

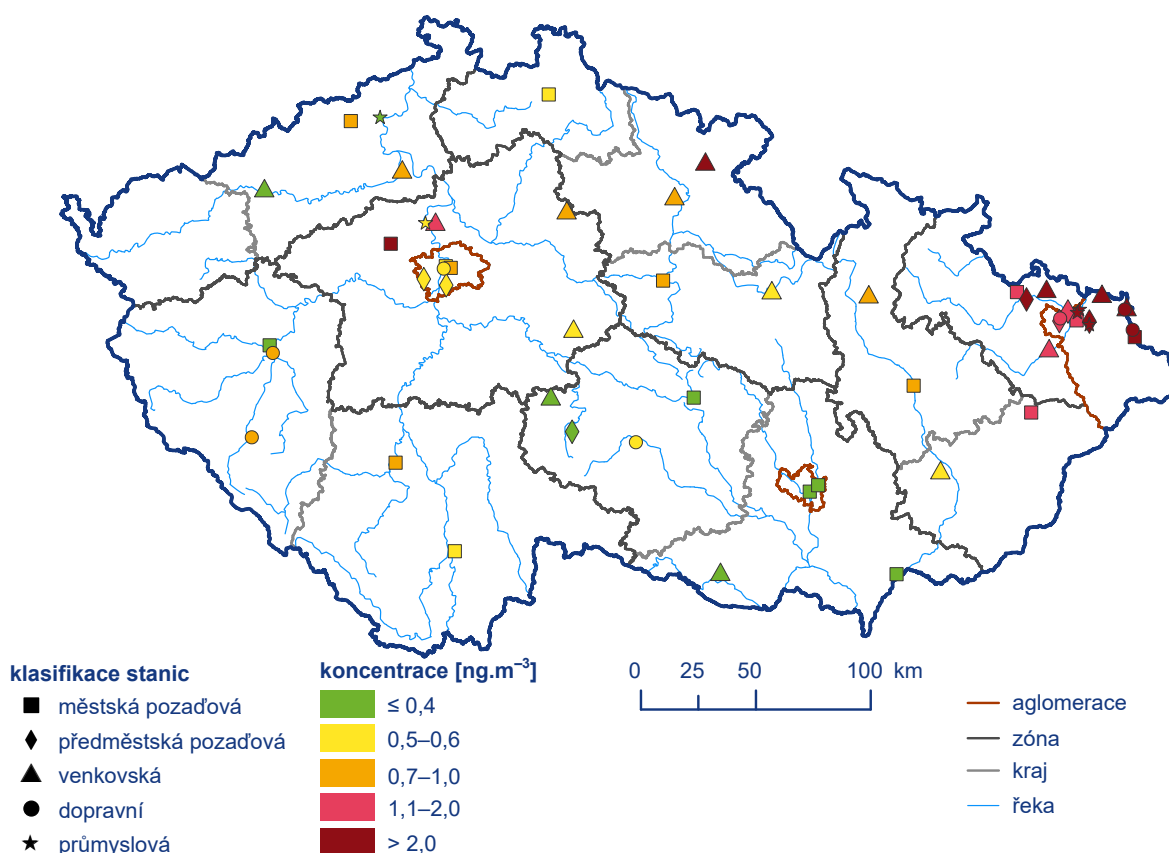
## IV.2 Benzo[a]pyren

### IV.2.1 Znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem v roce 2020

Znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem patří k hlavním problémům kvality ovzduší v ČR. V roce 2020 překročily roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu imisní limit ( $1 \text{ ng.m}^{-3}$ ) na 40% stanic (tj. na 21 z celkového počtu 53 stanic s dostatečným počtem naměřených dat pro hodnocení; Obr. IV.2.1). V roce 2020 se opět zmenšila plocha s nadlimitními koncentracemi benzo[a]pyrenu a imisní limit byl překročen na 4,6% plochy území ČR (v roce 2019 na 8,4% plochy území ČR) s cca 19% obyvatel ČR (v roce 2019 přibližně 27,5%) (Obr. IV.2.2). K největšímu úbytku plochy, na které došlo k překročení imisního limitu benzo[a]pyrenu oproti předchozímu roku 2019, došlo na území Zlínského a Olomouckého kraje. Nicméně řada měst a obcí byla vyhodnocena, stejně jako v předchozích letech, jako území s překročeným imisním limitem. Nejvíce zatíženými oblastmi s nejvyššími hodnotami koncentrací benzo[a]pyrenu z dlouhodobého hlediska zůstávají kraje Moravskoslezský, Zlínský a Olomoucký (Obr. IV.2.3).

