

IV.2 BENZO[A]PYREN

IV.2.1 Znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem v roce 2017

Znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem patří k hlavním problémům zajištění kvality ovzduší v ČR. V roce 2017 překročily roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu imisní limit (1 ng.m^{-3}) na téměř 66 % stanic (tj. na 25 z celkového počtu 38 stanic s dostatečným počtem měření pro hodnocení; obr. IV.2.2). V meziročním srovnání tak došlo k poklesu, neboť v roce 2016 bylo zaznamenáno překročení na 71 % stanic (tj. na 31 z 44 stanic s dostatečným počtem naměřených dat pro hodnocení). Průměrné roční koncentrace v roce 2017 v porovnání s rokem 2016 (hodnoceno na základě souboru stanic, pro které jsou k dispozici data za rok 2016 i 2017) klesly na 36 % stanic. Průměrná roční koncentrace (zprůměrováno pro stejný soubor stanic, na kterých se měřilo v letech 2016 i 2017) byla v roce 2017 nepatrně vyšší ($1,92 \text{ ng.m}^{-3}$) v porovnání s rokem 2016 ($1,84 \text{ ng.m}^{-3}$).

Řada měst a obcí byla vyhodnocena, stejně jako v předchozích letech, jako území s překročeným imisním limitem (obr. IV.2.1). V roce 2017 byl imisní limit překročen na 26,0 % plochy území ČR (v roce 2016 na 25,9 % plochy území ČR) s cca 61,8 % obyvatel ČR (v roce 2016 přibližně 55,7 %).

Je třeba mít na zřeteli, že odhad polí ročních průměrných koncentrací benzo[a]pyrenu (obr. IV.2.1) je zatížen výrazně většími nejistotami ve srovnání s ostatními mapovanými látkami. Na nejistotě mapy se podílí nedostatečný počet měření na venkovských regionálních stanicích i absence rozsáhlejších měření v malých sídlech ČR, která by z hlediska znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem reprezentovala zásadní vliv lokálních topenišť. Větší nejistotou je tedy zatíženo i posuzování meziroční změny podílu zasaženého území a obyvatel nadlimitními koncentracemi benzo[a]pyrenu. Počet lokalit s měřením benzo[a]pyrenu je limitován zejména vysokými náklady na laboratorní analýzy a kapacitou laboratoře pro zpracování vzorků benzo[a]pyrenu. Nejistoty map jsou podrobně popsány v Příloze I.

Nejvyšší roční průměrná koncentrace v roce 2017 byla, podobně jako v předešlých letech, naměřena na průmyslové lokalitě Ostrava-Radvanice ZÚ ($9,6 \text{ ng.m}^{-3}$, což znamená devítinásobné překročení imisního limitu). Nadlimitních koncentrací bylo dosaženo i na dalších dvou průmyslových lokalitách

IV.2 BENZO(A)PYRENE

IV.2.1 Air pollution by benzo[a]pyrene in 2017

Air pollution by benzo[a]pyrene is one of the main problems associated with ensuring air quality in the Czech Republic. In 2017, the annual average concentration of benzo[a]pyrene exceeded the pollution limit value (1 ng.m^{-3}) at almost 66% of stations (i.e. 25 of a total of 38 stations with sufficient number of measurements for evaluation; Fig. IV.2.2). Thus there was an inter-annual decrease, as exceeding of the limit was recorded at 71% of stations in 2016 (i.e. at 31 of 44 stations with sufficient number of stations for evaluation). Compared with 2016, the average annual concentrations in 2017 (evaluated on the basis of a set of stations for which data are available for both 2016 and 2017) decreased at 36% of stations. The average annual concentration (averaged for the same set of stations as those at which measurements were performed in 2016 and 2017) was slightly higher in 2017 (1.92 ng.m^{-3}) compared to 2016 (1.84 ng.m^{-3}).

A number of cities and municipalities, similar to previous years, were evaluated as territories where the pollution limit levels were exceeded (Fig. IV.2.1). In 2017, the pollution limit level was exceeded over 26.0 % of the area of the Czech Republic (in 2016 over 35.9% of the area of the Czech Republic), with approx. 61.8% of the population of the Czech Republic (in 2016 with approx. 55.7%).

It must be borne in mind that the estimate of the fields of annual average concentrations of benzo[a]pyrene (Fig. IV.2.1) is accompanied by considerably greater uncertainties than for the other mapped substances. The uncertainty of the map is a result of the inadequate number of measuring stations and the absence of more extensive measurements in smaller settlements in the Czech Republic where the fundamental effect of local heating plants would be represented in the air pollution by benzo[a]pyrene. Thus assessment of the inter-annual changes in the affected territory and population by above-limit concentrations of benzo[a]pyrene will also be accompanied by a greater error. The number of locations with measurements of benzo[a]pyrene is limited particularly by the high costs for laboratory analyses and a capacity of the laboratory for processing the benzo[a]pyrene samples. The uncertainties in the maps are described in detail in Annex No. 1.

The highest average annual concentration in 2017, similarly as in previous years, was detected at the industrial location of the Ostrava-Radvanice ZÚ (9.6 ng.m^{-3} , which is nine times the pollution limit level. Above-limit concentrations were also attained

a na 59 % městských a předměstských pozadových stanic. Koncentrace benzo[a]pyrenu jsou měřeny na šesti dopravních stanicích, přičemž na pěti z nich byl imisní limit překročen (tab. XIII.6). Překročení imisního limitu benzo[a]pyrenu je na většině stanic dáno víceméně rovnoměrným rozmístěním hlavního emisního zdroje této škodliviny, tj. vytápěním domácností. Nejvyšší koncentrace jsou měřeny, podobně jako u většiny ostatních polutantů, v aglomeraci O/K/F-M v důsledku nejvyššího emisního zatížení v rámci ČR (z různých typů zdrojů) a vlivu přeshraničního přenosu z Polska (podrobněji kap. IV.2.3).

Na stanicích Ostrava-Radvanice ZÚ, Ostrava-Radvanice OZO, Ostrava-Prívov a Český Těšín jsou každoročně měřeny nejvyšší koncentrace benzo[a]pyrenu v ČR. Dlouhodobě nepříznivou situací na Ostravsko-Karvinsku a celoroční vliv emisí v této oblasti dokládá skutečnost, že v letním období, kdy se koncentrace benzo[a]pyrenu na jiných stanicích nezřídka pohybují kolem meze detekce ($0,04 \text{ ng.m}^{-3}$), se na uvedených lokalitách vyskytují i denní koncentrace vyšší než 1 ng.m^{-3} (např. Ostrava-Radvanice ZÚ $19,0 \text{ ng.m}^{-3}$ dne 25. 7. 2017, Ostrava-Radvanice OZO $15,0 \text{ ng.m}^{-3}$ dne 19. 7. 2017, Ostrava-Prívov $2,5 \text{ ng.m}^{-3}$ dne 19. 7. 2017 a Český Těšín $1,2 \text{ ng.m}^{-3}$ dne 30. 8. 2017).

