v kotlích nižších výkonů, především v domácích topeništích (sektor 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření Obr. IV.2.9), které se podle modelového výpočtu podílelo 96,6 % na celkové produkci benzo[a]pyrenu v roce 2023 (ČHMÚ 2024f). Dalším významnějším zdrojem je spalování rostlinného materiálu (NFR 5C2), které se podílelo v roce 2023 na celkových emisích 2,2 %. Vliv dopravy se uplatňuje především podél dálnic, komunikací s intenzivní dopravou a na území větších městských celků. Emise benzo[a]pyrenu z průmyslových zdrojů, především z koksoven, sice nepředstavují významný podíl na celkových emisích, ale v lokálním měřítku mohou i s ohledem na celoroční provoz zásadně ovlivňovat kvalitu ovzduší. Vývoj celkových emisí v letech 2013–2023 (Obr. IV.2.10) souvisí především se spotřebou pevných paliv v domácnostech, závislou na konkrétních teplotních podmínkách. Na snížení emisí v posledních letech se podílí také výměna starších kotlů a přechod na neemisní zdroje, zejména tepelná čerpadla. Počty prodaných nových kotlů a tepelných čerpadel kulminovaly právě v roce 2023, což se promítlo i do výrazného poklesu odhadovaných emisí.

Vzhledem k dominantnímu podílu sektoru 1A4bi jsou emise benzo[a]pyrenu rozloženy na území obydlené zástavby celé ČR. Největšími emisemi benzo[a]pyrenu je zatížena aglomerace O/K/F-M. Důvodem je především vysoká hustota osídlení, vyšší podíl spalování černého uhlí v domácnostech v kotlích prohořívacího typu a rovněž hutní průmysl a výroba koksu.



Obr. IV.2.9 Podíl sektorů NFR na celkových emisích benzo[a]pyrenu, 2023



Obr. IV.2.10 Vývoj celkových emisí benzo[a]pyrenu, 2013–2023