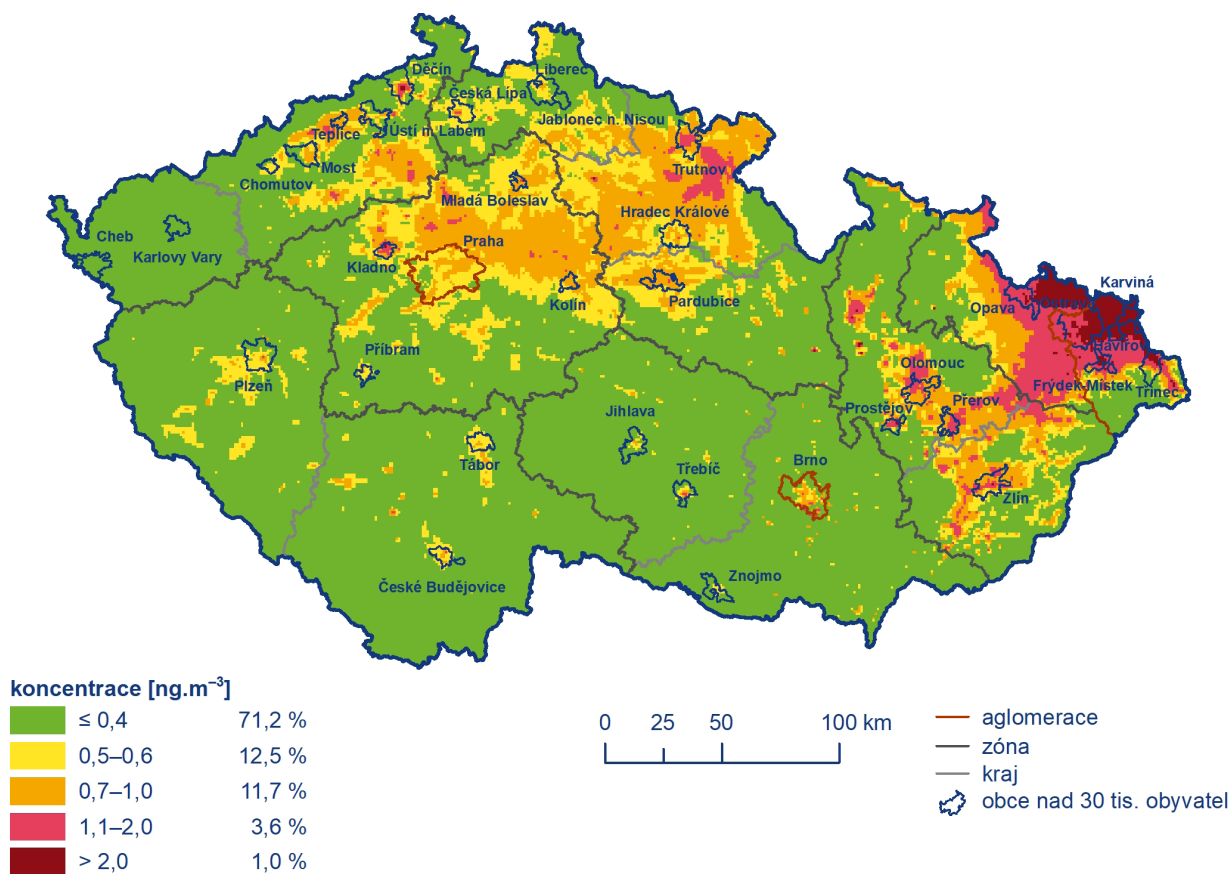
Nejvyšší roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu jsou dlouhodobě zaznamenávány na celém území aglomerace O/K/F-M (Obr. IV.2.4)

v důsledku nejvyššího emisního zatížení v rámci ČR (z různých typů zdrojů) a vlivu přeshraničního přenosu z Polska. Stejně jako v minulých letech i v roce 2020 byla nejvyšší hodnota roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu ( $7,7 \text{ ng.m}^{-3}$ ) zaznamenána na průmyslové stanici Ostrava-Radvanice ZÚ, hodnota imisního limitu zde byla překročena více než sedminásobně. Kromě každoročního měření benzo[a]pyrenu na stanicích státního imisního monitoringu jsou v této oblasti také proměřovány další lokality s využitím dotace z rozpočtu Moravskoslezského kraje. V roce 2020 bylo sledováno znečištění ovzduší v obcích Mizerov, Věřňovice<sup>1</sup>, Chotěbuz, Ostrava-Hošťálkovic a Opava-Komárov, kde byly zjištěny nadlimitní koncentrace benzo[a]pyrenu, v některých případech i jedny z nejvyšších v ČR (Věřňovice, Mizerov a Chotěbuz). V roce 2020 bylo provedeno také celoroční měření benzo[a]pyrenu v obci Bolatice v rámci výzkumných činností ČHMÚ, kde byla naměřena třetí nejvyšší roční průměrná koncentrace benzo[a]pyrenu v ČR. Výsledky naměřené na zmíněných lokalitách Moravskoslezského kraje v roce 2020 potvrdily modelové údaje o plošném rozložení koncentrací suspendovaných částic a benzo[a]pyrenu v oblasti česko-polské hranice. Zvláště v případě koncentrací benzo[a]pyrenu v zájmové příhraniční česko-polské oblasti dominuje znečištění na přilehlé polské části území jižního Slezska. Vliv přeshraničního přenosu znečištění se nejvýrazněji projevuje v koncentračních úrovních měřených v údolních lokalitách pohraničních řek, které jsou srovnatelné s průmyslovými lokalitami v Ostravě. Koncentrační gradient mezi polskými a českými lokalitami situaci jasně dokumentuje zpráva ČHMÚ o měření ve zmíněné oblasti.

