

Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2022



Český
hydrometeorologický
ústav



Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2022

Praha 2023


**Český
hydrometeorologický
ústav**

Celková redakce ročenky:

H. Škáchová, L. Vlasáková

I. ÚVOD

B. Kotlík (SZÚ), L. Vlasáková

II. ZNEČIŠŤOVÁNÍ OVZDUŠÍ

P. Machálek, B. Vodičková

III. METEOROLOGICKÉ A ROZPTYLOVÉ PODMÍNKY

L. Crhová, H. Škáchová

IV. KVALITA OVZDUŠÍ V ČESKÉ REPUBLICE

M. Beck, A. Holubová Šmejkalová, J. Horálek, I. Hůnová, P. Kurfürst, P. Machálek, R. Seibert, J. Schováňková, M. Schreiberová, J. Sládeček, H. Škáchová, L. Vlasáková, B. Vodičková

V. KVALITA OVZDUŠÍ V REGIONECH ČESKÉ REPUBLIKY

J. Brzezina, M. Hladík, L. Janatová, J. Komárek, B. Krejčí, P. Machálek, H. Plachá, M. Schreiberová, H. Škáchová, L. Vlasáková

VI. SMOGOVÝ VAROVNÝ A REGULAČNÍ SYSTÉM

O. Vlček, F. Šopko

VII. OBLASTI S PŘEKROČENÍM IMISNÍCH LIMITŮ

M. Schreiberová, L. Vlasáková

VIII. EVROPSKÝ KONTEXT

J. Horálek, E. Lopatová, H. Škáchová

IX. ATMOSFÉRIKÁ DEPOZICE V ČESKÉ REPUBLICE

I. Hůnová, P. Kurfürst, H. Škáchová

X. EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ

B. Kočí, E. Lopatová, J. Slámová

Příloha I Podrobná specifikace prezentovaných imisních map

J. Horálek, M. Schreiberová, O. Vlček

Příloha II Vliv energetické krize na kvalitu ovzduší v roce 2022

J. Brzezina, A. Fulajtárová, P. Machálek, M. Schreiberová

Příloha III Požár v NP České Švýcarsko

P. Bauerová, J. Keder, L. Stašová, H. Škáchová, F. Šopko, O. Vlček

Technická spolupráce, odborné konzultace

N. Benešová, Z. Chromcová, I. Hůnová, B. Krejčí, J. Macoun, V. Novák, P. Novotný, H. Plachá, R. Seibert, J. Schováňková, J. Sládeček, J. Slámová, R. Srněnský, E. Svobodová, O. Vlček

© ČHMÚ 2023

ISBN 978-80-7653-060-7 (pdf)

Obsah

PODĚKOVÁNÍ	5
SOUHRN	6
I. ÚVOD	11
I.1 Politický a legislativní rámec ochrany čistoty ovzduší	13
I.2 Cíle publikace	16
II. ZNEČIŠŤOVÁNÍ OVZDUŠÍ	20
III. METEOROLOGICKÉ A ROZPTYLOVÉ PODMÍNKY	26
IV. KVALITA OVZDUŠÍ V ČR	30
IV.1 Suspendované částice	32
IV.1.1 Znečištění ovzduší suspendovanými částicemi v roce 2022	32
IV.1.2 Vývoj koncentrací suspendovaných částic PM ₁₀ a PM _{2,5}	41
IV.1.3 Emise PM ₁₀ a PM _{2,5}	43
IV.2 Benzo[a]pyren	46
IV.2.1 Znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem v roce 2022	46
IV.2.2 Vývoj koncentrací benzo[a]pyrenu	50
IV.2.3 Emise benzo[a]pyrenu	52
IV.3 Oxidy dusíku	54
IV.3.1 Znečištění ovzduší oxidy dusíku v roce 2022	54
IV.3.2 Vývoj koncentrací oxidů dusíku	56
IV.3.3 Emise oxidů dusíku	59
IV.4 Přízemní ozon	61
IV.4.1 Znečištění ovzduší přízemním ozonem v roce 2022	61
IV.4.2 Vývoj koncentrací přízemního ozonu	65
IV.4.3 Vznik přízemního ozonu	66
IV.5 Benzen	68
IV.5.1 Znečištění ovzduší benzenem v roce 2022	68
IV.5.2 Vývoj koncentrací benzenu	68
IV.5.3 Emise benzenu	68
IV.6 Těžké kovy	71
IV. 6.1 Znečištění ovzduší těžkými kovy v roce 2022	71
IV.6.2 Vývoj koncentrací těžkých kovů	75
IV.6.3 Emise těžkých kovů	78
IV.7 Oxid siřičitý	82
IV.7.1 Znečištění ovzduší oxidem siřičitým v roce 2022	82
IV.7.2 Vývoj koncentrací oxidu siřičitého	85
IV.7.3 Emise oxidů síry	87
IV.8 Oxid uhelnatý	89
IV.8.1 Znečištění ovzduší oxidem uhelnatým v roce 2022	89
IV.8.2 Vývoj koncentrací oxidu uhelnatého	89
IV.8.3 Emise oxidu uhelnatého	90

IV.9 Látky bez imisního limitu	92
IV.9.1 Těkavé organické látky.....	92
IV.9.2 Měření početní velikostní distribuce aerosolových částic	96
IV.9.3 Monitorování koncentrací elementárního, organického a černého uhlíku	100
V. KVALITA OVZDUŠÍ V REGIONECH ČESKÉ REPUBLIKY	102
V.1 Charakteristika regionů.....	102
V.2 Meteorologické a rozptylové podmínky v regionech České republiky.....	110
V.3 Index kvality ovzduší v regionech České republiky	112
V.4 Regionální rozdíly kvality ovzduší v České republice	114
V.4.1 Podíl území a obyvatelstva regionů vystavených nadlimitním koncentracím	114
V.4.2 Koncentrace PM ₁₀ a PM _{2,5} , NO ₂ a O ₃ vážené populací	118
VI. SMOGOVÝ VAROVNÝ A REGULAČNÍ SYSTÉM	121
VII. OBLASTI S PŘEKROČENÍM IMISNÍCH LIMITŮ	125
VII.1 Oblasti s překročením imisních limitů z hlediska ochrany lidského zdraví	125
VII.2 Oblasti s překročením imisních limitů z hlediska ochrany ekosystémů a vegetace.....	129
VIII. EVROPSKÝ KONTEXT	132
IX. ATMOSFÉRICKÁ DEPOZICE NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY	138
X. EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ	149
LITERATURA	154
SEZNAM ZKRATEK.....	161
PŘÍLOHA I Podrobná specifikace prezentovaných imisních map	163
PŘÍLOHA II Vliv energetické krize na kvalitu ovzduší v roce 2022.....	168
PŘÍLOHA III Požár v NP České Švýcarsko	175

PODĚKOVÁNÍ

Vážený čtenáři,

ročenka „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2022“, předkládá čtenářům ucelený pohled na kvalitu ovzduší v České republice a zasazuje ji do Evropského kontextu. Je výsledkem společné práce autorského kolektivu pracovníků kvality ovzduší Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ), který tvoří odborníci s různými specializacemi potřebnými pro úspěšné zpracování celého díla. Důležitou roli hrají kolegové z regionálních pracovišť, kteří kromě své odbornosti přinášejí i znalost místních podmínek.

V posledních letech nabývala na důležitosti elektronická podoba ročenky a význam tištěné publikace se snižoval. Proto jsme se rozhodli, že ročenku ve stávající podobě nadále nebudeme tisknout a zveřejníme ji v plném rozsahu pouze elektronicky. Toto rozhodnutí vnímáme i jako krok, který malým dílem přispěje k ochraně životního prostředí. Namísto tisku celé rozsáhlé publikace tým odborníků ze všech hlavních oborů sdružených v ČHMÚ připravil stručnou publikaci, která souhrnně představuje to nejdůležitější a nejzajímavější, co se v minulém roce v ovzduší a vodě událo.

ČHMÚ zajišťuje měření ve Státní síti imisního monitoringu (SSIM). Měřicí technika poskytuje údaje o kvalitě ovzduší v automatickém režimu, kdy jsou data bezprostředně dostupná pro uživatele na internetu nebo v režimu odběru vzorků s následnou analýzou v laboratořích kvality ovzduší ČHMÚ. Data jsou po verifikaci ukládána v Informačním systému kvality ovzduší (ISKO). Doplnkovým zdrojem údajů pro databázi ISKO jsou informace o kvalitě ovzduší poskytované spolupracujícími institucemi. Jedná se zejména o Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě, Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Státní zdravotní ústav, ČEZ, a. s., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Českou geologic-

kou službu, Hydrobiologický ústav, městské úřady a další přispěvatele. V databázi jsou též zahrnuty informace z příhraničních oblastí Slovenska, Německa, Polska a Rakouska. Údaje ze sousedních států nám zejména pomáhají zpřesnit mapové výstupy v příhraničních oblastech a mohou být využity pro porovnání kvality ovzduší na území ČR s okolními státy.

V emisní části databáze ISKO jsou ukládány údaje o emisích ohlášených prostřednictvím ISPOP, jehož činnost zabezpečuje Česká informační agentura životního prostředí (CENIA). Na zpracování emisní inventury se podílí Český statistický úřad, Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. a Výzkumný ústav zemědělské techniky, v. v. i. Další podklady dodává Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad v Dobrušce, Ředitelství silnic a dálnic ČR a Ústav dopravního inženýrství hl. m. Prahy. Provoz a rozvoj databáze ISKO je zajišťován ve spolupráci se společností IDEA-ENVI, s. r. o.

Ročenka za rok 2022 přehledně zpracovává informace o stavu a vývoji imisní zátěže na území České republiky a vzájemných souvislostech mezi úrovní kvality ovzduší, meteorologickými podmínkami a dalšími faktory, které imisní zátěž ovlivňují.

Děkuji všem kolegům a kolegyním, kteří se na přípravě ročenky podíleli. Poděkování patří ale i těm, kteří zajišťovali měření a zpracování dat. Děkuji i pracovníkům ze spolupracujících organizací za jejich příspěvky. Zvláštní poděkování patří editorkám ročenky RNDr. Leoně Vlasákové, Ph.D. a Ing. Haně Škáchové za odvedenou práci při koordinaci zpracování textů a grafických příloh. Věřím, že tyto materiály budou cenným informačním zdrojem a pomocníkem při Vaší práci. Rádi uvítáme Vaše podněty a doporučení ke zlepšení poskytovaných služeb.

Praha, říjen 2023

RNDr. Jan Macoun, Ph.D.
ředitel pro kvalitu ovzduší

SOUHRN

Rok 2022 byl z hlediska kvality ovzduší příznivý, podobně jako předešlé roky 2020 a 2021, nicméně koncentrace některých znečišťujících látek se závažnými dopady na lidské zdraví stále překračují stanovené imisní limity na řadě lokalit České republiky. Jedná se zejména o karcinogenní benzo[*a*]pyren, suspendované částice frakce PM₁₀ a PM_{2,5} a přízemní ozon (Tab. 1, Obr. 1).

Koncentrace všech látek znečišťujících ovzduší, s výjimkou přízemního ozonu, za hodnocené období 2012–2022 statisticky významně klesají (Tab. 1). Koncentrace většiny látek v průměru pro všechny stanice (suspendované částice PM₁₀ a PM_{2,5}, oxid dusičitý, oxid siřičitý) dosáhly v roce 2022 v rámci hodnoceného období 2012–2022 druhých nejnižších hodnot (po roce 2020, ve kterém jsme zatím zaznamenali historicky nejlepší kvalitu ovzduší), koncentrace benzo[*a*]pyrenu byla za hodnocené období nejnižší. U koncentrací ostatních látek (některé těžké kovy, benzen a přízemní ozon) byl v roce 2022 v porovnání s lety 2020 a 2021 zaznamenán nárůst (Obr. 2).

Úroveň znečištění ovzduší v daném roce závisí na množství emisí a převažujících meteorologických a rozptylových podmínkách. **Teplotně byl rok 2022 na území ČR nadnormální, srážkově normální**. V porovnání s desetiletým průměrem 2012–2021 **hodnotíme rok 2022 z hlediska rozptylových podmínek jako výrazně lepší**.

Z dlouhodobého hlediska klesají i emise znečišťujících látek. V roce 2022 (předběžná data) došlo v hodnoceném období 2012–2022 k nejnižší produkci emisí TZL, CO a NMVOC a k druhé nejnižší produkci emisí SO_x a NO_x. V případě NH₃, kde dominantně převládají emise ze zemědělských činností, se jednalo o třetí nejnižší produkci.

K relativně dobré kvalitě ovzduší v ČR v případě znečišťujících látek vyjma ozonu v roce 2022 přispěly zejména výrazně nižší koncentrace látek v lednu a v únoru, tedy v měsících, kdy naopak bývají koncentrace v rámci roku nejvyšší. Příčinou nízkých koncentrací v lednu a únoru byly nadnormálně vysoké teploty spojené s menší produkcí emisí z lokálních topenišť, normální úhrny srážek umožňující samočištění atmosféry a dobré rozptylové podmínky, v únoru navíc s občasným výskytem silného větru. Na zlepšování kvality ovzduší se dlouhodobě podílí průběžně realizovaná opatření pro zlepšení kvality ovzduší (výměna kotlů v domácnostech, opatření na významných zdrojích a obnova vozového parku).