Nadlimitní úrovně benzo[a]pyrenu jsou zatíženy i obce, ve kterých nejsou jeho koncentrace rutinně sledovány. Tato skutečnost je opakovaně potvrzována proměřováním různých lokalit dotovaných z rozpočtu Moravskoslezského kraje¹, například Český Těšín-autobusové nádraží ($4,4 \text{ ng.m}^{-3}$), Vražné ($3,3 \text{ ng.m}^{-3}$) a Opava-univerzitní zahrada ($1,8 \text{ ng.m}^{-3}$) v roce 2017, Sudice a Osoblaha v roce 2016, či Valašské Meziříčí (v provozu od roku 2013). Stanice ve Valašském Meziříčí, která je umístěna na pozemku školy v sídlišti, není přímo ovlivněna emisemi benzo[a]pyrenu z individuálního vytápění. Přesto se s roční průměrnou koncentrací $2,8 \text{ ng.m}^{-3}$ (resp. $2,2 \text{ ng.m}^{-3}$ v roce 2016) řadí tato lokalita k silně znečištěným (obr. IV.2.4).

V roce 2017 byly v rámci již třetího roku kampaňového měření pro Jihomoravský kraj proměřeny v topné sezoně dvě malé obce Ostopovice a Moravany. Měření probíhala na přelomu října a listopadu v době, kdy postupně klesaly venkovní teploty, a započala topná sezona. Naměřené denní koncentrace benzo[a]pyrenu dosahovaly několiknásobně vyšších hodnot než hodnoty měřené v lokalitě Brno-Líšeň, která leží ve stejném kraji, avšak

at the other two industrial locations and at 59% of urban and suburban background stations. The concentrations of benzo[a]pyrene are measured at six traffic stations, where the pollution limit level was exceeded at five of them (Tab. XIII.6). The exceeding of the pollution limit level for benzo[a]pyrene at most of the stations is a result of the more-or-less even distribution of the main emission sources of this pollutant, i.e. household heating systems. Similar to the other pollutants, the highest concentrations are measured in the O/K/F-M agglomeration as a consequence of the greatest emission burdens in all of the Czech Republic (from various kinds of sources) and the effect of transboundary transmission (for more details, see Chap. IV.2.3).

The highest concentrations of benzo[a]pyrene in the Czech Republic are annually measured at the Ostrava-Radvanice ZÚ, Ostrava-Radvanice OZO, Ostrava-Prívov and Český Těšín stations. The long-term unfavourable conditions in the Ostrava-Karviná area and the year-round effect of emissions in this area are reflected in the fact that, in the summer, when the concentration of benzo[a]pyrene at other stations are frequently around the detection limit (0.04 ng.m^{-3}), daily concentrations at these locations higher than 1 ng.m^{-3} occur (e.g. Ostrava-Radvanice ZÚ 19.0 ng.m^{-3} on 25 July 2017, Ostrava-Radvanice OZO 15.0 ng.m^{-3} on 19 July 2017, Ostrava-Prívov 2.5 ng.m^{-3} on 19 July 2017 and Český Těšín 1.2 ng.m^{-3} on 30 August 2017).

Above-limit benzo[a]pyrene levels also occur in municipalities in which its concentration is not routinely monitored. This fact has been repeatedly confirmed by measurements at various locations with a grant from the budget of the Moravian-Silesian region¹, e.g. Český Těšín-autobusové nádraží (4.4 ng.m^{-3}), Vražné (3.3 ng.m^{-3}) and Opava-univerzitní zahrada (1.8 ng.m^{-3}) in 2017, Sudice and Osoblaha in 2016 and Valašské Meziříčí (in operation since 2013). The station at Valašské Meziříčí, located on the property of a school in a residential district, is indirectly affected by emissions of benzo[a]pyrene from individual heating facilities. Nonetheless, the average annual concentration of 2.8 ng.m^{-3} (or 2.2 ng.m^{-3} in 2016) classifies this location as highly polluted (Fig. IV.2.4).

In 2017 in the context of the third year of the campaign for measurement in the Southern Moravian region, measurements were performed in the heating season at two small municipalities (Ostopovice and Moravany). The measurements were performed at the end of October and beginning of November at a time when outdoor temperatures gradually decreased and the heating season began. The measured daily concentrations of benzo[a]pyrene attained several-fold higher values than those

¹ Podrobné každoroční vyhodnocení viz www.chmi.cz.

¹ For detailed annual evaluation, see www.chmi.cz.

obydli v nejbližším okolí jsou napojena na centrální zdroj tepla. Nejvýraznější rozdíl v koncentracích byl naměřen koncem listopadu, kdy hodnoty denních koncentrací benzo[a]pyrenu v Ostopovicích osmnáctinásobně převyšovaly hodnoty naměřené v Brně-Líšeň. Vzhledem k tomu, že počet hodnot koncentrací získaných kampaňovým měřením neumožňuje dle platné legislativy výpočet ročních průměrných koncentrací, je výše uvedené hodnocení založeno pouze na porovnání průměrných denních koncentrací (obr. IV.2.6).

Koncentrace benzo[a]pyrenu vykazují výrazný roční chod (obr. IV.2.7) s maximy v zimním období a minimy v letním období. V zimním období zvýšené koncentrace v atmosféře souvisí se zvýšenými emisemi polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH) ze sezonních antropogenních zdrojů – z lokálních topenišť (tj. nejvýznamnějšího zdroje emisí benzo[a]pyrenu; obr. IV.2.10). Významným zdrojem emisí PAH je i doprava, u které v zimním období dochází navíc k navýšení emisí PAH v důsledku studených startů. Dále jsou zvýšené koncentrace způsobeny zhoršenými rozptylovými podmínkami v zimním období, jednodušší konverzí plyn-částice při nízkých teplotách a nižším fotochemickým rozkladem PAH. V letním období naopak dochází k poklesu koncentrací díky zlepšení rozptylových podmínek, zvýšení chemického a fotochemického rozkladu PAH za vyšší intenzity slunečního záření a vysokých teplot a samozřejmě také díky poklesu emisí z antropogenních zdrojů (Li et al. 2009; Ludykar et al. 1999; Teixeira et al. 2012).