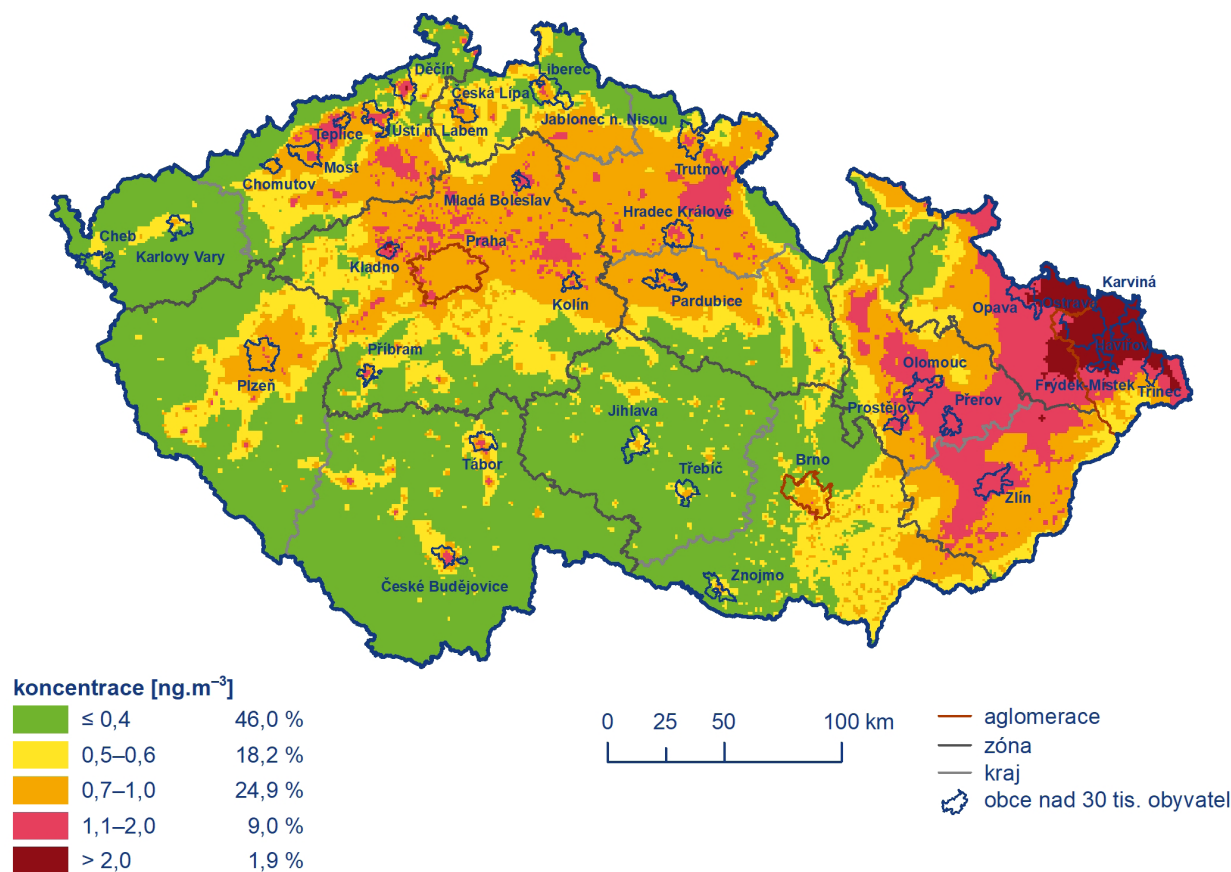


**Obr. IV.2.1** Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu měřené na stanicích imisního monitoringu, 2020

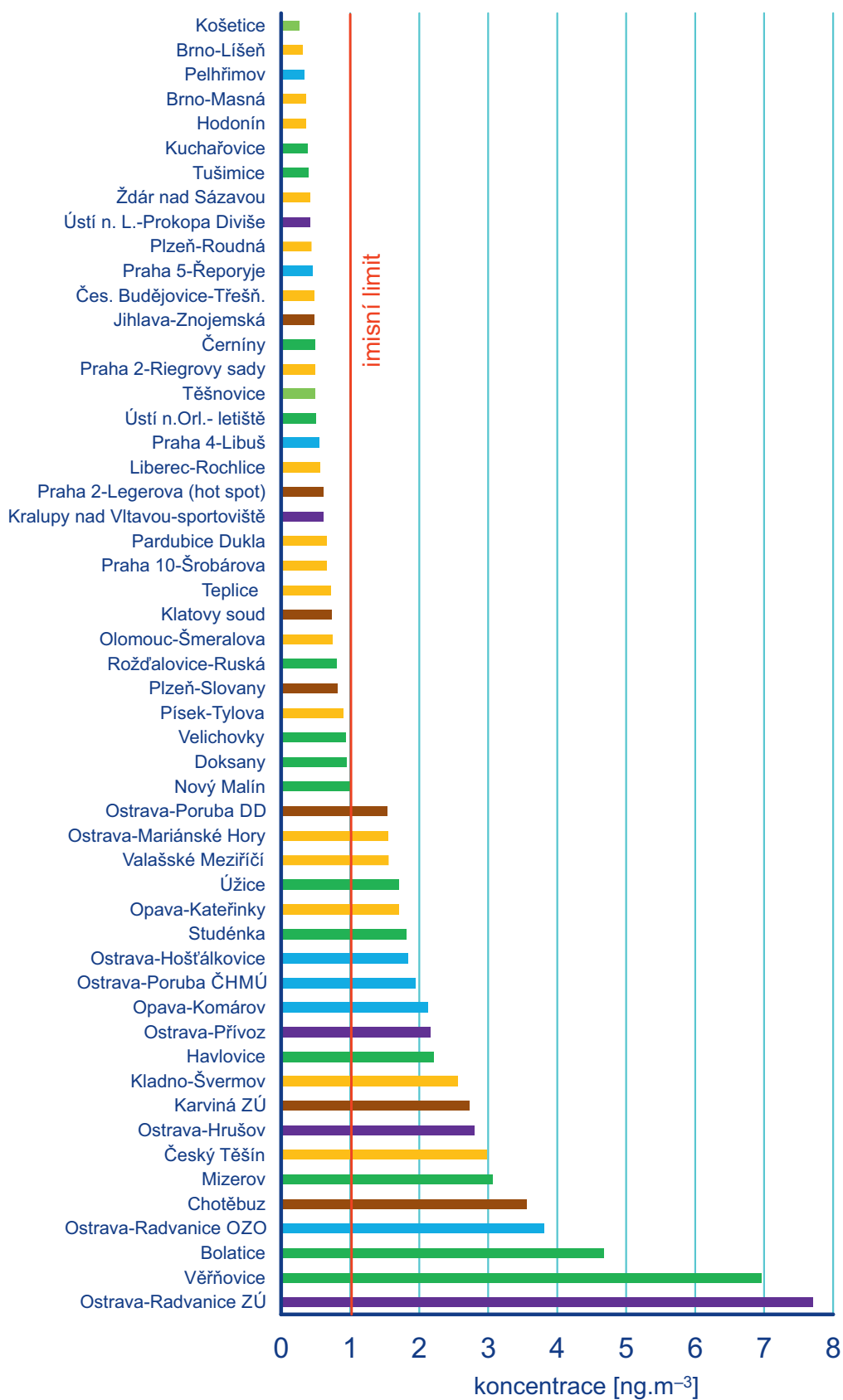
1 [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/OCO/prehledy/mizerov\\_vernovice/prhl\\_kraj12.htm](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/OCO/prehledy/mizerov_vernovice/prhl_kraj12.htm)