Koncentrace přízemního ozonu jsou silně závislé na meteorologických podmínkách zejména letního období roku (duben–září) a nevykazují od roku 2012 výrazný vývoj jako ostatní znečišťující látky. Koncentrace ozonu v roce 2022 byly v rámci jedenáctiletého období 2012–2022 čtvrté nejvyšší. Kon-

centrace ozonu se pohybovaly kolem hodnoty desetiletého průměru po většinu letního období roku. Nejvyšší koncentrace byly zaznamenány v červenci a srpnu. Následně bylo z důvodu překročení prahových hodnot přízemního ozonu vyhlášeno **celkem pět smogových situací** a to pro území aglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek ve dnech 22.–23. 7. 2022 a pro aglomeraci Praha, Středočeský kraj, Liberecký kraj a Ústecký kraj dne 5. 8. 2022. Výjimečně vysoké koncentrace ozonu byly měřeny i v druhé polovině března, kdy panovaly nadnormální teploty a sucho.

Oblasti s překročením imisních limitů bez zahrnutí přízemního ozonu v roce 2022 představovaly 1,7 % území ČR, kde žije přibližně 11,7 % obyvatel. Vymezení těchto oblastí je v naprosté většině zapříčiněno překročením ročního imisního limitu pro benzo[*a*]pyren. V minimální míře se na zařazení území do těchto oblastí podílelo v roce 2022 překročení denního imisního limitu pro suspendované částice PM₁₀ a ročního imisního limitu PM_{2,5}. Nadlimitní oblasti zaujímaly největší plochu v aglomeraci Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek a v zóně Moravskoslezsko. V aglomeraci Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek byla navíc nadlimitním koncentracím vystavena, podobně jako v letech minulých, naprostá většina obyvatel (87 %) a jedná se o dlouhodobě nejzatíženější oblast v ČR. **Po zahrnutí přízemního ozonu bylo oblastí s překročením alespoň jednoho imisního limitu v roce 2022 vymezeno 1,9 % území ČR, kde žije přibližně 11,8 % obyvatel**.

Kvalita ovzduší v roce 2022 vzhledem k imisním limitům pro ochranu lidského zdraví

Denní imisní limit **suspendovaných částic PM₁₀** byl překročen na 0,02 % území ČR s cca 0,03 % obyvatel. Rok 2022 prodloužil spojitou řadu let bez překročení imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci PM₁₀ počínající rokem 2019. Zároveň jde o jediné roky za celou historii měření PM₁₀ od 90. let minulého století, kdy roční imisní limit nebyl překročen. Roční imisní limit **suspendovaných částic PM_{2,5}** byl překročen na 0,03 % území ČR s cca 0,1 % obyvatel (více kap. IV.1).

Roční imisní limit **benzo[*a*]pyrenu** byl překročen na 1,7 % plochy ČR s cca 11,7 % obyvatel. Odhad polí ročních průměrných koncentrací benzo[*a*]pyrenu je zatížen největšími 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 (více kap. IV.2).

Imisní limit **přízemního ozonu** byl překročen na 0,2 % území ČR s cca 0,02 % obyvatel (průměr za období 2020–2022). V rámci jednotlivých let za období 2020–2022 došlo na většině stanicích

Tab. 1 Kvalita ovzduší v České republice v roce 2022 – klíčová sdělení



Znečišťující látka	Obyvatelstvo vystavené nadlimitní koncentraci	Území s nadlimitní koncentrací	Trend koncentrací za období 2012–2022
PM ₁₀	0,03 %	0,02 %	↓
PM _{2,5}	0,1 %	0,03 %	↓
benzo[a]pyren	11,7 %	1,7 %	↓
NO ₂	0 %	0 %	↓
O ₃	0,02 %	0,2 %	↕
benzen	0 %	0 %	↓
As	0 %	0 %	↓
Cd	0 %	0 %	↓
Ni	0 %	0 %	↓
Pb	0 %	0 %	↓
SO ₂	0 %	0 %	↓

Pozn.:

Klíčová sdělení v tabulce jsou založena na následujících imisních charakteristikách:

PM_{2,5}, NO₂, benzo[a]pyren, Pb, Ni, Cd, As, benzen – roční průměrná koncentrace; PM₁₀ – 36. nejvyšší 24hod. průměrná koncentrace;

O₃ – 26. nejvyšší max. denní 8hod. koncentrace; SO₂ – 4. nejvyšší 24hod. průměrná koncentrace

Časové trendy koncentrací byly analyzovány s využitím neparametrického Mann-Kendalova testu s hladinou významnosti $p < 0,05$ (Mann 1945; Kendall 1955).

k nejvyššímu počtu překročení hodnoty imisního limitu v roce 2022 (více kap. IV.4).

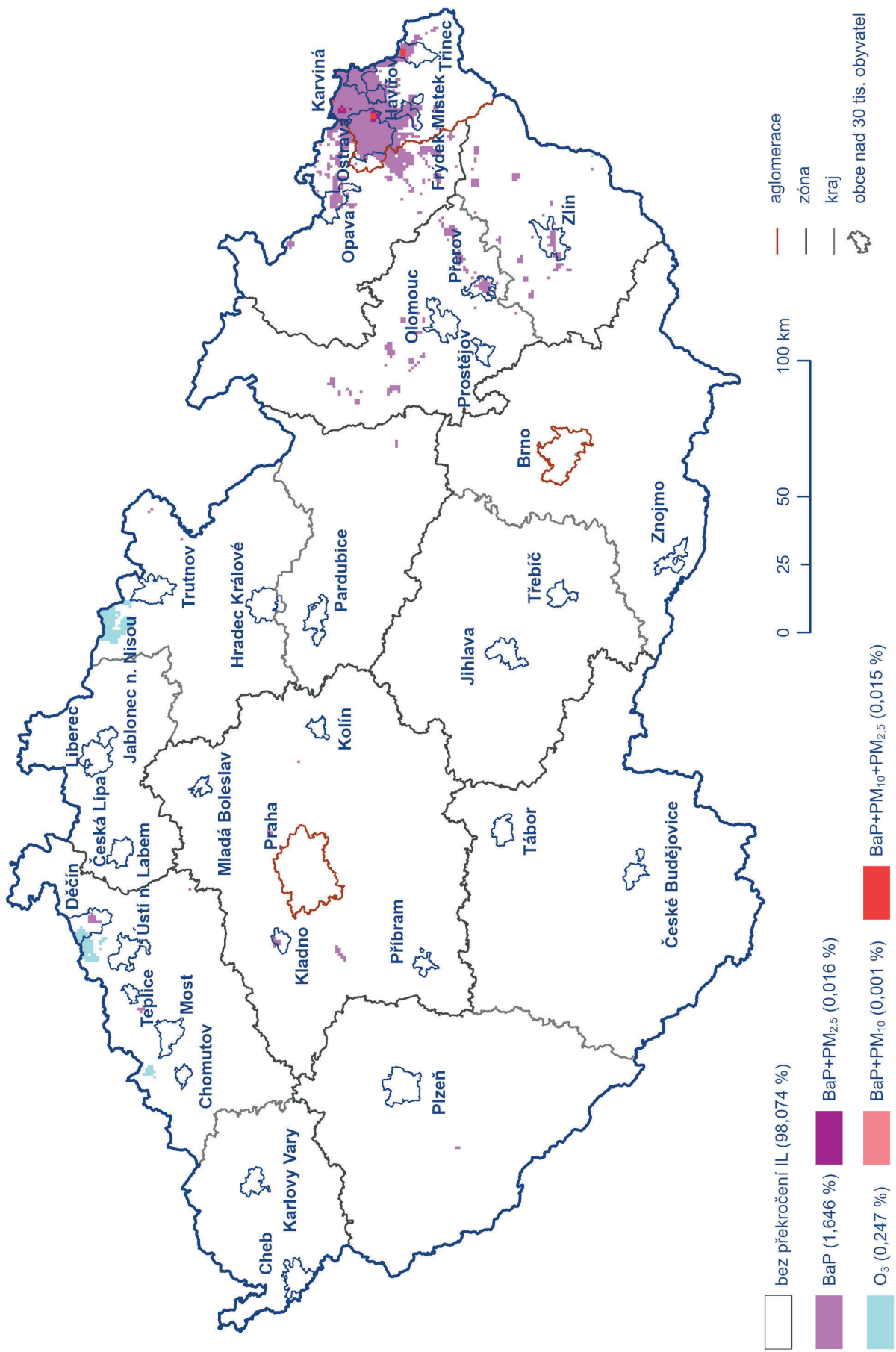
Imisní limit pro roční průměrnou koncentraci **oxidu dusičitého** nebyl překročen na žádné stanici. Rok 2022 prodloužil spojitou řadu let bez překročení imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci oxidu dusičitého počínající rokem 2020. Zároveň jde o jediné roky za celou historii měření oxidu dusičitého od 90. let minulého století, kdy roční imisní limit nebyl překročen. Vyšší koncentrace oxidu dusičitého lze očekávat v blízkosti místních komunikací v obcích a ve městech s intenzivní dopravou, vyšší zástavbou a s hustou místní dopravní sítí, kde často dochází ke snížení plynulosti dopravy. Hodinový imisní limit oxidu dusičitého nebyl v roce 2022 překročen (více kap. IV.3).

Imisní limity **ostatních látek** znečišťujících ovzduší (benzenu, těžkých kovů (arsen, kadmium, nikl a olovo), oxidu siřičitého

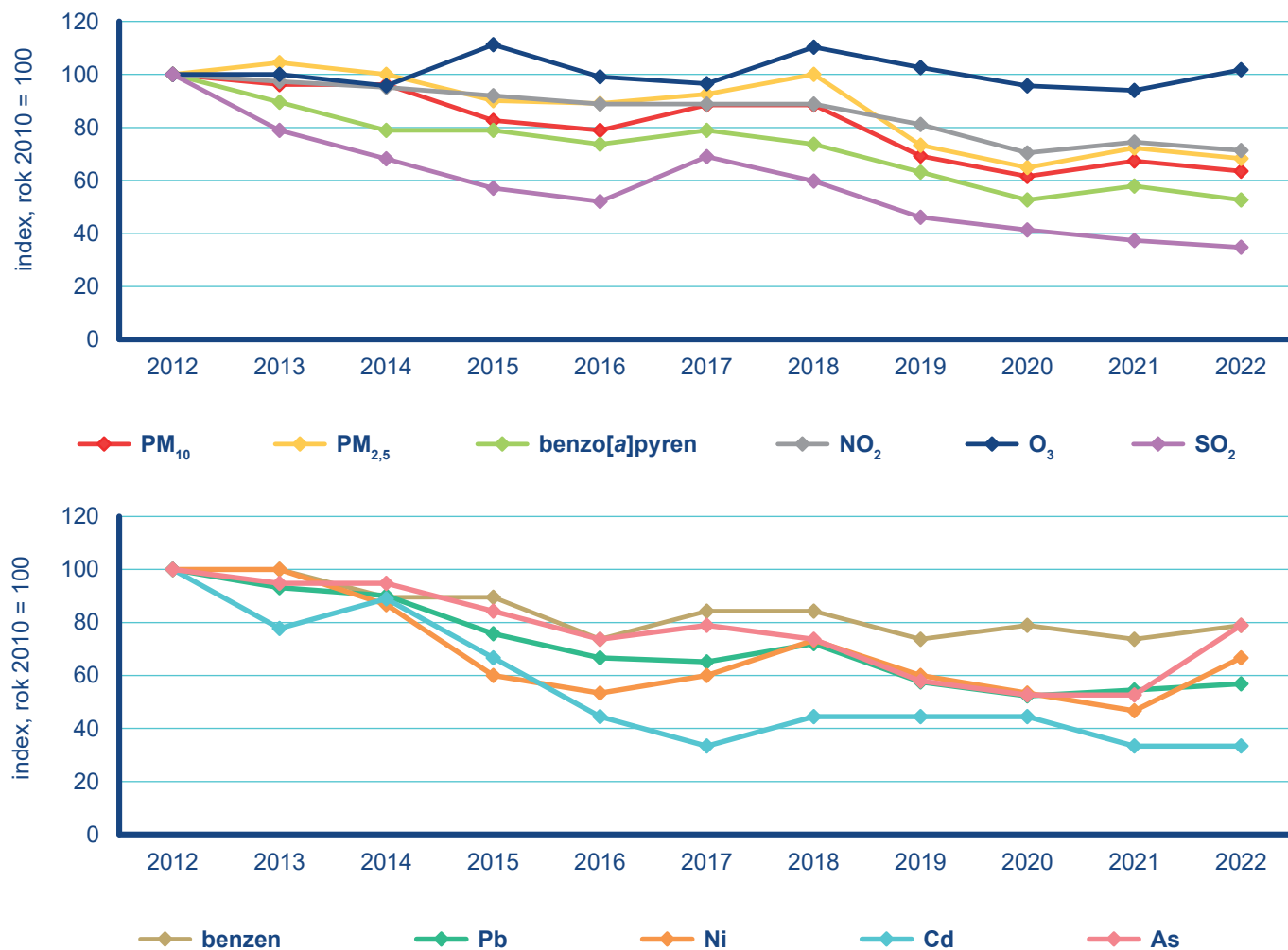
a oxidu uhelnatého) nebyly v roce 2022, podobně jako v minulých letech, překročeny. Nadlimitní koncentrace kadmia byla naměřena naposledy v roce 2015 na Tanvaldsku, nadlimitní koncentrace arsenu byla naměřena naposledy v roce 2013 na Kladensku a nadlimitní koncentrace benzenu v roce 2018 na Ostravsku.