IV.2.2 Vývoj koncentrací benzo[a]pyrenu

Trendy průměrných ročních koncentrací benzo[a]pyrenu jsou znázorněny od roku 2006. V celorepublikovém průměru je úroveň této škodliviny dlouhodobě nadlimitní, a to přibližně dvojnásobně (obr. IV.2.5). Nejvyšší koncentrace benzo[a]pyrenu byly naměřeny v roce 2006 (více než trojnásobné překročení hodnoty imisního limitu) v důsledku zhoršených meteorologických a rozptylových podmínek. Od roku 2007 koncentrace benzo[a]pyrenu kolísaly a nevykazovaly výrazný trend; v meziročním srovnání 2016/2017 lze konstatovat mírný nárůst koncentrací na všech typech lokalit. Nejvyšších koncentrací je dosahováno na lokalitách průmyslových, nadlimitní koncentrace se však vyskytují i na stanicích dopravních, městských a předměstských (obr. IV.2.5). Jak již bylo zmíněno, nedostatečný počet měření na venkovských lokalitách nedovoluje blíže odhadnout výši koncentrací

measured at the Brno-Líšeň location, which is in the same region, but residences in the vicinity are connected to a central heating source. The greatest difference in concentrations was measured at the end of November, when the values of daily concentrations of benzo[a]pyrene at Ostopovice were eighteen-times higher than those measured at Brno-Líšeň. As, according to the valid legislation, the number of concentration values obtained in the campaign measurements is not sufficient for calculation of the average annual concentrations, the above-mentioned evaluation is based only on comparison of the average daily concentrations (Fig. IV.2.6).

The concentrations of benzo[a]pyrene exhibit a marked annual progression (Fig. IV.2.7) with maxima in the winter and minima in the summer. The elevated concentrations in the atmosphere in the winter are related to the elevated emissions of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) from seasonal anthropogenic sources – local heating facilities (i.e. the most important sources of benzo[a]pyrene emissions; Fig. IV.2.10). Traffic is also a significant source of PAH and this is exacerbated in the winter by elevated PAH emissions as a consequence of cold engine starts. Elevated concentrations are also caused by deteriorated dispersion conditions in the winter, easier gas-particulate conversion at low temperatures and lower photochemical decomposition of PAH. On the other hand, in the summer, the concentration of PAH decreases because of better dispersion conditions, elevated photochemical decomposition of PAH with greater intensity of solar radiation and higher temperatures and, of course, because of lower emissions from anthropogenic sources (Li et al. 2009; Ludykar et al. 1999; Teixeira et al. 2012).

IV.2.2 Trends in benzo[a]pyrene concentrations

Trends in the average annual concentrations of benzo[a]pyrene are presented from 2006. On a country-wide scale, the level of this pollutant has long been approx. twice the limit value (Fig. IV.2.5). The highest benzo[a]pyrene concentrations were measured in 2006 (more than three times the pollution limit level) as a result of worsened meteorological and dispersion conditions. Since 2007, the concentration of benzo[a]pyrene has fluctuated and has not exhibited any clear trend; inter-annual comparison for 2016/2017 indicates a slight increase in the concentrations at all types of locations. The highest concentrations are attained at industrial locations; however, above-limit concentrations also occur at traffic, urban and suburban stations (Fig. IV.2.5). As it was already mentioned, the inadequate number of measurements at rural locations does not offer a better estimate of the

benzo[a]pyrenu v menších sídlech, nicméně na základě skladby zdrojů emisí a např. studie Krejčí (2012) lze předpokládat, že i zde jsou koncentrace nadlimitní. Vztah mezi koncentracemi benzo[a]pyrenu a částic PM₁₀ v zimních měsících 2013–2017 znázorňuje obr. IV.2.8, pětiletý průměr ročních průměrných koncentrací benzo[a]pyrenu pak obr. IV.2.3.

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

Sektor 1A4bi – Lokální vytápění domácností se na emisích benzo[a]pyrenu v roce 2016 v celorepublikovém měřítku podílel 98,4 %. Hlavní příčinou takto vysokého podílu je spalování pevných paliv, především uhlí, v kotlích starších typů (odhořivací, prohořivací). Podle výsledků statistického šetření ENERGO představovaly v roce 2015 odhořivací a prohořivací kotle až 79 % všech kotlů na spalování pevných paliv v domácnostech ČR. Vliv sektoru dopravy je odhadován na 1,3 % (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 2008–2016 bylo závislé především na vývoji spotřeby pevných paliv v domácnostech (obr. IV.2.10). Vliv dopravy se uplatňuje především podél dálnic, komunikací s intenzivní dopravou a na území větších městských celků. Největší emisemi benzo[a]pyrenu je zatížen Moravskoslezský kraj z důvodu vyššího podílu spalování černého uhlí v domácnostech v kotlích prohořivacího typu (obr. IV.2.11).

concentrations of benzo[a]pyrene in smaller settlements; nonetheless, on the basis of the composition of sources of emissions and, e.g., the study by Krejčí (2012), it can be assumed that the concentrations are above the limit here too. The relationship between the concentrations of benzo[a]pyrene and PM₁₀ particulates in the winter months of 2013–2017 is presented in Fig. IV.2.8, and the five-year average concentration of benzo[a]pyrene then in Fig. IV.2.3.