Obr. IV.2.2 Pole roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu, 2020



Obr. IV.2.3 Pětiletý průměr ročních průměrných koncentrací benzo[a]pyrenu, 2016–2020



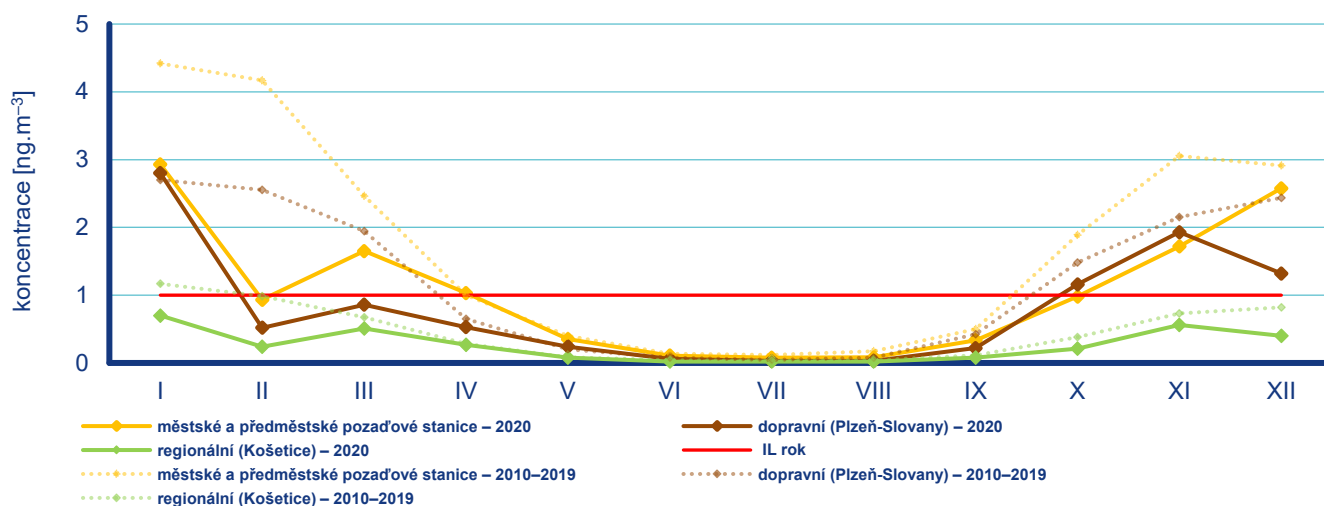
■ regionální ■ venkovské ■ městské ■ předměstské ■ průmyslové ■ dopravní

Obr. IV.2.4 Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na měřicích stanicích, 2020