Energetická krize, která postihla ČR a další evropské státy, měla celou řadu dopadů jak v ekonomickém sektoru, tak v oblasti životního prostředí. Řada domácností měla snahu hledat alternativní způsoby vytápění s nižšími náklady. Úplný nebo i částečný návrat ke spalování pevných paliv však s sebou přináší negativní dopady na kvalitu ovzduší a znamená zvýšení emisí znečišťujících látek z vytápění. Z výsledků měřicích kampaní probíhajících od roku 2017, které byly zaměřeny na změnu kvality ovzduší a změnu kvality vytápění v malých sídlech ČR¹ vyplývá, že u části domácností došlo ke zhoršení kvality vytápění, tzn. návratu některých domácností k levnějšímu způsobu vytápění.

1 Financováno z: TAČR, projekt TITSMZP704, číslo smlouvy 2018007 oblasti V3 Hodnocení účinnosti programů zlepšování kvality ovzduší v malých sídlech, Monitoring kvality ovzduší v rámci specifického cíle 2.1 Operačního programu Životního prostředí a interní projekt ČHMÚ.



Obr. 1 Vyznačení oblastí s překročenými imisními limity pro ochranu zdraví vybraných skupin látek, 2022



Obr. 2 Vývoj imisních charakteristik vybraných znečišťujících látek, 2012–2022

Pozn.: V grafech je znázorněn vývoj následujících imisních charakteristik

(vyjádřeno jako relativní změna průměrné koncentrace pro všechny stanice oproti roku 2012): PM_{2,5}, NO₂, benzo[a]pyren, Pb, Ni, Cd, As, benzen – roční průměrná koncentrace; PM₁₀ – 36. nejvyšší 24hod. průměrná koncentrace; O₃ – 26. nejvyšší max. denní 8hod. koncentrace; SO₂ – 4. nejvyšší 24hod. průměrná koncentrace.

Vyplyvá to z výsledků kampaní 2021/2022 a 2022/2023. Návrat domácností ke spalování pevných paliv však nebyl natolik významný, aby vedl k výraznému zhoršení kvality ovzduší. Pokračující obnova kotlů v domácnostech a přechod řady domácností k alternativnímu, z pohledu kvality ovzduší vhodnějšímu, způsobu vytápění tak pravděpodobně zmírily negativní dopad energetické krize na koncentrace znečišťujících látek. K zachování dobré kvality ovzduší přispěly i příznivé meteorologické podmínky na počátku roku 2022.

Kvalita ovzduší v roce 2022 vzhledem k imisním limitům pro ochranu ekosystémů a vegetace

Imisní limit přízemního ozonu pro ochranu vegetace (expoziční index AOT40) byl překročen na 20 stanicích z celkového počtu

40 venkovských a předměstských stanic určených pro hodnocení vlivu kvality ovzduší na vegetaci. Imisní limity oxidu siřičitého a oxidu dusíku pro ochranu ekosystémů a vegetace nebyly překročeny na žádné venkovské lokalitě, kde se jejich měření provádí.

Regionální rozdíly kvality ovzduší

V rámci ČR existují značné regionální rozdíly v kvalitě ovzduší, které lze charakterizovat koncentrací znečišťující látky váženou populací². V roce 2022 vážené průměrné roční koncentrace suspendovaných částic PM₁₀ a PM_{2,5} nepřekročily imisní limit v žádném regionu. Nejvyšší koncentraci vážené populací jsou vystaveni lidé v aglomeraci Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek, dále v krajích Moravskoslezský bez aglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek, Olomoucký a v Brně. Nejnižší vážené koncentra-

² Koncentrace vážené populací lze zjednodušeně charakterizovat jako hodnotu koncentrace znečišťující látky, které je v průměru vystaven člověk žijící v daném regionu.

ce pro suspendované částice PM_{10} a $PM_{2,5}$ byly spočteny pro kraje Karlovarský, Jihočeský a Vysočina.

Úrovně průměrných **vážených koncentrací oxidu dusičitého** v ČR nepřekračují imisní limit. Nejvyšším koncentracím oxidu dusičitého jsou v souvislosti s intenzivní dopravou a s omezenou plynulostí provozu vystaveni lidé v aglomeracích Brno a Praha. Nejvyšší vážené koncentrace pro oxid dusičitý byly v roce 2022 spočteny pro kraje Vysočina a Jihočeský.

V roce 2022 nebyly **vážené koncentrace přízemního ozonu** vyšší než je hodnota imisního limitu zaznamenány v žádném regionu. Nejvyšším váženým koncentracím přízemního ozonu na úrovni hodnoty imisního limitu byly v roce 2022 vystaveny obyvatelé v Ústeckém kraji a v Praze. V případě O_3 nejsou rozdíly mezi jednotlivými regiony tak zřetelné jako u ostatních znečišťujících látek.

Zhoršená kvalita ovzduší není jen problémem aglomerací a větších měst, ale i malých sídel, kde má na znečištění ovzduší suspendovanými částicemi a benzo[*a*]pyrenem velký podíl lokální vytápění. Lze předpokládat, že i v obcích, kde se tyto škodliviny kontinuálně neměří, mohou být jejich koncentrace zvýšené až nadlimitní, což dokazují např. kampaňová měření v osmi malých sídlech ČR³ nebo měření koncentrací benzo[*a*]pyrenu na různých stanicích dotovaných z rozpočtu Moravskoslezského kraje⁴.

Emise znečišťujících látek

Vyhodnocení emisí za rok 2022 (předběžná data) ukazuje meziroční pokles u většiny emisí s výjimkou SO_x a NH_3 . Pokles emisí bylo možné očekávat v návaznosti na příznivější podmínky topného období, které se promítají do modelového výpočtu emisí z vytápění domácností. Ke snížení došlo také u průmyslových zdrojů, mj. v souvislosti s poklesem produkce u nejdůležitějších komodit (hutní výroba a zpracování nerostných surovin). Naopak se mírně navýšily ohlášené emise SO_x a NO_x u elektráren a rafinérií, což souvisí s navýšením podílu spalovaného uhlí v palivovém mixu. Mírný nárůst emisí NH_3 souvisí s vyšší spotřebou minerálních hnojiv i s malým navýšením počtů hospodářských zvířat. V roce 2022 došlo k nejnižší produkci emisí TZL, CO a NMVOC, k druhé nejnižší produkci emisí SO_x a NO_x a třetí nejnižší produkci emisí NH_3 v celém hodnoceném období 2012–2022.

V návaznosti na výstupy šetření ENERGO 2021 (viz kap. II) došlo k přepočtu všech emisí u sektoru 1A4bi Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření v časové řadě 1990–2021. Nejvýznamněji se tato změna promítá u emisí TZL a částic PM a dále u emisí NMVOC i CO. V emisní inventuře tak byla zohledněna změna struktury kotlů společně s dalšími metodickými změnami, jako je např. zohlednění faktu, že kotle nejsou po většinu času provozovány na jmenovitý výkon, nebo příznivý vývoj zastoupení instalací aku-

mulačních nádob u kotlů s ručním přikládáním. Presentované emise vychází z nově sestaveného výpočtového modelu, ve kterém se vedle dlouhodobě sledovaných trendů prodeje kotlů, topidel a tepelných čerpadel poprvé uplatňují také variabilní emisní faktory, reprezentující výše zmíněné informace o podílu kotlů s akumulací nádobami. Ty jsou zjišťované mj. z hlášení o kontrolách technického stavu a provozu kotlů na pevná paliva, přístupných pro ČHMÚ na portálu ISPOP. Pro aktualizaci sady používaných emisních faktorů kotlů a topidel byly využity částečné výsledky, dosažené v rámci projektu SS02030031 ARAMIS – Integrovaný systém výzkumu, hodnocení a kontroly kvality ovzduší (financován se státní podporou TA ČR v rámci programu Prostředí pro život).

Sektor Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření se i nadále významně podílel na znečišťování ovzduší, konkrétně na emisích primárních částic $PM_{2,5}$ (83,7 %), PM_{10} (70 %), oxidu uhelnatého (69,7 %), TZL (63,4 %), NMVOC (56,4 %), kadmia (52,1 %), arsenu (30,7 %), a benzo[*a*]pyrenu (97,3 %). Sektor Veřejná energetika a výroba tepla je převažujícím zdrojem emisí oxidů síry (39,7 %), oxidů dusíku (20,9 %), rtuti (46 %) a niklu (38,7 %). Sektory silniční nákladní dopravy, osobní automobilové dopravy, nesilničních vozidel a ostatních strojů např. v zemědělství a lesnictví se v součtu podílejí nejvýznamněji na emisích oxidů dusíku (39,3 %). Tyto údaje jsou prezentovány za poslední dokončený rok, tj. 2021.

Atmosférická depozice

V roce 2022 činila **celková depozice síry** 26 800 t, což je oproti roku 2021 pokles o 11 % (30 335 t). Vyšších hodnot bylo dosaženo v oblasti Krušných a Jizerských hor, Krkonoš, Orlických hor a Jeseníků, Ostravska a Moravskoslezských Beskyd.

Celková depozice dusíku na plochu ČR byla v roce 2022 rovna hodnotě 39 375 t. Ve srovnání s rokem 2021 (55 383 t) se jedná o pokles o 29 %. Vyšších hodnot bylo dosaženo v oblasti Jizerských a Orlických hor a Jeseníků.

Celková depozice vodíkových iontů na plochu ČR byla v roce 2022 rovna hodnotě 2 125 t. Oproti roku 2021 (2 232 t) se jedná o pokles o 5 %. Vyšších hodnot je dosahováno v Krušných horách a na Ostravsku.

Suchá depozice kadmia byla v roce 2022 (0,9 t) stejná jako v roce 2021. Suchá depozice olova byla v roce 2022 (18 t) srovnatelná s rokem 2021. Z důvodu poruchy přístroje nejsou k dispozici údaje o mokré depozici těžkých kovů na stanicích ČHMÚ. Množství dat ze stanic ostatních dodavatelů není dostatečné pro tvorbu depozičních map, proto nelze hodnotit mokrou a celkovou depozici těžkých kovů.

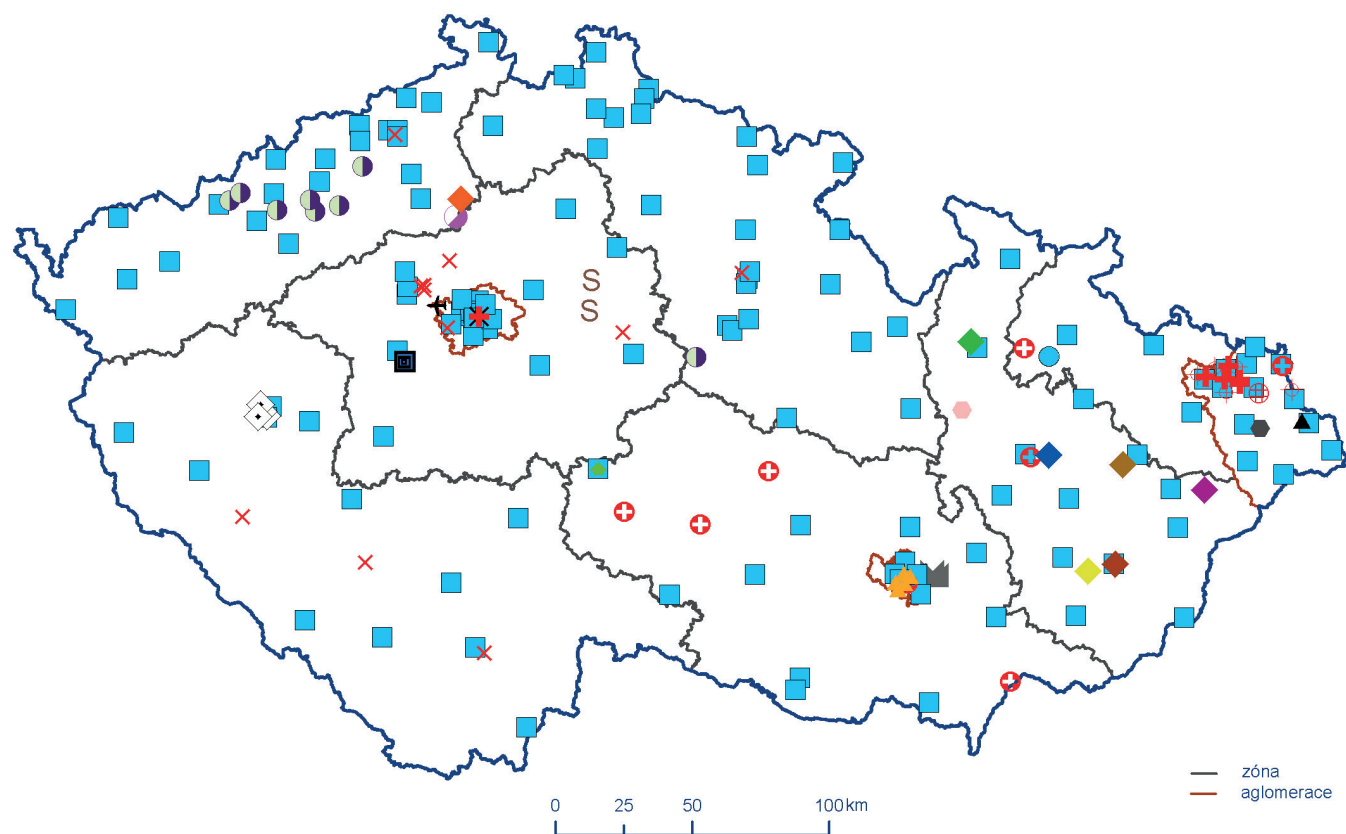
3 Projekt TITSMZP704 Měření a analýza znečištění ovzduší s důrazem na vyhodnocení podílu jednotlivých skupin zdrojů financovaném se státní podporou TAČR, https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/nakladatelstvi/assets/td_000152.pdf.