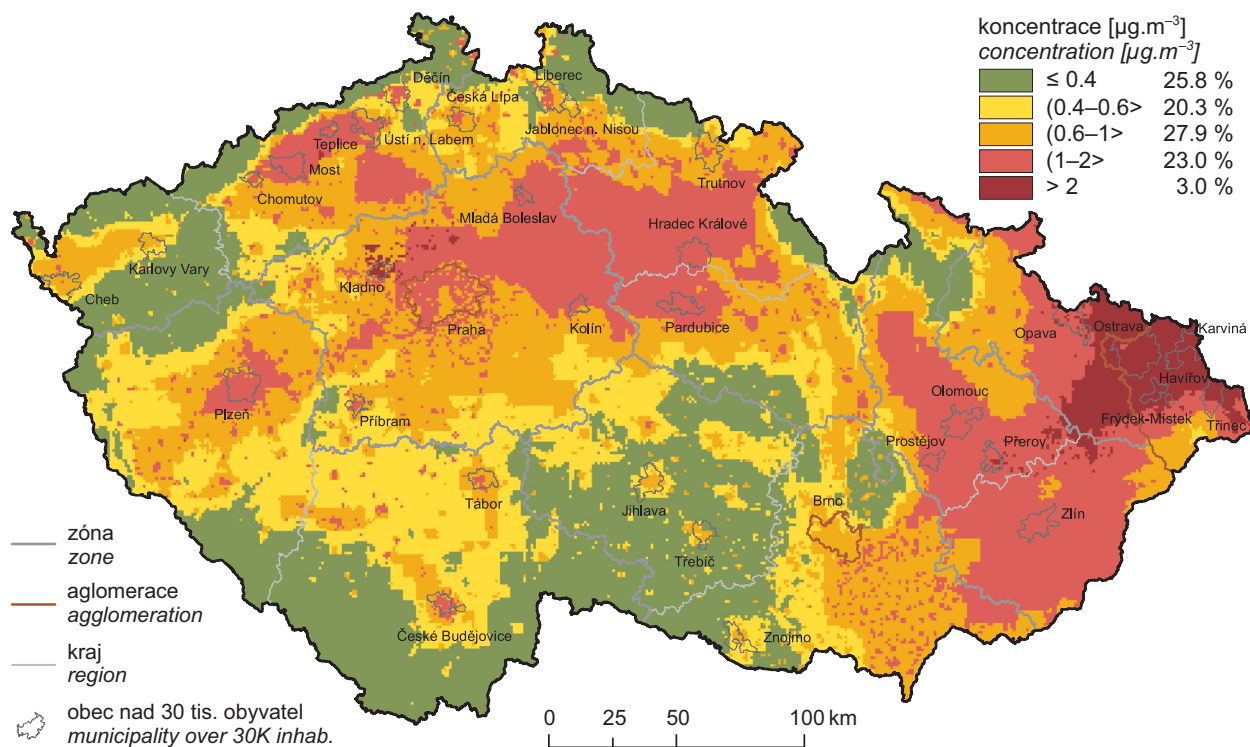
IV.2.3 Emissions of benzo[a]pyrene

PAH, of which benzo[a]pyrene is monitored in view of air protection in particular, are produced almost exclusively by combustion processes during which the organic combustible substances present are not sufficiently oxidised. Benzo[a]pyrene is a product of incomplete combustion at temperatures of 300 to 600 °C. Thus, one of its most important sources is the combustion of solid fuels in low-capacity boilers, particularly household heating systems.

Sektor 1A4bi – Residential: Stationary contributed 98.4% to national benzo[a]pyrene emissions in 2016. *The combustion of solid fuels, especially coal, in older types of boilers (top-burning, bulk-burning), especially in older types, is the main reason for such a large percentage. According to results of the ENERGO statistical evaluation up to 79% of all boilers for burning solid fuel in households in the Czech Republic in 2015 consisted of top-burning and bulk-burning boilers. The impact of the transport sector is estimated at 1.3% (Fig. IV.2.9).*

In view of predominant contribution of sector 1A4bi emissions of benzo[a]pyrene are distributed over the territory of residential buildings throughout the Czech Republic and their amounts in the 2008–2016 period depended primarily on evolution of consumption of solid fuels in households (Fig. IV.2.10). The impact of transportation is apparent mainly along motorways, roadways with high traffic and in the territories of larger urban units. The greatest burden by emissions of benzo[a]pyrene occurs in the Moravian-Silesian region due to higher proportion of black coal combustion in bulk-burning type boilers in households (Fig. IV.2.11).

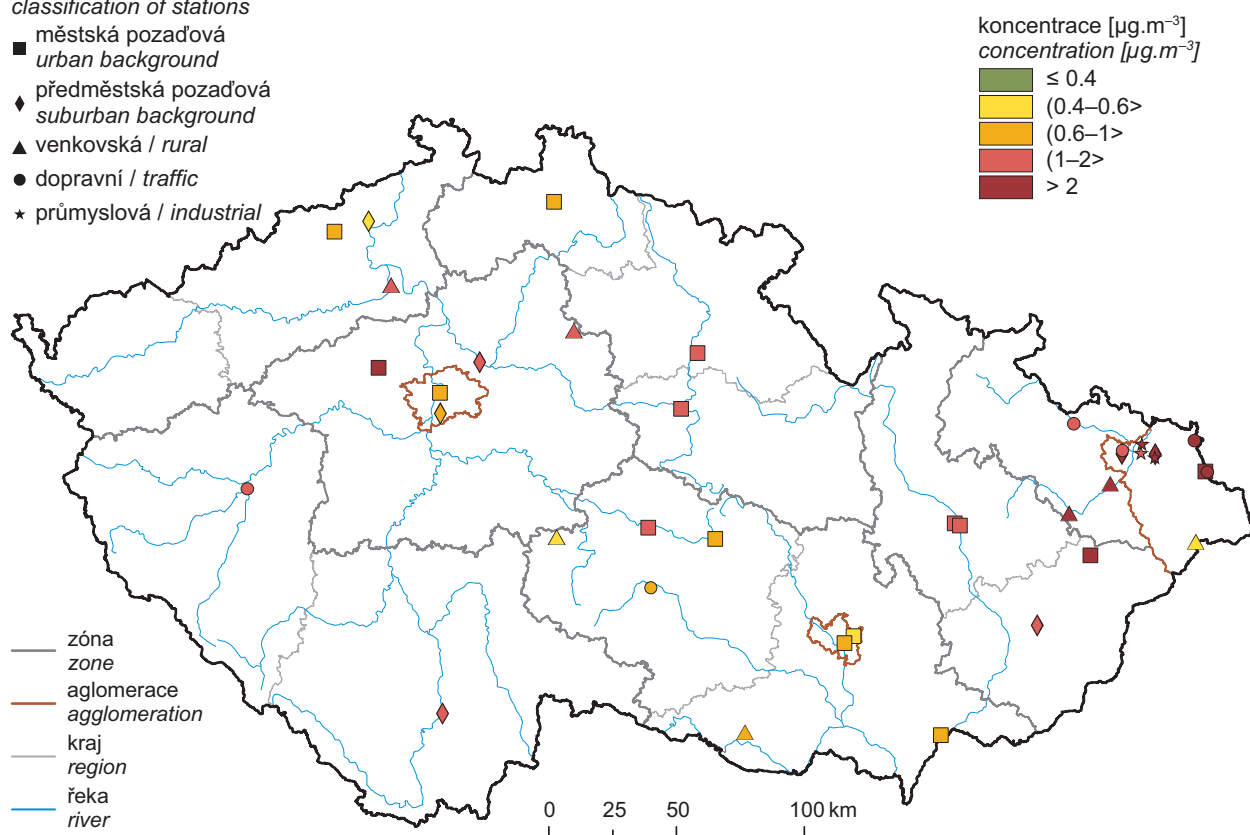
IV.2 KVALITA OVZDUŠÍ V ČESKÉ REPUBLICE – BENZO[A]PYREN
IV.2 AIR QUALITY IN THE CZECH REPUBLIC – BENZO[A]PYRENE