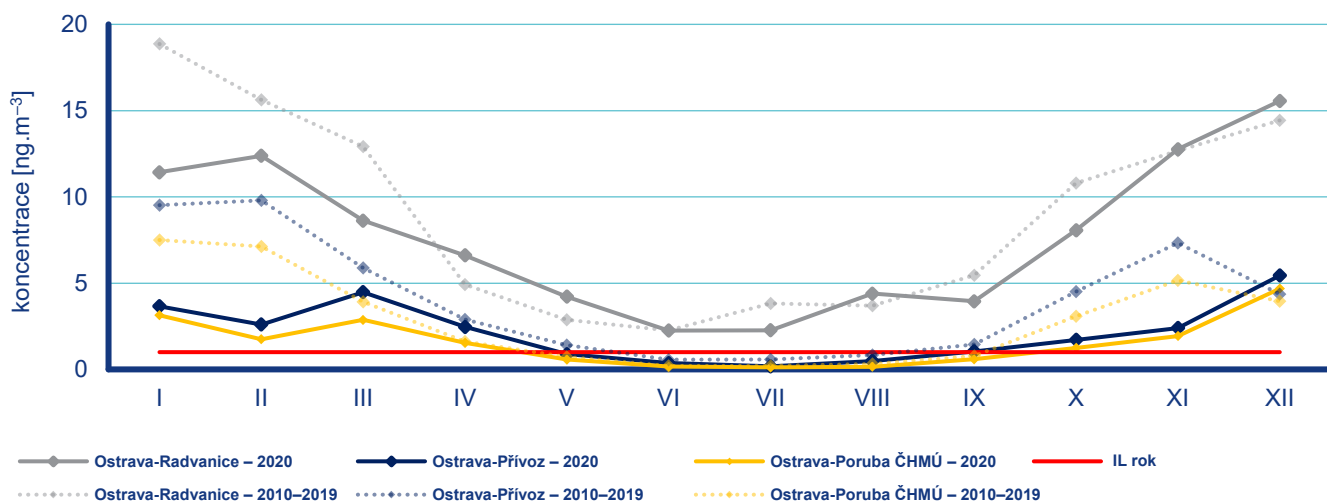
Mimo aglomeraci O/K/F-M jsou ve spojitosti s hustou zástavbou rodinných domů s lokálními topeništi v okolí měřicí stanice zaznamenávány vyšší koncentrace benzo[a]pyrenu na Kladensku (městská stanice Kladno-Švermov). Nadlimitní hodnoty lze očekávat i v dalších obcích s vyšším podílem vytápění domácností pevnými palivy, kde se benzo[a]pyren rutinně neměří. Toto dokládá např. měření benzo[a]pyrenu v Havlovicích v Královéhradeckém kraji s roční průměrnou koncentrací benzo[a]pyrenu  $2,2 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ , která je více než dvakrát vyšší než imisní limit. Naopak nižší roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu jsou zaznamenávány v Jihomoravském kraji a v kraji Vysočina. Podlimitní hodnoty koncentrací benzo[a]pyrenu jsou měřeny i ve velkých městech (Praha, Brno, Plzeň, České Budějovice), tedy ve městech s vysokým podílem dálkového centrálního vytápění. Nejnižší průměrné roční koncentrace benzo[a]pyrenu byly naměřeny na regionální stanici Košetice ( $0,3 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ ), která monitoruje pozadové koncentrace znečišťujících látek v ČR. Regionální lokality nejsou přímo ovlivněny místními emisními zdroji, ale jsou ovlivňovány

pouze dálkovým transportem znečišťujících látek v kombinaci s meteorologickými a rozptylovými podmínkami. Nízké koncentrace benzo[a]pyrenu lze tedy očekávat i v místech vzdálených od přímého působení emisních zdrojů a na dobře provětrávaných lokalitách (přírodní horské oblasti).

Je třeba mít na zřeteli, že odhad polí ročních průměrných koncentrací benzo[a]pyrenu (Obr. IV.2.2) je zatížen výrazně většími nejistotami ve srovnání s ostatními mapovanými látkami. 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. Toto se ČHMÚ snaží nahradit metodou rotujících stanic, která umožní proměřit více lokalit v období několika let. Větší nejistotou je zatíženo 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 ka-



Obr. IV.2.5 Roční chod průměrných měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu (průměry pro daný typ stanice), 2020 a v průměru let 2010–2019



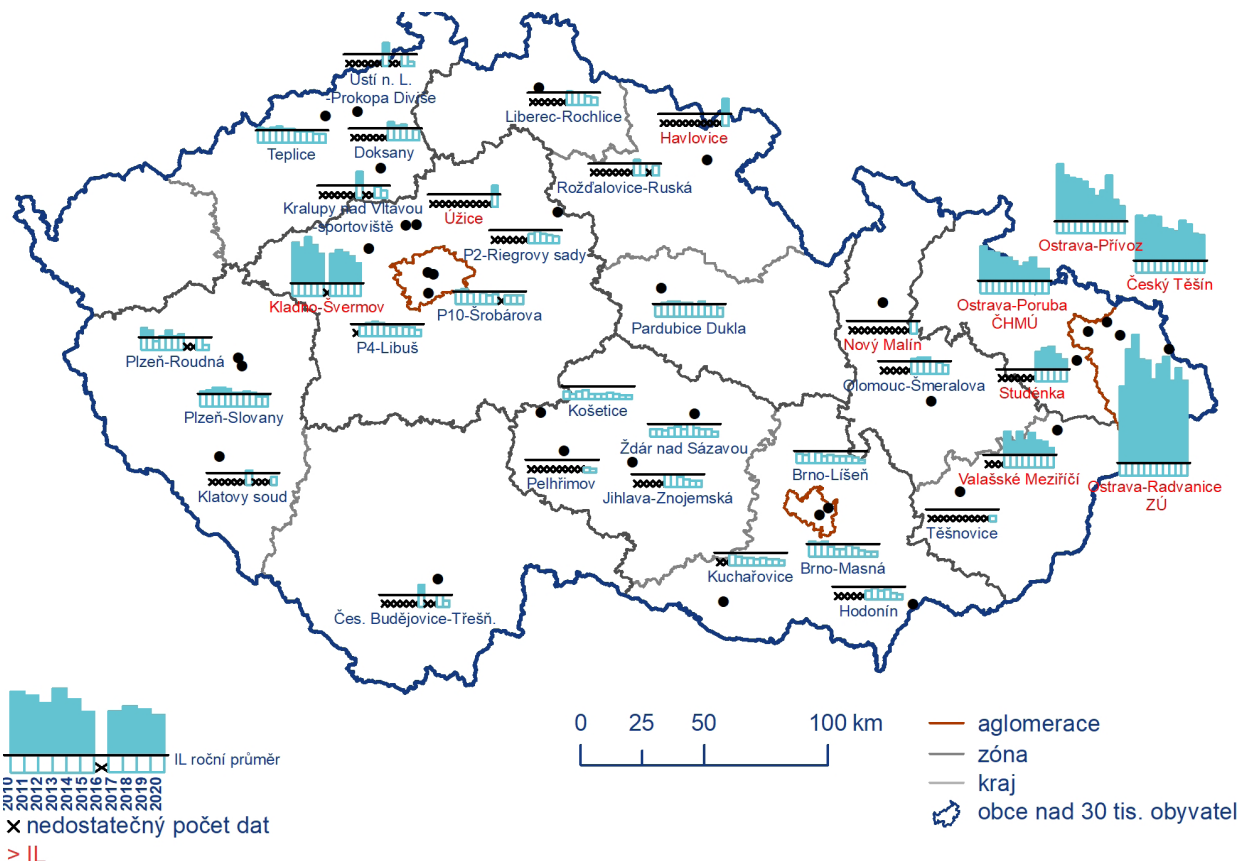
Obr. IV.2.6 Roční chod průměrných měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu na stanicích Ostrava-Radvanice, Ostrava-Přívov a Ostrava-Poruba ČHMÚ, 2020 a v průměru let 2010–2019