4 Podrobná každoroční vyhodnocení viz www.chmi.cz, <https://air.zuova.cz/ovzdusi/article/detail/1>.

I. ÚVOD

Znečištěné ovzduší má prokazatelně nepříznivé účinky na lidské zdraví. Znečišťující látky mohou způsobit širokou škálu zdravotních problémů od méně závažných až po vážná onemocnění a zvyšují zátěž imunitního systému, což může vést k předčasné úmrtnosti. To vyvolává také značné ekonomické dopady, protože rostou náklady na zdravotní péči a snižuje se produktivita ve všech hospodářských odvětvích kvůli zvýšení pracovní neschopnosti. Znečišťující látky nepříznivě působí i na vegetaci, mohou ovlivnit její růst a způsobit snížení výnosů zemědělských plodin

a lesů. Jsou i příčinou eutrofizace a acidifikace půdních a vodních ekosystémů a následné změny druhové skladby a úbytku rostlinných a živočišných druhů. Řada znečišťujících látek má schopnost se v prostředí kumulovat, negativně ovlivňovat ekosystémy a přecházet do potravního řetězce. Znečišťující látky jsou přenášeny v atmosféře a mohou tak ovlivňovat kvalitu ovzduší jak v nejbližším okolí samotného zdroje znečištění, tak ve vzdálenějších oblastech. Dále mají některé z nich přímý nebo nepřímý vliv na klimatický systém Země. Nutné je zmínit i poškozování materiálů



- | | | | |
|-----------------------------|--------------------|------------------------|--------------------------------|
| ■ ČHMÚ | ✱ ZÚ Ústí n.L./SZÚ | ◆ Město Velká Bystřice | ✚ Letiště Praha a.s. |
| ● ČHMÚ+Moravskoslezský kraj | ● ORGREZ | ◆ Město Hranice | ▲ ÚVGZ AV ČR, v.v.i. |
| ⊕ ZÚ+Stat. město Ostrava | ◇ Město Plzeň | ▲ Stat. město Brno | ⊙ Středočeský kraj |
| ✕ ZÚ Ústí n.L. | ◆ Město Otrokovice | ▲ Stat. město Třinec | ■ Českomoravský cement a.s. |
| ⊕ ZÚ Ostrava | ◆ Město Zlín | ● Obec Loštice | ■ Severní energetická, a.s. |
| ⊕ ZÚ+Moravskoslezský kraj | ◆ Město Šumperk | ● Obec Nošovice | ■ Vápenka Čertovy schody, a.s. |
| ⊕ ZÚ+Stat. město Havířov | ◆ Město Štětí | ◆ Rožnov pod Radhoštěm | ● ČEZ, a.s. |

Obr. I.1 Významné staniční síť sledování kvality venkovního ovzduší, 2022

a budov, často historického významu, působením znečišťujících látek v ovzduší. Snaha omezit působení těchto dopadů rovněž vyvolává ekonomické náklady související nejen se sanací vzniklých škod, ale také s výzkumem zaměřeným na oblast kvantifikace znečištění i souvisejících externalit.

I přes řadu realizovaných opatření v minulých letech produkují jednotlivé typy zdrojů takové množství emisí, které je v kombinaci s meteorologickými a rozptylovými podmínkami příčinou překračování imisních limitů některých škodlivých látek. V současnosti představují ze sledovaných znečišťujících látek největší problém suspendované částice a na ně vázané polycyklické aromatické uhlovodíky. V jarním a letním období jsou na řadě lokalit překračovány imisní limity přízemního ozonu.

Konkrétní podíl jednotlivých zdrojů na znečištění venkovního ovzduší je však v různých oblastech odlišný, záleží na skladbě emisních zdrojů v dané lokalitě, ale také na přenosu škodlivin z jiných oblastí. Míra znečištění ovzduší je objektivně zjišťována pomocí sítě měřicích stanic, které monitorují imisní koncentrace znečišťujících látek venkovního ovzduší v přízemní vrstvě atmosféry (Obr. I.1). Na základě pověření Ministerstva životního prostředí (MŽP) provozuje Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) Státní síť imisního monitoringu (SSIM). Informační systém kvality ovzduší ČR (ISKO) rutinně zpracovává naměřené imisní hodnoty ve formě tabelárních a grafických přehledů.

Znečišťující látky, které jsou sledovány a hodnoceny vzhledem k prokazatelně škodlivým účinkům na zdraví populace nebo na

Tab. I.1 Přehled imisních limitů (IL) vyhlášených pro ochranu zdraví lidí a povolený počet překročení limitní hodnoty, horních a dolních mezí pro posuzování podle zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění, a vyhlášky č. 330/2012 Sb., o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích

Znečišťující látka	Doba průměrování	Mez pro posuzování [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]		Hodnota imisního limitu [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]
		Dolní mez pro posuzování	Horní mez pro posuzování	
SO ₂	1 hodina	—	—	350 max. 24× za rok
	24 hodin	50 max. 3× za rok	75 max. 3× za rok	125 max. 3× za rok
NO ₂	1 hodina	100 max. 18× za rok	140 max. 18× za rok	200 max. 18× za rok
	kalendářní rok	26	32	40
CO	maximální denní 8h klouzavý průměr	5 000	7 000	10 000
benzen	kalendářní rok	2	3,5	5
PM ₁₀	24 hodin	25 max. 35× za rok	35 max. 35× za rok	50 max. 35× za rok
	kalendářní rok	20	28	40
PM _{2,5}	kalendářní rok	12	17	20^{a)}
Pb	kalendářní rok	0,25	0,35	0,5
As	kalendářní rok	0,0024	0,0036	0,006
Cd	kalendářní rok	0,002	0,003	0,005
Ni	kalendářní rok	0,010	0,014	0,020
benzo[a]pyren	kalendářní rok	0,0004	0,0006	0,001
O ₃	maximální denní 8h klouzavý průměr	—	—	120^{b)} 25× v průměru za 3 roky

a) V roce 2020 vstoupil v souvislosti s právními předpisy EU v platnost přísnější imisní limit 20 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pro roční průměrnou koncentraci PM_{2,5}. Do roku 2019 včetně platil imisní limit 25 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

b) V případě dodržení imisního limitu při maximálním počtu překročení v zóně nebo aglomeraci je třeba usilovat o dosažení nulového počtu překročení (doba průměrování je jeden rok).

vegetaci a ekosystémy, mají stanoveny imisní limity, což jsou úrovně koncentrací, které by podle platné legislativy neměly být překračovány. Při hodnocení kvality ovzduší jsou především porovnávány zjištěné úrovně koncentrací s příslušnými imisními limity (Tab. I.1 a I.2), případně s přípustnými četnostmi jejich překročení. Stručná charakteristika znečišťujících látek, přehled jejich emisních zdrojů a jejich dopadů jsou uvedeny v Tab. I.5.

Hodnoty imisních limitů vycházejí z doporučených hodnot Světové zdravotnické organizace (WHO), kterou byly určeny na základě řady epidemiologických studií. V případě bezprahové působících látek jsou imisní limity odvozeny ze stanovených hodnot karcinogenního rizika (Tab. I.3 a I.4). V zájmu ochrany veřejného zdraví doporučuje WHO zachování úrovně znečišťujících látek v ovzduší dokonce na nižší úrovni, než pro kterou byly nepříznivé dopady na zdraví zdokumentovány. Nicméně tyto hodnoty vycházejí ze závěrů souvisejících se zdravotními dopady znečištění ovzduší a neberou v potaz otázky týkající se technické a ekonomické proveditelnosti a další politické a sociální faktory. Z tohoto důvodu mohou být hodnoty imisních limitů stanovených legislativou vyšší, ale proces směřující ke splnění doporučených hodnot WHO musí být všeobecně podporován (WHO 2013).

Doporučené hodnoty pro kvalitu ovzduší z hlediska ochrany zdraví vydává WHO pravidelně od roku 1987 s cílem pomoci vládám a občanským společnostem snížit expozici osob znečištěnému ovzduší a jeho nežádoucím účinkům. Další doporučené hodnoty WHO pro kvalitu ovzduší byly publikovány v roce 2006 (WHO 2006). Tato globální aktualizace měla významný vliv na směrnice týkající se zmírnění znečištění ovzduší po celém světě. Od vydání doporučených hodnot v roce 2006 uplynulo více než 15 let. Od té doby došlo k výraznému nárůstu kvality a množství důkazů poukazujících na nežádoucí vliv znečištěného ovzduší na zdraví. Aktualizace doporučených hodnot WHO pro kvalitu ovzduší byla zahájena v roce 2016 na základě značného vědeckého pokroku a globálního významu těchto hodnot. V září 2021 vydala WHO nové doporučené hodnoty pro kvalitu ovzduší pro šest znečišťujících látek (tzv. klasické polutanty, tj. PM_{10} , $PM_{2,5}$, NO_2 , O_3 , SO_2

a CO ; Tab. I.3), pro které nejvíce pokročily poznatky o účincích jejich negativního vlivu na lidské zdraví (WHO 2021).

V prosinci 2019 se Evropská komise v Zelené dohodě pro Evropu (EC 2019) zavázala dále zlepšovat kvalitu ovzduší a ve větší míře sladit normy EU pro kvalitu ovzduší s doporučeními Světové zdravotnické organizace (WHO). V návaznosti na Zelenou dohodu pro Evropu dochází v současné době k revizi směrnic o kvalitě ovzduší. Kromě užšího sladění imisních limitů s vědeckými poznatky včetně nejnovějších doporučení WHO, je cílem revize zlepšení legislativního rámce pro kvalitu ovzduší a posílení monitorování a modelování kvality ovzduší a plánů kvality ovzduší (EC 2022). Cíl užšího sladění s nejnovějšími vědeckými poznatky byl potvrzen v akčním plánu pro nulové znečištění, který zahrnuje vizi snížit do roku 2050 znečištění ovzduší (a vod a půdy) na úroveň, které již nejsou považovány za škodlivé pro zdraví a přírodní ekosystémy a které respektují hranice, s nimiž se naše planeta dokáže vypořádat, a vytvořit tak životní prostředí bez toxických látek. Kromě toho byly zavedeny cíle do roku 2030, z nichž dva se týkají ovzduší, a to (i) snížení zdravotních dopadů znečištění ovzduší (předčasná úmrtí) o více než 55 % prostřednictvím snížení emisí jemných částic $PM_{2,5}$ a (ii) snížení podílu ekosystémů v EU, v nichž znečištění ovzduší ohrožuje biologickou rozmanitost, o 25 %, v porovnání s rokem 2005 (EC 2021).

I.1 Politický a legislativní rámec ochrany čistoty ovzduší

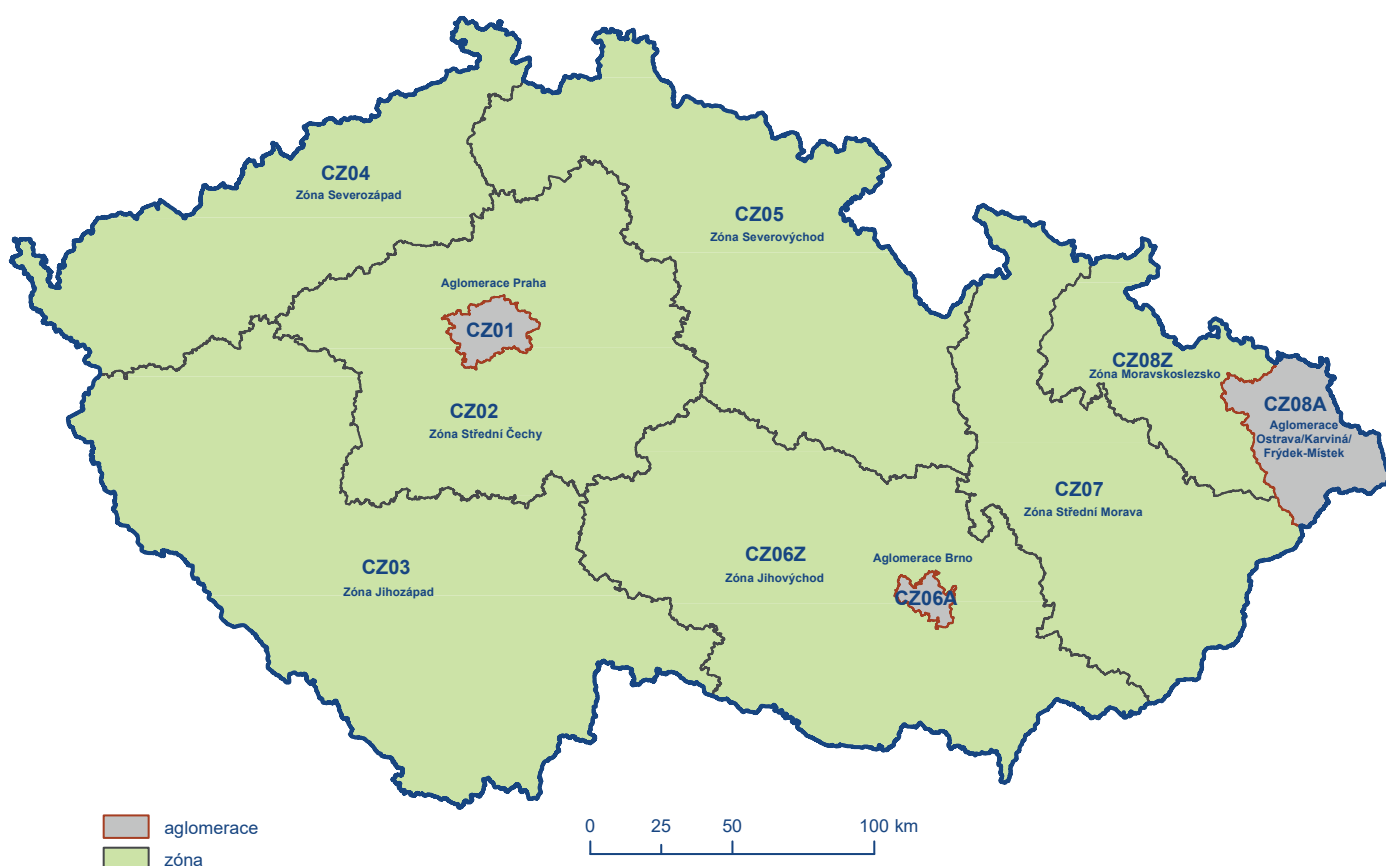
Základním strategickým dokumentem EU v oblasti posuzování a řízení kvality ovzduší je Tematická strategie o znečišťování ovzduší (dále Strategie). Cílem Strategie, v souladu s 6. akčním programem pro životní prostředí, je dosáhnout „úrovně znečiš-