Obr. IV.2.1 Pole roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu, 2017
Fig. IV.2.1 Field of annual average concentration of benzo[a]pyrene, 2017

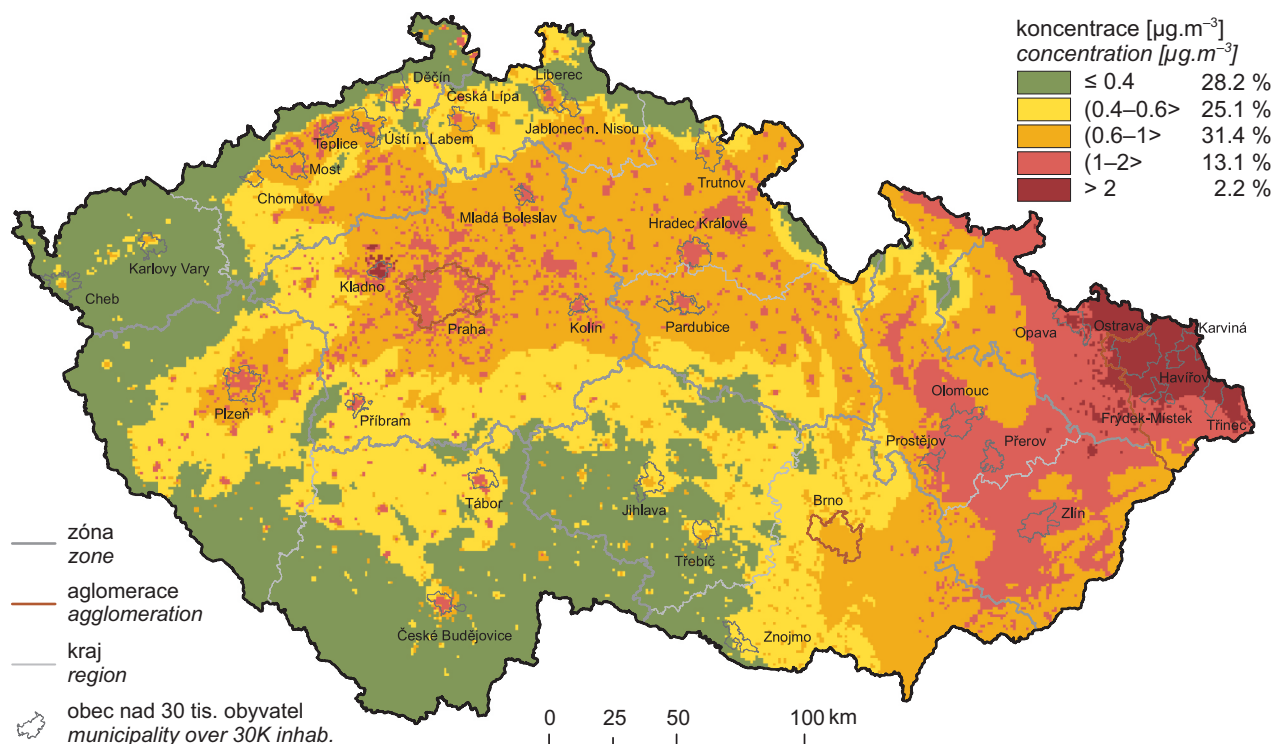
klasifikace stanic
 classification of stations

- městská pozadová
urban background
- ◆ předměstská pozadová
suburban background
- ▲ venkovská / rural
- dopravní / traffic
- ★ průmyslová / industrial