pacitou laboratoří pro zpracování vzorků benzo[a]pyrenu. Nejistoty map jsou podrobně popsány v Příloze I.

Koncentrace benzo[a]pyrenu vykazují výrazný roční chod (Obr. IV.2.5, Obr. IV.2.6) s maximy v zimním období, které souvisejí s emisemi ze sezonních antropogenních zdrojů – z lokálních topenišť (tj. nejvýznamnějšího zdroje emisí benzo[a]pyrenu; Obr. IV.2.9) a se zhoršenými rozptylovými podmínkami. Roční chod měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu jasně kopíruje působení emisí z lokálního vytápění, jejichž míru (nebo intenzitu) ovlivňuje počet topných dnů během topné sezony, který určuje spotřebu paliva a lze ho vyjádřit pomocí tzv. denostupňů. Na hodnotu roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na všech stanicích vyjma průmyslových stanic v aglomeraci O/K/F-M, 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. 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 poklesu emisí z antropogenních zdrojů (Li et al. 2009; Ludykar et al. 1999; Teixeira et al. 2012). Na základě porovnání měsíčních průměrů koncentrací benzo[a]pyrenu s desetiletým průměrem 2010–2019 lze říci, že průměrné měsíční koncentrace na městských a předměstských pozadových stanicích byly v roce 2020 nižší ve všech měsících roku (Obr. IV.2.5). Výrazný pokles koncentrací benzo[a]pyrenu (téměř o 3,2 ng.m<sup>-3</sup>, tj.

o 80% oproti desetiletému průměru 2010–2019) na městských a předměstských pozadových stanicích byl zaznamenán v únoru, a to díky atypickým meteorologickým a rozptylovým podmínkám v tomto měsíci. Výrazně zlepšené rozptylové podmínky, mimořádně nadprůměrné teploty a nadnormální výskyt srážek tvoří kombinaci tří zásadních faktorů silně snižující úroveň polutantů v ovzduší. Výrazně nižší měsíční koncentrace benzo[a]pyrenu oproti dlouhodobému průměru byly zaznamenány i v měsících lednu (1,5 ng.m<sup>-3</sup>, tj. 34%), říjnu (0,9 ng.m<sup>-3</sup>, tj. 48%) a listopadu (1,3 ng.m<sup>-3</sup>, tj. 44%). Měsíční koncentrace benzo[a]pyrenu v prosinci na pozadových stanicích byla nižší pouze o 0,3 ng.m<sup>-3</sup> (cca 12%), a to zejména kvůli zvýšeným měsíčním hodnotám benzo[a]pyrenu na stanicích v aglomeraci O/K/F-M (Obr. IV.2.6). Roční chod měsíčních koncentrací na regionální stanici Košetice je podobný jako na předměstských a městských stanicích, ale s výrazně nižšími hodnotami koncentrací benzo[a]pyrenu.

Na Obr. IV.2.6 je znázorněn roční chod průměrných měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu na průmyslových stanicích Ostrava-Přívoz a Ostrava-Radvanice ZÚ, kde se kromě přeshraničního přenosu znečištění z Polska, typického pro celou oblast Ostravsko-Karvinska, projevuje enormní emisní zátěž z kombinace emisních zdrojů pocházejících z lokálního vytápění a z průmyslu. Pro porovnání je v grafu také uvedena pozadová městská stanice Ostrava-Poruba ČHMÚ, která monitoruje úrovně pozadových koncentrací ve městě Ostrava. Na stanici Ostrava-Přívoz byl zaznamenán výrazný propad měsíčních koncentrací v zimních



Obr. IV.2.7 Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na vybraných stanicích, 2010–2020