Tab. I.2 Imisní limity (IL) pro ochranu ekosystémů a vegetace dle zákona č. 201/2012 Sb., v platném znění

Znečišťující látka	Doba průměrování	Mez pro posuzování		Hodnota imisního limitu [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]
		Dolní mez pro posuzování	Horní mez pro posuzování	
SO_2	rok a zimní období (1. 10. – 31. 3.)	8	12	20
NO_x	kalendářní rok	19,5	24	30
O_3	AOT40, vypočten z 1h hodnot v období květen–červenec ^{a)}	—	—	[$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$]
				18 000 ^{b)} průměr za 5 let

a) AOT40 znamená součet rozdílů mezi hodinovou koncentrací větší než $80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (= 40 ppb) a hodnotou $80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v dané periodě užitím pouze hodinových hodnot změřených každý den mezi 8:00 a 20:00 SEČ.

b) V případě dodržení imisního limitu v zóně nebo aglomeraci ve výšce 18 000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$ je třeba usilovat o dosažení imisního limitu ve výšce 6 000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$ (doba průměrování je jeden rok).



Obr. I.2 Zóny a aglomerace pro posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění ovzduší podle zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění

tění ovzduší, které nepředstavuje rizika pro lidské zdraví a pro životní prostředí, ani na ně nemá výrazně negativní dopad“. Na základě Strategie z roku 2005 provedla Evropská komise komplexní přezkum stávající politiky EU v oblasti ochrany ovzduší. Výsledkem bylo přijetí balíčku opatření (Clean Air Policy Package) v prosinci roku 2013. Balíček obsahuje např. programový dokument „Čisté ovzduší pro Evropu“ s novými cíli kvality ovzduší pro období do roku 2030 (EC 2013).

Hlavními nástroji ochrany a zlepšení kvality ovzduší v rámci EU jsou Směrnice 2008/50/ES, o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu, Směrnice 2004/107/ES, o obsahu arsenu, kadmia, rtuti, niklu a polycyklických aromatických uhlovodíků ve vnějším ovzduší, Směrnice 2016/2284/EU, o snížení národních emisí některých látek znečišťujících ovzduší, a Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU, o průmyslových emisích (integrovane prevenci a omezení znečištění). Jedná se také o Směrnici komise (EU) 2015/1480 ze dne 28. srpna 2015, kterou se mění několik příloh směrnic Evropského parlamentu a Rady 2004/107/ES a 2008/50/ES, kterými se stanoví pravidla pro referenční metody, ověřování údajů a umístění míst odběru vzorků při posuzování kvality vnějšího ovzduší.

Z evropské legislativy vychází i národní legislativa, upravující hodnocení kvality ovzduší v ČR. Základní právní normou v ČR je zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění (dále „zákon o ochraně ovzduší“), který mimo jiné vymezuje zóny a aglomerace, na jejichž úrovni se hodnotí kvalita ovzduší. Zónou je území vymezené MŽP pro účely sledování a řízení kvality ovzduší; aglomerací je sídelní seskupení, v němž žije nejméně 250 000 obyvatel. Zákon o ochraně ovzduší stanovuje tři aglomerace a sedm zón (Obr. I.2). Podrobnosti pak dále specifikuje vyhláška č. 330/2012 Sb., o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích.

V případě, že je v zóně nebo aglomeraci překročen imisní limit, nebo v případě, že je v zóně nebo aglomeraci imisní limit překročen vícekrát, než je stanovený maximální povolený počet překročení hodnoty imisního limitu, je povinností MŽP ve spolupráci s příslušným krajským úřadem nebo obecním úřadem zpracovat do 18 měsíců od konce kalendářního roku pro danou zónu nebo aglomeraci program zlepšování kvality ovzduší (PZKO). Cílem programu je stanovit opatření k dosažení požadované kvality ovzduší v době co možná nejkratší. PZKO stanovují opatření zejména na regionální a lokální úrovni.

Tab. I.3 Doporučené hodnoty WHO pro ochranu lidského zdraví (WHO 2000, WHO 2006, WHO 2021)

	Doba průměrování	Doporučená hodnota platná do roku 2020	Doporučená hodnota platná od roku 2021
PM₁₀	kalendářní rok	20 µg·m ⁻³	15 µg·m ⁻³
	24 hodin ^{c)}	50 µg·m ⁻³	45 µg·m ⁻³
PM_{2,5}	kalendářní rok	10 µg·m ⁻³	5 µg·m ⁻³
	24 hodin ^{c)}	25 µg·m ⁻³	15 µg·m ⁻³
benzo[a]pyren^{a)}		není stanovena	
NO₂	kalendářní rok	40 µg·m ⁻³	10 µg·m ⁻³
	24 hodin ^{c)}		25 µg·m ⁻³
	1 hodina	200 µg·m ⁻³	200 µg·m ⁻³
O₃	maximální denní 8h klouzavý průměr ^{c)}	100 µg·m ⁻³	100 µg·m ⁻³
	hlavní sezona ^{d)}		60 µg·m ⁻³
benzen^{a)}		není stanovena	
Pb	kalendářní rok	0,5 µg·m ⁻³	
Cd^{a, b)}		není stanovena	
As^{a)}		není stanovena	
Ni^{a)}		není stanovena	
SO₂	24 hodin ^{c)}	20 µg·m ⁻³	40 µg·m ⁻³
	10 minut	500 µg·m ⁻³	500 µg·m ⁻³
CO	15 minut	100 000 µg·m ⁻³	100 000 µg·m ⁻³
	1 hodina	30 000 µg·m ⁻³	35 000 µg·m ⁻³
	8 hodin	10 000 µg·m ⁻³	10 000 µg·m ⁻³
	24 hodin ^{c)}		4 000 µg·m ⁻³

a) Jedná se o karcinogenní látky pro lidský organismus. Nelze proto stanovit bezpečnou úroveň látky. Doporučená hodnota WHO není stanovena. Více informací o rizicích vzniku rakoviny viz WHO (2000). WHO u bezprahově působících látek stanovuje pouze hodnotu jednotkového rizika (UCR). Hodnota UCR pro celoživotní riziko při expozici 1 µg·m⁻³: pro benzen 6×10^{-6} , pro benzo[a]pyren $8,7 \times 10^{-2}$, pro Cd $4,9 \times 10^{-4}$, pro Ni $3,8 \times 10^{-4}$, pro As $1,5 \times 10^{-3}$.

b) Doporučená hodnota kadmia ve venkovním ovzduší k zabránění dalšího nárůstu tohoto prvku v zemědělských půdách je 0,005 µg·m⁻³.

c) Stanoveno jako 99. percentil.

d) Průměr z denních maximálních 8hodinových koncentrací O₃ za šest po sobě jdoucích měsíců s nejvyšší šestiměsíční klouzavou průměrnou koncentrací O₃.

PZKO 2020+ pro jednotlivé zóny a aglomerace byly vydány ve Věstníku MŽP (MŽP 2020, MŽP 2021). V návaznosti na novelu zákona o ochraně ovzduší z roku 2018 (č. 172/2018 Sb.) nahrazují PZKO 2020+ předchozí programy zlepšování kvality ovzduší z roku 2016. PZKO 2020+ stanovují závazná opatření k dosažení imisních limitů. Tato opatření byla stanovena na základě analýzy příčin znečištění ovzduší a na základě imisní projekce vývoje kvality ovzduší se zohledněním existujících opatření. Kromě těchto závazných opatření stanovují PZKO 2020+ také tzv. Podpůrná opatření představující dobrou praxi při řízení kvality ovzduší na všech úrovních a ve všech součástech veřejné sprá-

vy. PZKO společně s Národním programem snižování emisí ČR se jedná o základní strategické dokumenty zlepšování kvality ovzduší (MŽP 2023).

Ministerstvo životního prostředí zveřejnilo počátkem roku 2020 aktualizovaný Národní program snižování emisí (NPSE) ČR. Česká republika připravuje tento dokument kontinuálně již od roku 2004 a jeho hlavním účelem je zajistit snížení celkové úrovně znečišťování a znečištění ovzduší v ČR. Pracovní skupina, jejímž aktivním účastníkem byl také ČHMÚ, koordinovala jednání pracovních týmů pro jednotlivé zájmové sektory – zemědělství, dopravu,

veřejnou energetiku a lokální vytápění domácností. V návaznosti na výstupy NPSE jsou navrhována opatření ke snížení emisí sledovaných znečišťujících látek. Opatření podle jejich povahy jsou rozdělena do tří skupin na opatření prioritní, podpůrná a průřezová. Rovněž jsou definovány způsoby a odhadnuty přínosy opatření ke snížení emisí pod úroveň emisních stropů, stanovených požadavky Směrnice 2016/2284/EU (viz kap. II.). V současné době jsou připravovány podklady pro novou pravidelnou čtyřletou aktualizaci NPSE.

I.2 Cíle publikace

Ročenka „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2022“, společně s publikovanou datovou ročenkou „Souhrnný tabelární přehled“ (ČHMÚ 2023e) a s metodickým materiálem „Systém sběru, zpracování a hodnocení dat“ (ČHMÚ 2023d) je uceleným přehledem informací o kvalitě ovzduší na území ČR v daném roce. Hodnocení kvality ovzduší vychází z naměřených údajů, shromažďovaných v rámci ISKO, za využití dalších podkladů a matematických nástrojů. Datová ročenka prezentuje verifikovaná naměřená imisní data a údaje o chemickém složení atmosférických srážek z jednotlivých lokalit včetně agregovaných údajů,

grafická ročenka poskytuje komentované souhrnné informace v přehledných mapách, grafech a tabulkách.

Souhrnná a úvodní kapitola ročenky zahrnuje nejdůležitější informace o kvalitě ovzduší v daném roce a obecné informace k této problematice. Obsahem dalších kapitol je podrobné zpracování jednotlivých témat týkajících se produkce emisí znečišťujících látek, hodnocení kvality ovzduší na území ČR a situace v Evropě. Publikace obsahuje i informace o emisích skleníkových plynů a atmosférické depozici.

Ročenky kvality ovzduší jsou určeny orgánům a organizacím řešícím a řídicím problematiku životního prostředí a ochrany ovzduší v ČR, jakož i odborné a širší veřejnosti. Ročenky jsou veřejně přístupné na internetových stránkách ČHMÚ, www.chmi.cz a info.chmi.cz. Publikace je základním informačním dokumentem o kvalitě ovzduší v ČR, jejímž cílem je na základě dostupných dat a informací vyhodnotit stav ovzduší v širších souvislostech.

Ročenka prezentuje hodnocení kvality ovzduší v roce 2022 podle požadavků české legislativy v oblasti ochrany kvality ovzduší. V souladu se zákonem o ochraně ovzduší je hodnocení zaměřeno na vymezení území, kde jsou překračovány imisní limity pro ochranu zdraví a pro ochranu ekosystémů a vegetace (Tab. I.1 a Tab. I.2).