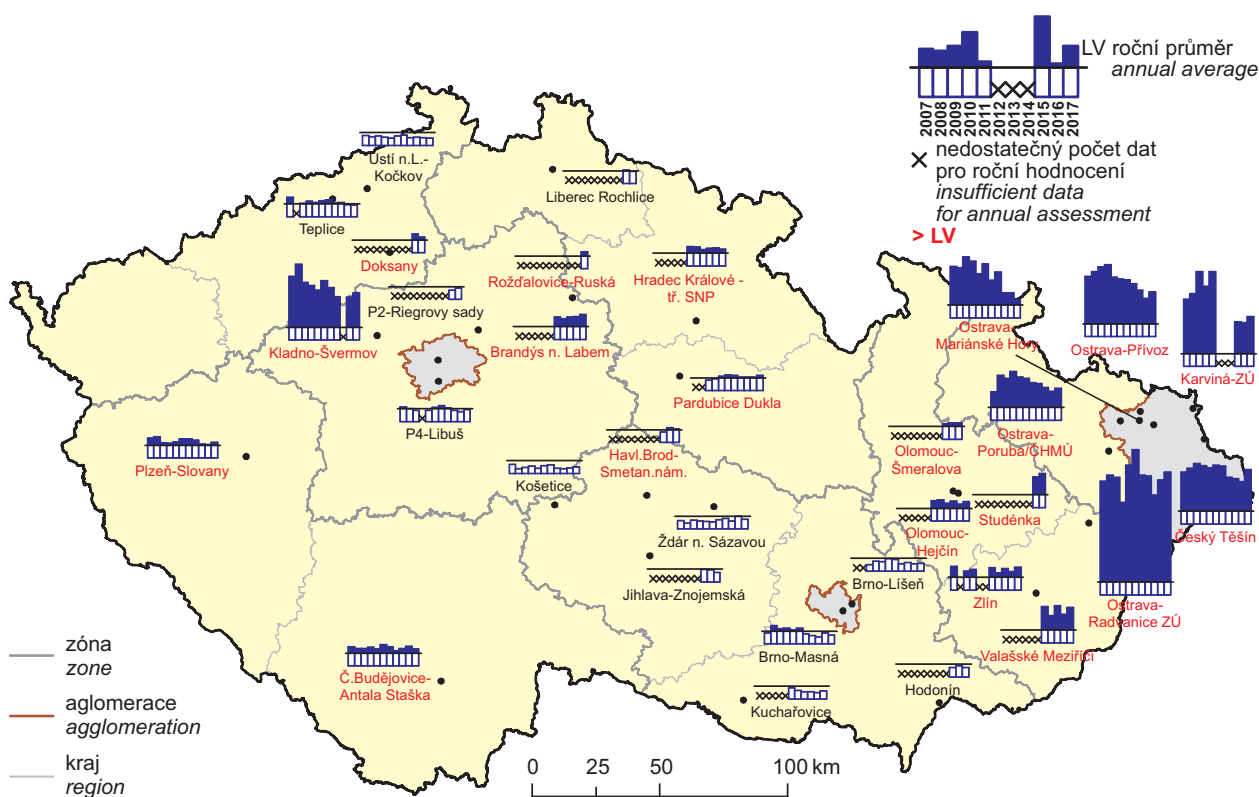


Obr. IV.2.2 Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu měřené na stanicích imisního monitoringu, 2017
Fig. IV.2.2 Annual average concentrations of benzo[a]pyrene in the ambient air quality network, 2017

IV.2 KVALITA OVZDUŠÍ V ČESKÉ REPUBLICE – BENZO[A]PYREN IV.2 AIR QUALITY IN THE CZECH REPUBLIC – BENZO[A]PYRENE

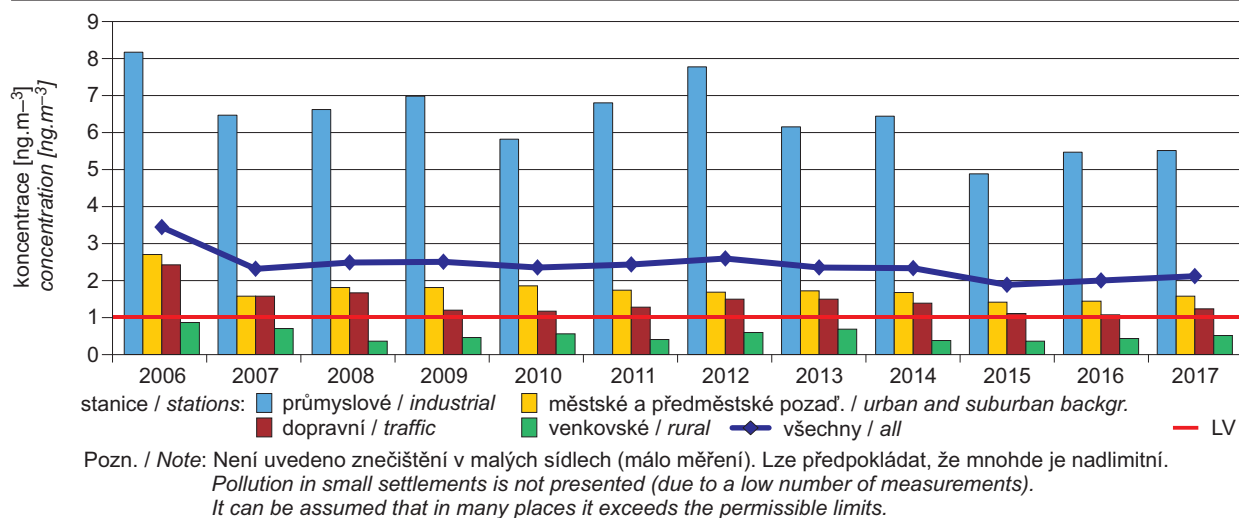


Obr. IV.2.3 Pětiletý průměr ročních průměrných koncentrací benzo[a]pyrenu, 2013–2017
Fig. IV.2.3 Five-year average of annual average concentrations of benzo[a]pyrene, 2013–2017

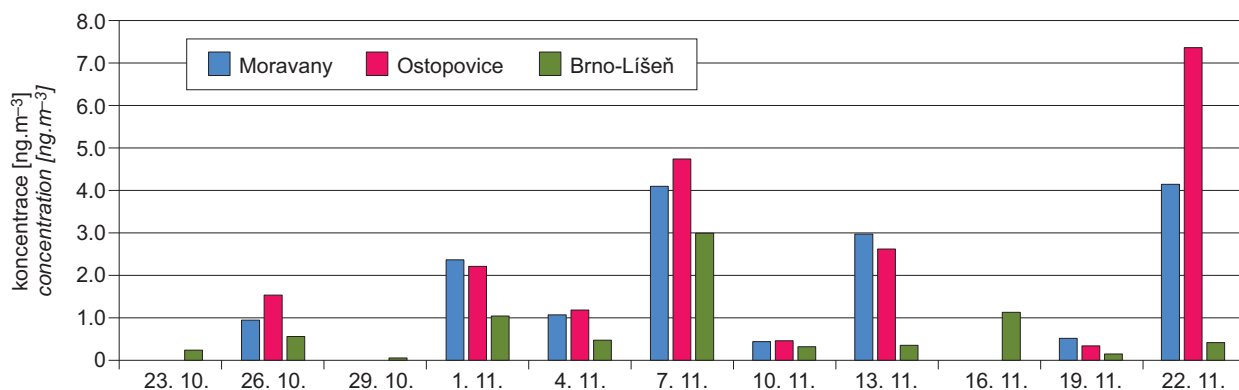


Obr. IV.2.4 Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu v ovzduší na vybraných stanicích, 2007–2017
Fig. IV.2.4 Annual average concentrations of benzo[a]pyrene in the ambient air at selected stations, 2007–2017