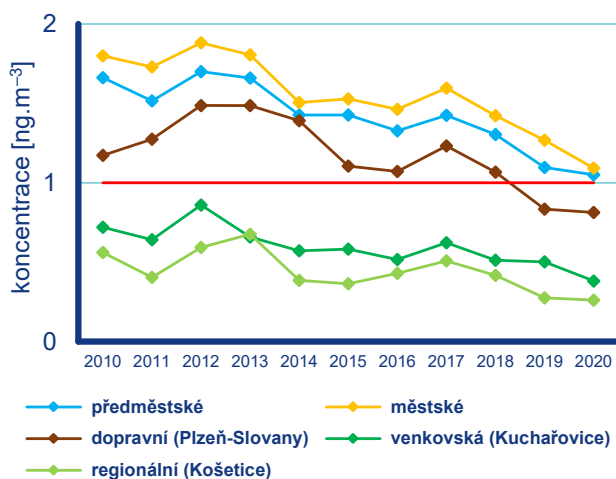
měsících na počátku roku oproti dlouhodobému průměru a měsíční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu zde byly ve všech měsících, vyjma prosince, nižší. Oproti městské pozadové stanici Ostrava-Poruba ČHMÚ jsou hodnoty na stanici Ostrava-Přívov nepatrně vyšší, nicméně roční chod je na obou stanicích obdobný. Hodnoty měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu na stanici Ostrava-Radvanice ZÚ jsou několikanásobně vyšší než na stanici Ostrava-Přívov i Ostrava-Poruba ČHMÚ a oproti dlouhodobému průměru 2010–2019 kolísají. Největší pokles koncentrací benzo[a]pyrenu oproti dlouhodobému průměru 2010–2019 na stanici Ostrava-Radvanice ZÚ byl zaznamenán v lednu ( $7,4 \text{ ng.m}^{-3}$ , tj. o 39 % nižší), v únoru byl pokles méně výrazný oproti jiným stanicím ( $3,3 \text{ ng.m}^{-3}$ , tj. 21 %) a v březnu ( $4,3 \text{ ng.m}^{-3}$ , tj. 33 %). Naopak největší nárůst koncentrací byl zaznamenán v dubnu (o  $1,7 \text{ ng.m}^{-3}$ , tj. 34 %) květnu ( $1,3 \text{ ng.m}^{-3}$ , tj. 46 %).

Koncentrace nad  $1 \text{ ng.m}^{-3}$  se na průmyslových stanicích v aglomeraci O/K/F-M vyskytují v průběhu celého roku, včetně letních měsíců, což dokládá celoroční vliv emisí z průmyslu v těchto oblastech.

V prosinci byly na všech třech zmíněných stanicích v aglomeraci O/K/F-M zaznamenány vyšší průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu oproti dlouhodobému průměru. Na zvýšených koncentracích se pravděpodobně podílela kromě zhoršených rozptylových a meteorologických podmínek i vyšší intenzita vytápění v důsledku setrvání obyvatelstva v domácím prostředí během nouzového stavu (Příloha II.).

## IV.2.2 Vývoj koncentrací benzo[a]pyrenu

Vývoj koncentrací benzo[a]pyrenu na jednotlivých typech stanic je hodnocen za období posledních 11 let, tj. 2010–2020. Průměrné roční koncentrace benzo[a]pyrenu během hodnoceného období kolísají a v oblastech největšího imisního zatížení (Kladensko a aglomerace O/K/F-M) dochází k jejich poklesu (Obr. IV.2.7).

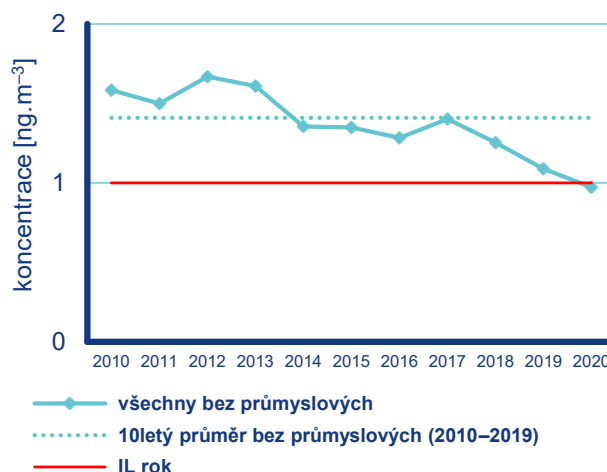


V meziročním srovnání 2019/2020 koncentrace benzo[a]pyrenu poklesly na 24 ze 32 stanic (tj. na 75 %), které měly data pro oba porovnávané roky. Nejvýraznější pokles byl zaznamenán na průmyslové stanici Ostrava-Radvanice ZÚ, a to o  $1 \text{ ng.m}^{-3}$  (13 %), nicméně koncentrace benzo[a]pyrenu zde stále překračují imisní limit téměř sedminásobně. Na žádné stanici nedošlo v roce 2020 k nárůstu roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu.

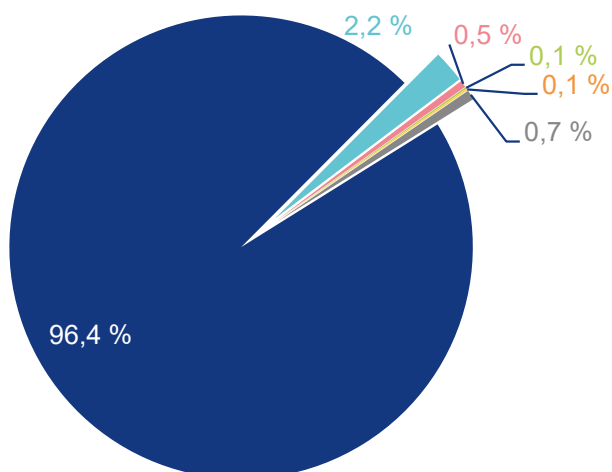
Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na všech typech stanic byly v roce 2020 nejnižší za hodnocené období 2010–2020 (Obr. IV.2.8), nicméně v některých městech zůstávají stále na nadlimitní úrovni. Oproti desetiletému průměru 2010–2019 došlo v roce 2020 k poklesu koncentrací benzo[a]pyrenu na všech typech stanic vyjma stanic průmyslových v průměru o cca 30%. Na většině stanic, kde je benzo[a]pyren dlouhodobě sledován, byly v roce 2020 zaznamenány nejnižší hodnoty průměrných ročních koncentrací za celou dobu měření. Ke zlepšení situace přispěly zejména atypické meteorologické a rozptylové podmínky v únoru, kdy byly zaznamenány nejvýraznější poklesy měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu, a také klesající spotřeba paliv díky rostoucím teplotám v zimních měsících v posledních letech. Na poklesu koncentrací benzo[a]pyrenu se také podílí realizovaná opatření ke zlepšení kvality ovzduší, zejména obnova kotlů v domácnostech. Vyhodnocení vlivu realizovaných opatření je zkoumáno v rámci projektu TITSMZP704 – Měření a analýza znečištění ovzduší s důrazem na vyhodnocení podílu jednotlivých skupin zdrojů – financovaném se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2, jehož výsledky budou k dispozici na konci roku 2021.