Tab. I.4 Doporučené hodnoty WHO pro ochranu vegetace (WHO 2000)

	Doba průměrování	Vegetace	Doporučená hodnota
NO _x	kalendářní rok		30 µg·m ⁻³
	24 hodin		75 µg·m ⁻³
SO ₂	rok a zimní období	zemědělské plodiny	30 µg·m ⁻³
	rok a zimní období	lesy a přírodní vegetace	20 µg·m ⁻³
	kalendářní rok	lišejníky	10 µg·m ⁻³
O ₃	AOT40, vypočten z 1h hodnot v období květen–červenec	zemědělské plodiny	6 000 µg·m ⁻³
	AOT40, vypočten z 1h hodnot v období duben–říjen	lesy	20 000 µg·m ⁻³
	AOT40, vypočten z 1h hodnot v období květen–červenec	přírodě blízké ekosystémy	6 000 µg·m ⁻³

Tab. I.5 Stručná charakteristika, přehled hlavních emisních zdrojů a hlavních dopadů látek znečišťujících ovzduší

Znečišťující látka a její zdroje	Zdravotní dopady	Environmentální dopady
<p>Suspendované částice (atmosférický aerosol) Atmosférický aerosol jsou pevné a kapalné částice suspendované v ovzduší produkované přírodními i antropogenními zdroji. K přírodním zdrojům patří vulkanická činnost, větrem unášený prach a pyl a přírodní požáry. Největším antropogenním zdrojem primárních částic v ČR jsou domácnosti, polní práce a mobilní zdroje (silniční doprava a nesilniční vozidla). Suspendované částice mohou být primárního či sekundárního původu. Primární částice jsou do ovzduší emitovány přímo, sekundární částice v ovzduší vznikají procesem konverze plyn-částice (gas-to-particle conversion). Hlavními plynnými prekurzory sekundárních částic jsou SO_2, NO_x, NH_3 a VOC (Pöschl 2011; EEA 2013).</p> <p>Velikostní rozsah atmosférického aerosolu zahrnuje pět velikostních řádů – od jednotek nm po stovky μm. Tuto škálu lze na základě podobných vlastností částic rozdělit na částice jemného (částice $\leq 2,5 \mu\text{m}$) a hrubého módu (částice $\geq 2,5 \mu\text{m}$). Jemné částice jsou produkty zejména nedokonalého spalování, hrubé částice vznikají mechanicky (Hinds 1999; Seinfeld, Pandis 2006). Jemné částice lze dále rozdělit na částice nukleačního, Aitkenova a akumulárního módu. Částice nukleačního módu ($< 20 \text{ nm}$)¹ jsou emitovány do ovzduší přímo nebo v něm vznikají, pokud nejsou z atmosféry odstraněny procesem difuze, transformují se do částic Aitkenova módu. Částice Aitkenova módu (20–100 nm) vznikají během spalovacích procesů (Finlayson-Pitts a Pitts 1999). Akumulační mód dosahuje velikostí 100 nm–2,5 μm, je tvořen transformovanými částicemi předchozích dvou módů (Seinfeld a Pandis 2006).</p> <p>Mobilní zdroje produkují částice 10–100 nm. Stacionární zdroje jsou původci částic v rozmezí 50–200 nm. Dálkovým transportem jsou přenášeny částice 100–1000 nm (Gu et al. 2011; Hinds 1999; Zhang et al. 2004; Zhou et al. 2005; Yue et al. 2008). Částice hrubého módu tvoří např. částice půdy, mořská sůl, částice z průmyslových a zemědělských činností. Jejich vysoká sedimentační rychlost určuje krátký čas setrvání v atmosféře v rozsahu několika hodin až dní. Z atmosféry jsou odstraňovány suchou depozicí a srážkami (Hinds 1999; Tomasi a kol. 2017; Seinfeld a Pandis 2006).</p> <p>Legislativní úprava stanovuje emisní limity pro hmotnostní koncentraci částic velikostní frakce PM_{10} (částice o průměru ≤ 10 mikrometrů) a $\text{PM}_{2,5}$ (částice o průměru $\leq 2,5$ mikrometrů).</p> <p>Hmotnost částic (zejména ultrajemných $< 100 \text{ nm}$) ve standardně měřeném velikostním spektru PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ je v porovnání s jejich počty zanedbatelná. Proto je pro některá hodnocení vlivu aerosolových částic (zdravotní dopady, vliv na klima) využíváno měření počtu částic a jejich velikostní distribuce (Tuch et al. 1997; Stanier et al. 2004).</p>	<p>Suspendované částice mají široké spektrum účinků na srdečně-cévní a respirační ústrojí. Dráždí dýchací cesty, omezují obranné mechanismy a usnadňují vznik infekce, vyvolávají zánětlivou reakci v plicní tkáni, přispívají k oxidačnímu stresu a tím i k rozvoji aterosklerózy, ovlivňují elektrickou aktivitu srdce a od roku 2013 jsou zařazeny mezi prokázané lidské karcinogeny (IARC 2015). Účinek závisí na velikosti, tvaru a složení částic. Krátkodobé zvýšení denních koncentrací částic PM_{10} se podílí na nárůstu celkové nemocnosti i úmrtnosti, zejména na onemocnění srdce a cév, na zvýšení počtu osob hospitalizovaných pro onemocnění dýchacího ústrojí, zvýšení kojenecké úmrtnosti, zvýšení výskytu kašle a ztíženého dýchání zejména u astmatiků (SZÚ 2015).</p> <p>Dlouhodobě zvýšené koncentrace mohou mít za následek snížení plicních funkcí, zvýšení nemocnosti na onemocnění dýchacího ústrojí, výskyt symptomů chronického zánětu průdušek a zkrácení délky života zejména z důvodu vyšší úmrtnosti na choroby srdce a cév u starých a nemocných osob a na respirační nemoci včetně rakoviny plic (SZÚ 2015). Pro působení aerosolových částic v ovzduší nebyla zatím zjištěna bezpečná prahová koncentrace.</p>	<p>Ovlivňují radiační bilanci Země, formování oblaků a srážek, dohlednost. Mají přímý (rozptýl přichozího slunečního záření) a nepřímý (jako kondenzační jádra v oblacích ovlivňují odraz záření od oblaků) vliv na radiační bilanci Země. Atmosférické aerosoly odrážejí a/nebo absorbují sluneční záření a tak přispívají k ochlazení či oteplování klimatického systému Země (IPCC, 2013).</p> <p>Částice mají vliv na zvířata jako na lidi; ovlivňují rostlinný růst a ekosystémové procesy; mohou poškodit a pošpinit budovy (EEA 2013).</p>

1 Velikostní rozsah pro jednotlivé módy se mohou v literatuře lišit a to zejména pro velikostní rozsah nukleačního módu. Pro zpracování a hodnocení je v následujících textech použita velikost nukleačního módu dle Young and Keeler (2007).

Znečišťující látka a její zdroje	Zdravotní dopady	Environmentální dopady
<p>Benzo[a]pyren Benzo[a]pyren, který se v ovzduší vyskytuje převážně navázaný na částice, je vhodným markerem znečištění ovzduší PAH. Důvodem je jeho stabilita a relativně konstantní příspěvek ke karcinogenní aktivitě směsi PAH vázaných na částicích (EC 2001a). Mezi hlavní zdroje benzo[a]pyrenu v ČR patří vytápění domácností.</p>	<p>PAH představují skupinu látek, z nichž řada má toxické, mutagenní či karcinogenní vlastnosti, patří mezi endokrinní disruptory (látky poškozující funkci žláz s vnitřní sekrecí) a působí imunosupresivně. Ovlivňují růst plodu; prenatální expozice PAH souvisí s výrazně nižší porodní váhou (Choi et al. 2006) a pravděpodobně také s negativním ovlivněním kognitivního vývoje malých dětí (Edwards et al. 2010). Samotný benzo[a]pyren je klasifikován jako prokázaný lidský karcinogen (IARC 2020).</p>	<p>PAH mají schopnost bioakumulace, mohou přecházet do potravního řetězce (Brookes et al. 2013, EEA 2013).</p>
<p>Oxidy dusíku Jako oxidy dusíku (NO_x) jsou označovány oxid dusnatý (NO) a oxid dusičitý (NO₂). Více než 90 % antropogenních emisí NO_x představují emise NO. Hlavním antropogenním zdrojem NO_x v ČR jsou mobilní zdroje (silniční doprava a nesilniční vozidla, veřejná energetika a výroba tepla, použití anorganických dusíkatých hnojiv a domácnosti).</p>	<p>Z hlediska vlivu na lidské zdraví lze za nejdůležitější formu považovat NO₂ (WHO 2005). NO₂ postihuje především dýchací systém. Hlavním efektem krátkodobého působení vysokých koncentrací NO₂ je nárůst reaktivity dýchacích cest a z toho vyplývající nárůst obtíží astmatiků (Samet et al. 2000). Expozice NO₂ snižuje plicní funkce a zvyšuje u dětí riziko respiračních onemocnění v důsledku snížené obranyschopnosti vůči infekci (EEA 2013, Peel et al. 2005). Působení NO₂ je spojováno také se zvýšením celkové, kardiovaskulární a respirační úmrtnosti (Stieb et al. 2003, Samoli et al. 2003), ale je obtížné oddělit účinky dalších, současně působících látek, zejména aerosolu (WHO 2005), uhlovodíků, ozonu a dalších (Brauer et al. 2002).</p>	<p>NO_x přispívají k acidifikaci a eutrofizaci půd a vod. Vysoké koncentrace NO_x mohou poškodit rostliny. NO_x jsou prekurzory přízemního ozonu a částic (EEA 2013, Brookes et al. 2013).</p>
<p>Přízemní ozon Ozon (O₃) je sekundární znečišťující látka bez vlastního emisního zdroje, vzniká jako součást fotochemického smogu. Vzniká za účinku slunečního záření soustavou reakcí zejména mezi NO_x, VOC a kyslíkem (EEA 2013). Ozon může být transportován na velké vzdálenosti, kumulovat se a dosáhnout vysokých koncentrací daleko od místa svého vzniku (Brookes et al. 2013).</p>	<p>Hlavní účinek ozonu na lidský organismus je dráždivý. Dráždí oční spojivky, nosní sliznice a průdušky. Krátkodobé studie ukazují, že koncentrace O₃ mohou mít nepříznivé účinky na funkci plic vedoucí k jejich zánětu a respiračním problémům (EEA 2013). Ve vyšších koncentracích dojde drážděním dýchacích cest k jejich zúžení a ztíženému dýchání. Zvýšeně citlivé vůči ozonu jsou osoby s chronickými obstrukčními onemocněními plic a astmatem. Vyšší koncentrace ozonu jsou spojovány se zvýšením denní úmrtnosti (WHO 2005).</p>	<p>Poškozují vegetaci, ovlivňují rostlinný růst a zapříčiňují ztrátu výnosů zemědělských plodin, jeho působením může dojít k poškození lesních ekosystémů a snížení biodiverzity (EEA 2013).</p>
<p>Benzen Benzen je v ovzduší přítomen zejména v důsledku antropogenní činnosti. Emise benzenu jsou do ovzduší vnášeny výfukovými plyny i odpařováním z palivových systémů vozidel. Významné množství emisí benzenu vzniká při spalování pevných paliv v domácnostech, dále při plošném použití organických rozpouštědel nebo při těžbě paliv.</p>	<p>Benzen patří mezi karcinogenní látky pro člověka (IARC 2020). Při vysokých koncentracích může mít hematotoxické, genotoxické a imunotoxické účinky (SZÚ 2015).</p>	<p>Schopnost bioakumulace; může poškodit listy zemědělských plodin a způsobit smrt rostlin (EEA 2013).</p>
<p>Olovo Většina olova obsaženého v atmosféře pochází z antropogenních emisí. Mezi hlavní zdroje v ČR patří výroba železa a oceli, silniční doprava (otěry pneumatik a brzd), domácnosti a veřejná energetika a výroba tepla.</p>	<p>Při dlouhodobé expozici lidského organismu se projevují účinky na biosyntézu hemu, nervový systém a krevní tlak. Expozice olovem představuje riziko i pro vyvíjející se plod, může negativně ovlivnit vývoj mozku a následně ovlivnit duševní vývoj (Černá 2011; EEA 2013). Z hlediska karcinogenity pro člověka je olovo zařazeno do skupiny 2B – možné karcinogenní účinky (IARC 2020).</p>	<p>Olovo se může hromadit v tělech organismů (bioakumulace) jako jsou ryby, a může přecházet do potravního řetězce (Brookes et al. 2013, EEA 2013).</p>
<p>Kadmium je navázáno převážně na částice s aerodynamickým průměrem do 2,5 μm (EC 2001b). Mezi hlavní zdroje v ČR patří domácnosti (vytápění, ohřev vody, vaření), veřejná energetika a výroba tepla, výroba železa a oceli a výroba skla.</p>	<p>Dlouhodobá expozice kadmium ovlivňuje funkci ledvin. Může také negativně ovlivnit dýchací soustavu; mezi důsledky vlivu kadmia patří i rakovina plic (WHO 2000).</p>	<p>Schopnost bioakumulace (EEA 2013).</p>