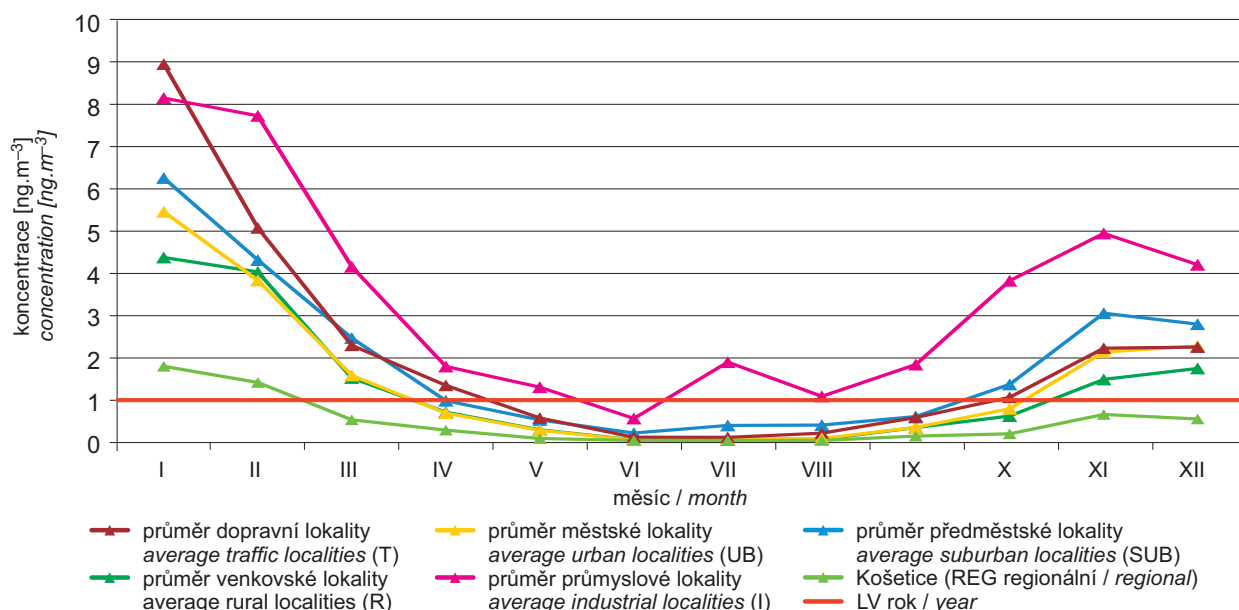
IV.2 KVALITA OVZDUŠÍ V ČESKÉ REPUBLICE – BENZO[A]PYREN IV.2 AIR QUALITY IN THE CZECH REPUBLIC – BENZO[A]PYRENE



Obr. IV.2.5 Trendy ročních charakteristik benzo[a]pyrenu v České republice, 2006–2017
Fig. IV.2.5 Trends of benzo[a]pyrene annual characteristics in the Czech Republic, 2006–2017

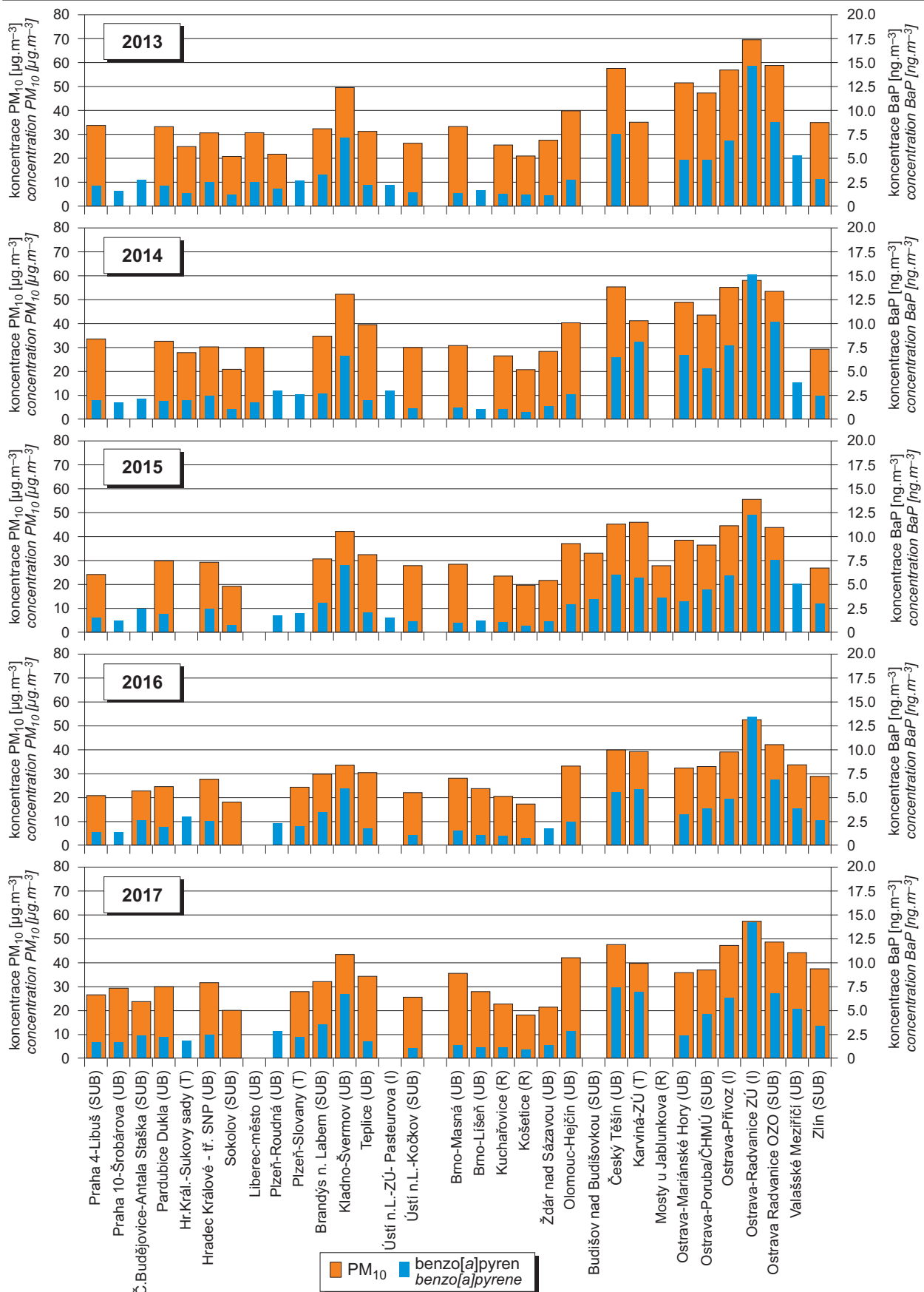


Obr. IV.2.6 24hodinové koncentrace benzo[a]pyrenu měřené v malých sídlech Jihomoravského kraje a v Brně, 2017
Fig. IV.2.6 24-hour concentrations of benzo[a]pyrene measured in small settlements in the South Moravian region and Brno, 2017



Obr. IV.2.7 Roční chod průměrných měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu (průměry pro daný typ stanice), 2017
Fig. IV.2.7 Annual course of average monthly concentrations of benzo[a]pyrene (averages for the given type of station), 2017