## IV.2.3 Emise benzo[a]pyrenu

PAH, z nichž je v oblasti ochrany ovzduší sledován zejména benzo[a]pyren, jsou produkovány téměř výhradně spalovacími procesy, při nichž nedochází k dostatečné oxidaci přítomných organických spalitelných látek. Benzo[a]pyren je produktem nedokonalého spalování při teplotách 300 až 600 °C.



Obr. IV.2.8 Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na jednotlivých typech stanic, 2010–2020

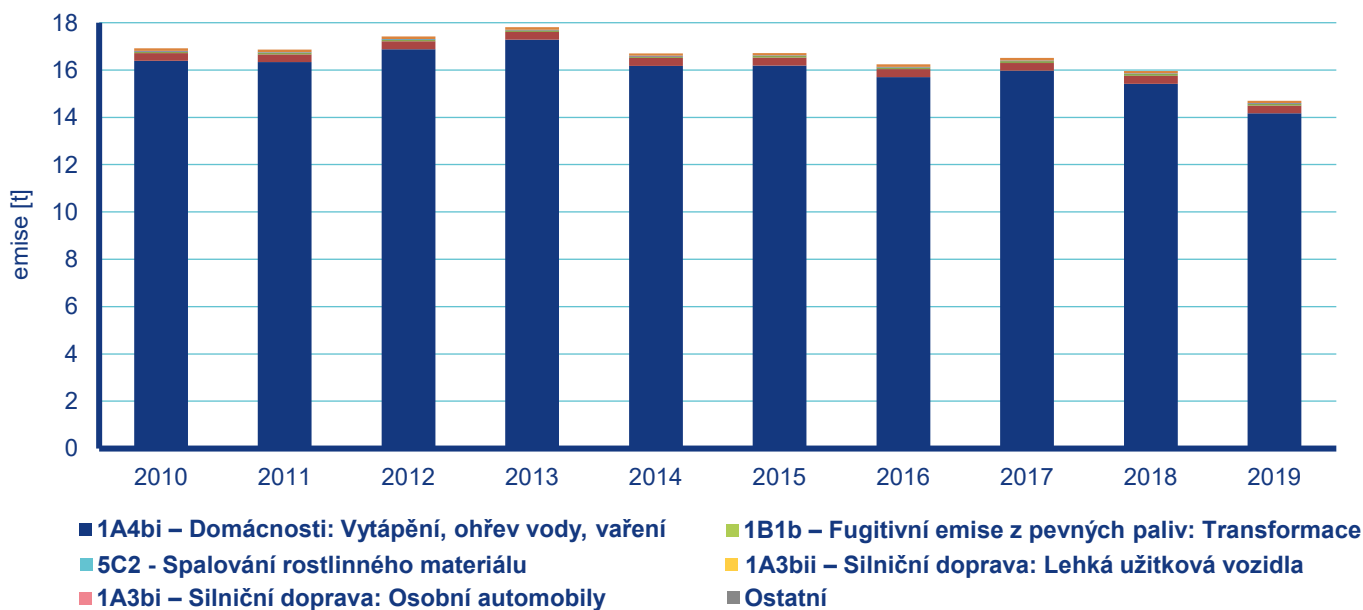


**Obr. IV.2.9 Podíl sektorů NFR na celkových emisích benzo[a]pyrenu, 2019**

Mezi jeho nejvýznamnější zdroje se proto řadí spalování pevných paliv v kotlích nižších výkonů, především v domácích topeništích.

Sektor 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření (Obr. IV.2.9).

Vzhledem k dominantnímu podílu sektoru 1A4bi jsou emise benzo[a]pyrenu rozloženy na území obydlené zástavby celé ČR a jejich množství v období 2010–2019 bylo závislé především na vývoji spotřeby pevných paliv v domácnostech (Obr. IV.2.10). Nově byl pro celé období proveden odhad emisí ze spalování rostlinného materiálu (NFR 5C2), které se podílí v roce 2019 na celkových emisích 2,24 %. Vliv dopravy se uplatňuje především podél dálnic, komunikací s intenzivní dopravou a na území větších městských celků. Největšími emisemi benzo[a]pyrenu je zatížen Moravskoslezský kraj z důvodu vyššího podílu spalování černého uhlí v domácnostech v kotlích prohořivacího typu a rovněž koncentrací hutního průmyslu a výroby koksu.



**Obr. IV.2.10 Celkové emise benzo[a]pyrenu, 2010–2019**