Znečišťující látka a její zdroje	Zdravotní dopady	Environmentální dopady
<p>Arsen se vyskytuje převážně v částicích s aerodynamickým průměrem do 2,5 µm (EC 2001b). Mezi hlavní zdroje v ČR patří domácnosti (vytápění, ohřev vody, vaření), veřejná energetika a výroba tepla a výroba olova a skla.</p>	<p>Vysoké koncentrace způsobují poškození nervového systému (SZÚ 2015a). Kritickým účinkem dlouhodobého vdechování arsenu je rakovina plic (EC 2001b; WHO 2000).</p>	<p>Schopnost bioakumulace; snížení růstu a výnosů rostlin rostoucích na půdách s obsahem arsenu (EEA 2013).</p>
<p>Nikl Nikl se vyskytuje v částicích v několika chemických sloučeninách, které se liší svou toxicitou pro lidské zdraví i ekosystémy. Mezi hlavní zdroje v ČR veřejná energetika a výroba tepla a spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví a domácnosti.</p>	<p>Může ovlivnit dýchací soustavu a obranyschopnost člověka (WHO 2000; EEA 2013). Sloučeniny niklu jsou klasifikovány jako prokázaný lidský karcinogen, kovový nikl a jeho slitiny jako možný karcinogen (IARC 2020).</p>	<p>Nikl může znečišťovat půdy a vodu.</p>
<p>Oxid siřičitý Oxid siřičitý (SO₂) je emitován do ovzduší při spalování paliv s obsahem síry. Mezi hlavní zdroje SO₂ v ČR patří veřejná energetika a výroba tepla a vytápění domácností.</p>	<p>Má dráždivé účinky na oči a dýchací soustavu. Vysoké koncentrace SO₂ mohou způsobit respirační potíže. Zánět dýchacích cest způsobuje kašel, vylučování hlenu, zhoršení astmatu a chronické bronchitidy a zvyšuje náchylnost k infekcím dýchacích cest. Lidé trpící astmatem a chronickým onemocněním plic jsou k působení SO₂ zvláště citliví (EC 1997; WHO 2014).</p>	<p>SO₂ přispívá k acidifikaci prostředí. SO₂ přispívá i ke vzniku sekundárních suspendovaných částic, u kterých je prokázán negativní dopad na lidské zdraví (EEA 2013).</p>
<p>Oxid uhelnatý Oxid uhelnatý (CO) je plyn, který vzniká v důsledku nedokonalého spalování fosilních paliv. V ČR je největším zdrojem emisí CO vytápění domácností, silniční doprava, spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví (železo a ocel) a výroba železa a oceli.</p>	<p>Váže se na krevní barvivo (hemoglobin) lépe než kyslík, a dochází tak ke snížení kapacity krve pro přenos kyslíku. Prvními subjektivními příznaky otravy jsou bolesti hlavy, poté zhoršení koordinace a snížení pozornosti. Nejvíce citliví k působení CO jsou opět lidé s kardiovaskulárním onemocněním (EEA 2013). Toxické účinky CO se projeví nejvíce v orgánech a tkáních s vysokou spotřebou kyslíku, jako je mozek, srdce a kosterní svalstvo. Nebezpečný je také pro vyvíjející se plod (WHO 2000).</p>	<p>CO může přispívat ke vzniku přízemního ozonu (EEA 2013, Brookes et al. 2013).</p>
<p>Elementární uhlík Elementární uhlík (EC) je produktem nedokonalého spalování organických materiálů (uhlí, oleje, benzínu, dřeva a biomasy) (Schwarz et al. 2008). EC je emitován do ovzduší pouze přímo (primární částice). Kromě termínu EC je používán také termín černý uhlík (BC). Černý a elementární uhlík v podstatě označují stejný komponent atmosféry. Zatímco EC obsahuje pouze uhlík, BC může obsahovat kromě EC i organické příměsi (Chow et al. 2009; Husain et al. 2007; Petzold et al. 2013). Používání terminologie pro označení elementárního a černého uhlíku se liší v pojetí charakteru této látky. Termín EC definuje též vlastnosti, označení černý uhlík (BC) popisuje absorpční vlastnosti napříč spektrem viditelných vlnových délek (Seinfeld, Pandis 2006).</p>	<p>EC je součástí jemné frakce aerosolových částic (PM_{2,5}). Z hodnocení zdravotních dopadů PM_{2,5} na lidské zdraví vyplynulo, že variabilitu epidemiologických výsledků nelze vysvětlit pouze proměnlivostí koncentrací PM_{2,5} v prostoru. Příčinou mohou být právě více toxikologicky aktivní složky PM_{2,5} (Luben et al. 2017). EC (resp. BC) oproti OC lépe prostupuje do lidského těla a zhoršuje onemocnění srdce a plic (Na, Cocker 2005).</p>	<p>BC silně absorbuje sluneční záření a významně přispívá k oteplení klimatického systému Země (Bachmann 2009).</p>
<p>Organický uhlík Organický (OC) uhlík vzniká při nedokonalém spalování, produkci biogenních částic (viry, bakterie, pyl, houbové spory a všechny druhy fragmentů z vegetace) a resuspencí prachu spojené s dopravou (Schwarz et al. 2008). OC je jak primární, tak i sekundární částice tj. může vznikat reakcemi plynných organických prekurzorů.</p>	<p>OC je součástí jemné frakce aerosolových částic (PM_{2,5}). Organické částice (včetně organického uhlíku), jež mohou obsahovat mimo jiné frakce polycyklických organických uhlovodíků (PAH), jsou studovány pro jejich karcinogenitu a mutagenní účinky (Seinfeld, Pandis 2006; Satsangi et al. 2012).</p>	<p>OC rozptyluje sluneční záření, což má ochlazující účinek na klimatický systém Země (IPCC 2013).</p>

II. ZNEČIŠŤOVÁNÍ OVZDUŠÍ

ČHMÚ hodnotí z pověření MŽP úroveň znečišťování ovzduší pro primární znečišťující látky antropogenního původu. Základním podkladem je tzv. emisní inventura, která kombinuje přímý sběr údajů vykazovaných provozovateli zdrojů s modelovými výpočty z dat ohlášených provozovateli zdrojů nebo zjišťovaných v rámci statistických šetření prováděných především ČSÚ. Výsledné emisní inventury jsou prezentovány v podobě emisních bilancí v sektorovém a územním členění (ČHMÚ 2023a). Doprovodný dokument popisující metodiky zpracování emisních inventur je rovněž prezentován na internetových stránkách (ČHMÚ 2023b). Aktuální zpráva (ČHMÚ 2023f) představuje výsledky inventarizace emisí pro období 1990–2021, která zohledňuje doporučení týmu kontrolujícího metodiky inventur u členských států EU. Ty se týkají především použití výsledků šetření o spotřebách paliv v domácnostech ENERGO 2021 (ČSÚ 2022).

Emisní inventura v ČR

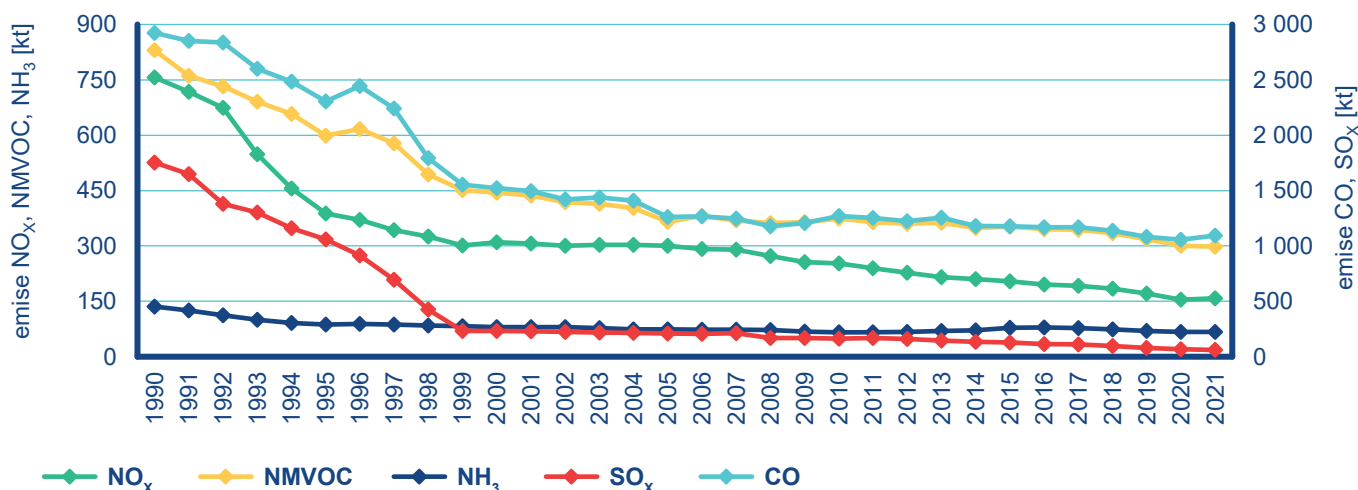
Zdroje znečišťování ovzduší jsou z hlediska způsobu sledování emisí rozděleny na zdroje sledované jednotlivě a zdroje sledované hromadně. Jednotlivě jsou sledovány zdroje vyjmenované v příloze č. 2 zákona č. 201/2012Sb., o ochraně ovzduší. Provozovatelé těchto zdrojů jsou podle § 17 odst. 3 písm. c) zákona povinni vést provozní evidenci stálých a proměnných údajů o stacionárním zdroji popisujících zdroj a jeho provoz a údajů o vstupech a výstupech z tohoto zdroje. Dále jsou povinni každoročně ohlašovat údaje souhrnné provozní evidence (SPE) pro-

střednictvím Integrovaného systému plnění ohlašovacích povinností (ISPOP). Údaje z ISPOP jsou dále přebírány do databázi REZZO 1 a REZZO 2. Sběr dat za uplynulý rok probíhá v období od ledna do konce března.

Hromadně sledované zdroje evidované v REZZO 3 zahrnují emise z nevyjmenovaných spalovacích zdrojů, stavebních a zemědělských činností, plošného použití organických rozpouštědel, čerpacích stanic, těžby uhlí, požárů automobilů a budov, z nakládání s odpady a odpadními vodami, používání zábavní pyrotechniky, aj. Emise z těchto zdrojů jsou zjišťovány s využitím údajů sledovaných národní statistikou a emisních faktorů.

Hromadně jsou sledovány také údaje o mobilních zdrojích (REZZO 4), které zahrnují emise ze silniční (včetně emisí NMVOC z odparů benzínu z palivového systému vozidel a emisí z otěrů brzd, pneumatik a silnic), železniční, vodní a letecké dopravy a z provozu nesilničních strojů a mechanismů (zemědělské, lesní a stavební stroje, vozidla armády, údržba zeleně apod.). Součástí emisní inventury nejsou emise z resuspenze, tj. zviření prachu při provozu vozidel.

Pro modelové hodnocení úrovně znečištění jsou pro stanovení emisí z vytápění domácností používány emisní faktory reprezentující odhadovaný stav, kdy jsou kotle po část doby provozovány na snížený výkon znamenající nedokonalé spalování a zvýšené emise (EU 2015). Stejně tak jsou do modelového hodnocení úrovně znečištění zahrnuty emise z resuspenze ze silniční dopravy.

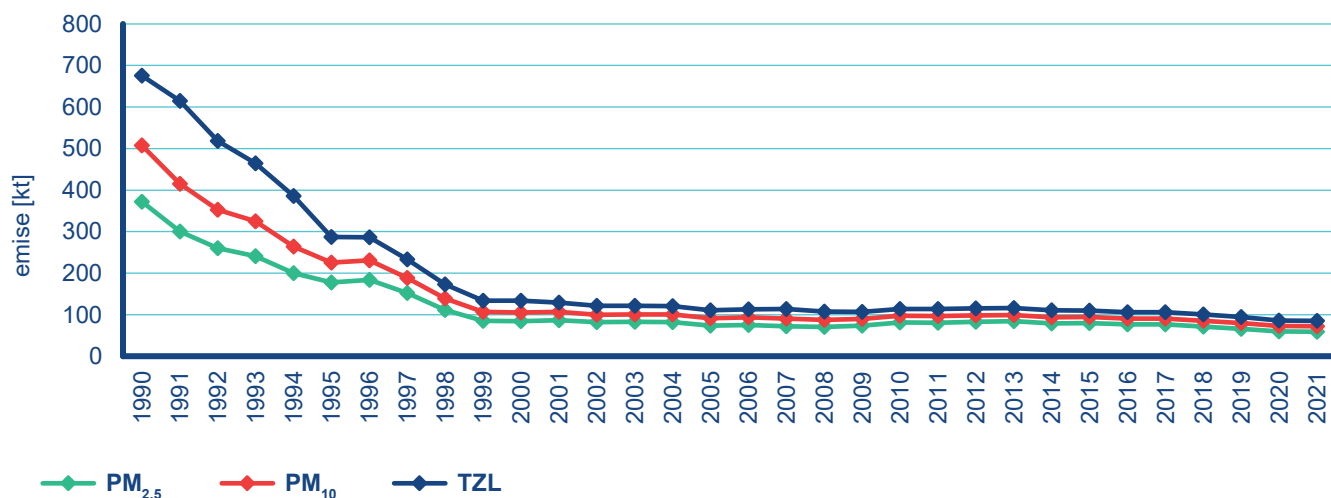


Obr. II.1 Vývoj celkových emisí hlavních znečišťujících látek, 1990–2021

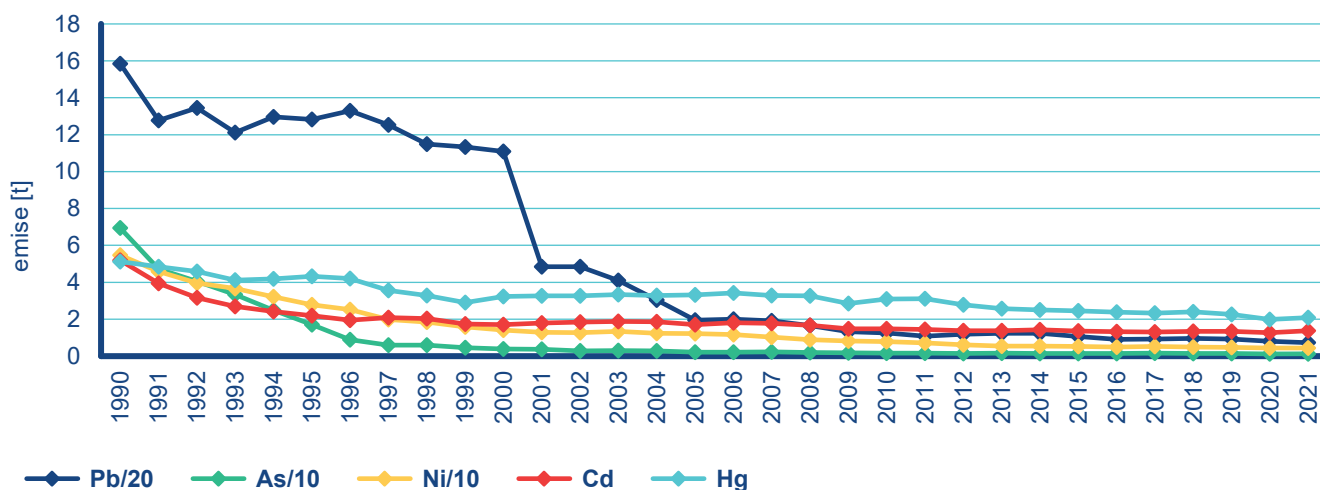
Vývoj emisí

Vývoj úrovně znečišťování ovzduší je úzce spjat s ekonomickou a společensko-politickou situací i s rozvojem poznání v oblasti životního prostředí umožňujícím úplnější a přesnější emisní inventury. Časová řada zahrnující období 1990–2021 v členění na hlavní plynné znečišťující látky, tuhé znečišťující látky, těžké kovy a POP je prezentována na Obr. II.1 až II.4. Emise všech znečišťujících látek poklesly v tomto období o desítky procent. Emise benzo[*a*]pyrenu začaly po poklesu v období do roku 2008 opět narůstat a v roce 2012 se přiblížily úrovni roku 2001. Vlivem vyššího podílu spotřeby černého uhlí v domácnostech po roce 2010 došlo také ke zvýšení emisí HCB. V roce 2012 dosáhly o 35 % vyšší úrovně než v roce 2000. Emise ze stacionárních zdrojů kategorie REZZO 1 a REZZO 2 výrazně poklesly vlivem zavedení sys-