IV.2 KVALITA OVZDUŠÍ V ČESKÉ REPUBLICE – BENZO[A]PYREN
IV.2 AIR QUALITY IN THE CZECH REPUBLIC – BENZO[A]PYRENE

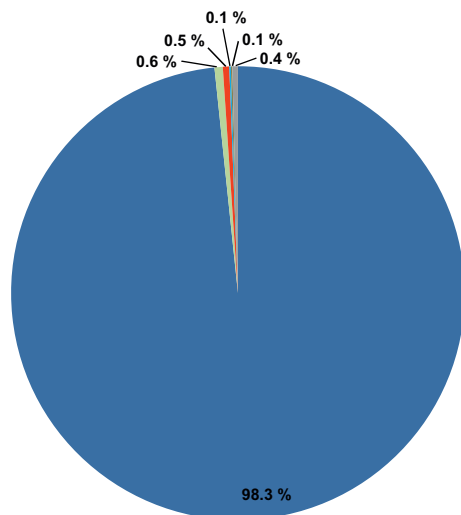


Obr. IV.2.8 Koncentrace benzo[a]pyrenu a částic PM₁₀ na vybraných lokalitách v zimních měsících, 2013–2017

Fig. IV.2.8 Concentrations of benzo[a]pyrene and PM₁₀ particles at selected localities in winter months, 2013–2017

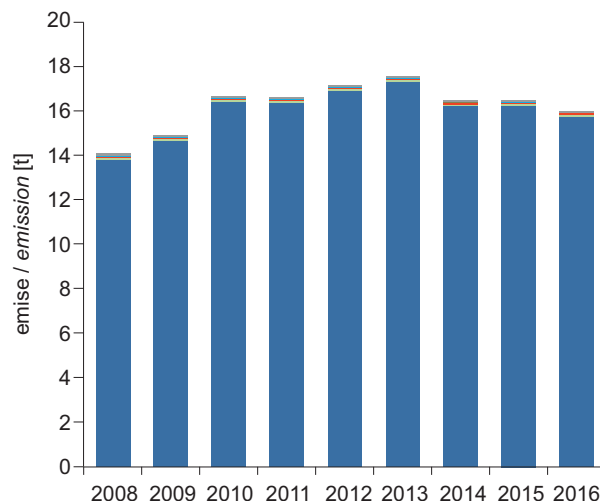
IV.2 KVALITA OVZDUŠÍ V ČESKÉ REPUBLICE – BENZO[A]PYREN IV.2 AIR QUALITY IN THE CZECH REPUBLIC – BENZO[A]PYRENE

- 1A4bi – Lokální vytápění domácností / Residential: Stationary
- 1A4cii – Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní stroje / Agriculture/Forestry/Fishing: Off-road vehicles and other machinery
- 1A3bi – Silniční doprava: Osobní automobily / Road transport: Passenger cars
- 1A4ai – Služby / instituce: Stacionární spalovací zdroje / Commercial/institutional: Stationary
- 1A3bii – Lehká užitková vozidla / Road transport: Light duty vehicles
- Ostatní / Other



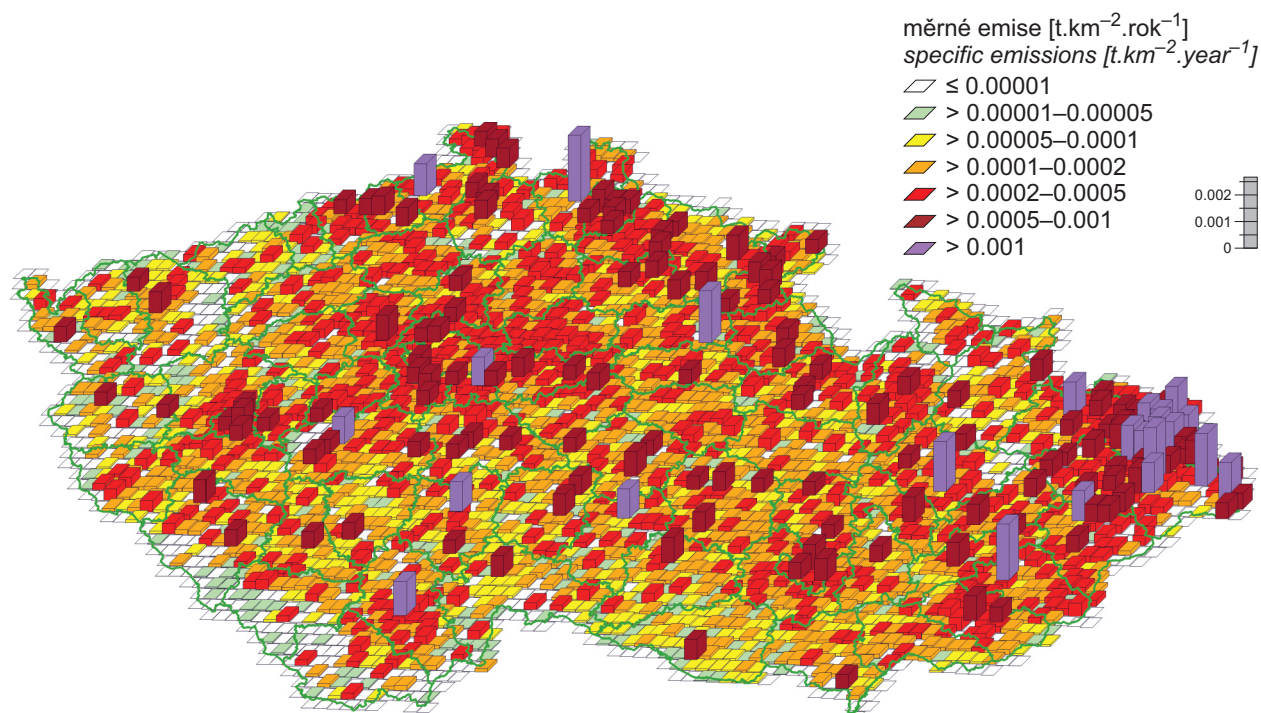
Obr. IV.2.9 Podíl sektorů NFR na celkových emisích benzo[a]pyrenu, 2016

Fig. IV.2.9 Total emissions of benzo[a]pyrene sorted out by NFR sectors, 2016



Obr. IV.2.10 Vývoj celkových emisí benzo[a]pyrenu, 2008–2016

Fig. IV.2.10 The development of benzo[a]pyrene total emissions, 2008–2016



Obr. IV.2.11 Emisní hustoty benzo[a]pyrenu ze čtverců 5x5 km, 2016

Fig. IV.2.11 Benzo[a]pyrene emission density from 5x5 km squares, 2016