tému řízení kvality ovzduší, který aplikuje na různých úrovních řadu nástrojů (normativní, ekonomické, informační atd.). Dopady těchto nástrojů se nejvíce projevily koncem devadesátých let minulého století, tj. v období, kdy vstoupily v obecnou platnost emisní limity zavedené tehdy novou legislativou. Výrazné snížení produkce emisí z nejvýznamnějších zdrojů se příznivě projevilo na kvalitě ovzduší především v průmyslových oblastech severních Čech a Moravy, a došlo mj. také k významnému omezení dálkového přenosu znečišťujících látek. I přes významné snižování emisí u energetických a průmyslových zdrojů přetrvávají na mnoha místech problémy s dodržováním požadavků na kvalitu ovzduší, a proto se pozornost v posledních letech soustřeďuje také na zdroje kategorie REZZO 3 a REZZO 4. Přestože i zde došlo k výraznému snížení emisí zejména u silniční dopravy, vliv těchto zdrojů na kvalitu ovzduší je významný především v obcích a pro jejich regulaci zatím nebyla uplatněna celoplošně účinná opatření.



Obr. II.2 Vývoj celkových emisí částic, 1990–2021



Obr. II.3 Vývoj celkových emisí těžkých kovů, 1990–2021

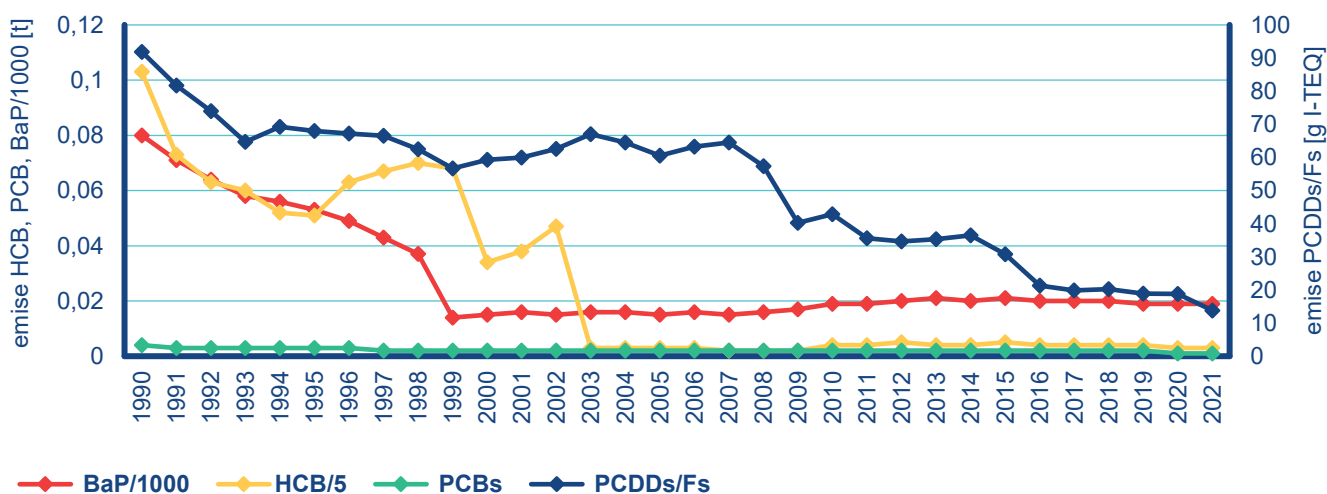
II. Znečišťování ovzduší

Mimo jiné i z těchto důvodů uložily revize Göteborgského protokolu a Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/2284 ČR závazky ke snížení emisí k roku 2020 u $PM_{2,5}$ o 17 %, SO_x o 45 %, NO_x o 35 %, NMVOC o 18 % a NH_3 o 7 % a k roku 2030 $PM_{2,5}$ o 60 %, SO_x o 66 %, NO_x o 64 %, NMVOC o 50 % a NH_3 o 22 % oproti roku 2005.

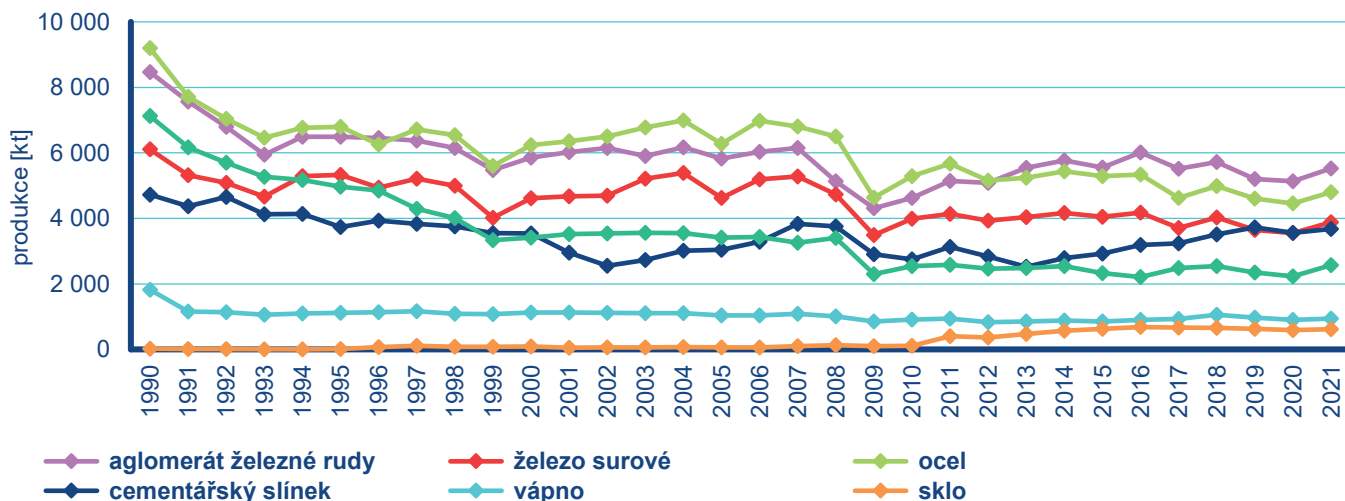
V roce 1991 vstoupil v platnost zákon č. 309/1991 Sb., o ochraně ovzduší, doplněný zákonem 389/1991 Sb., o státní správě ochrany ovzduší a poplatcích za jeho znečišťování, který poprvé v historii ČR zavedl s platností od roku 1998 emisní limity. V důsledku restrukturalizace hospodářství a modernizace zdrojů došlo v řadě odvětví po roce 1990 k výraznému poklesu výroby (Obr. II.5).

U spalovacích zdrojů s nižším tepelným výkonem (výtopy/kotelny) postupně docházelo k náhradě pevných a kapalných fosilních paliv zemním plynem (Obr. II.6).

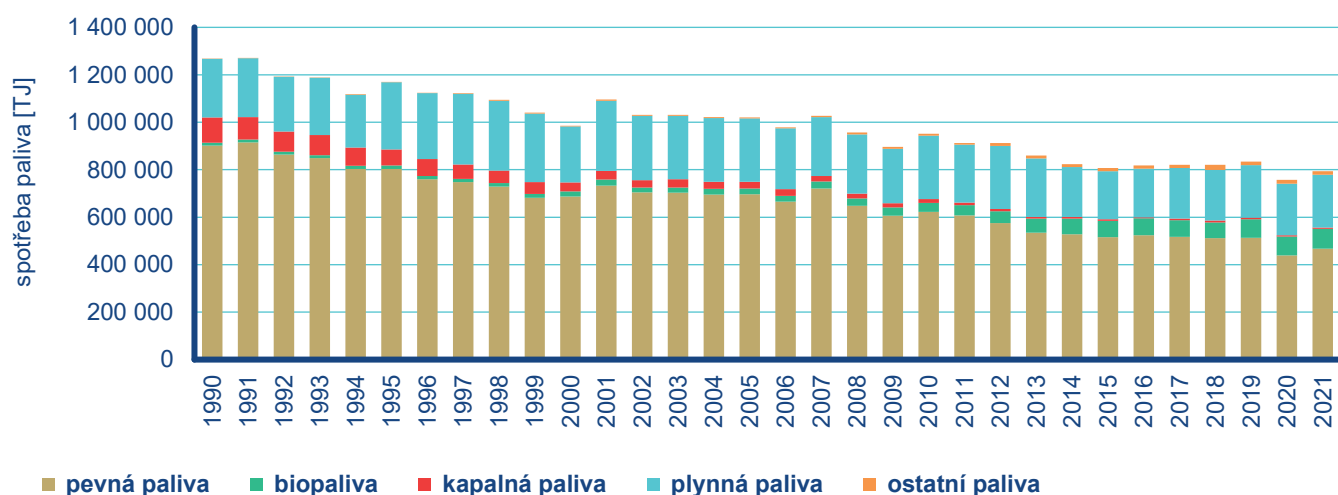
Emise z lokálního vytápění domácností poklesly nejvíce v období 1993–1997 vlivem plynifikace obcí a státní podpory vytápění elektrinou. Spotřeba pevných fosilních paliv v domácnostech byla v roce 2001 o 67 % nižší ve srovnání s rokem 1990 (Obr. II.7). Emise hlavních znečišťujících látek a emise částic ze zdrojů REZZO 4 klesaly z důvodu přirozené obnovy vozového parku. Ukončení prodeje olovnatého benzínu v roce 2001 způsobilo výrazné snížení emisí Pb do ovzduší (Obr. II.3).



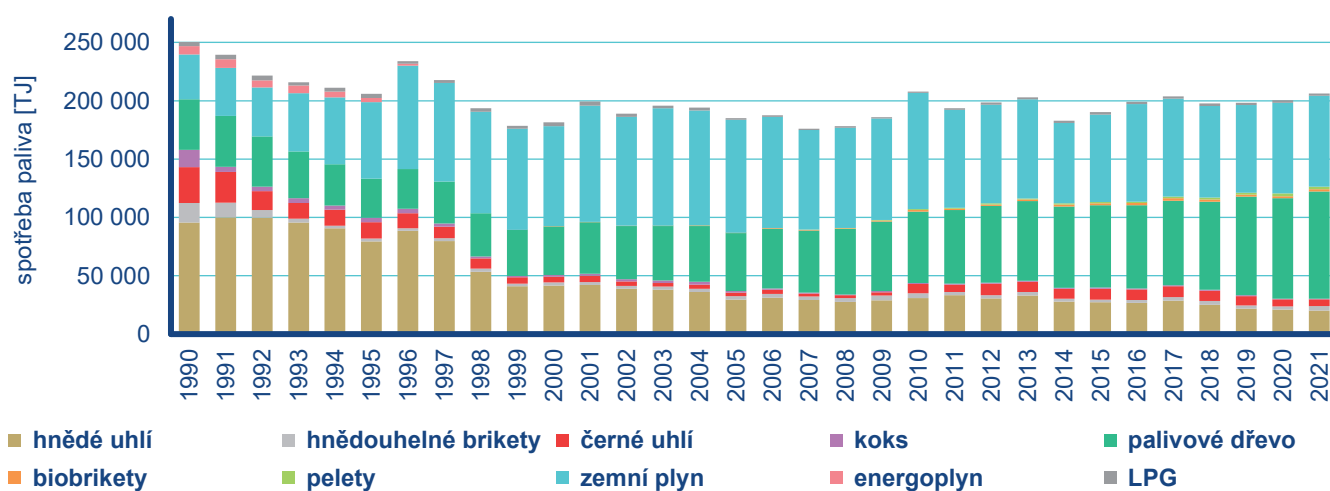
Obr. II.4 Vývoj celkových emisí POP, 1990–2021



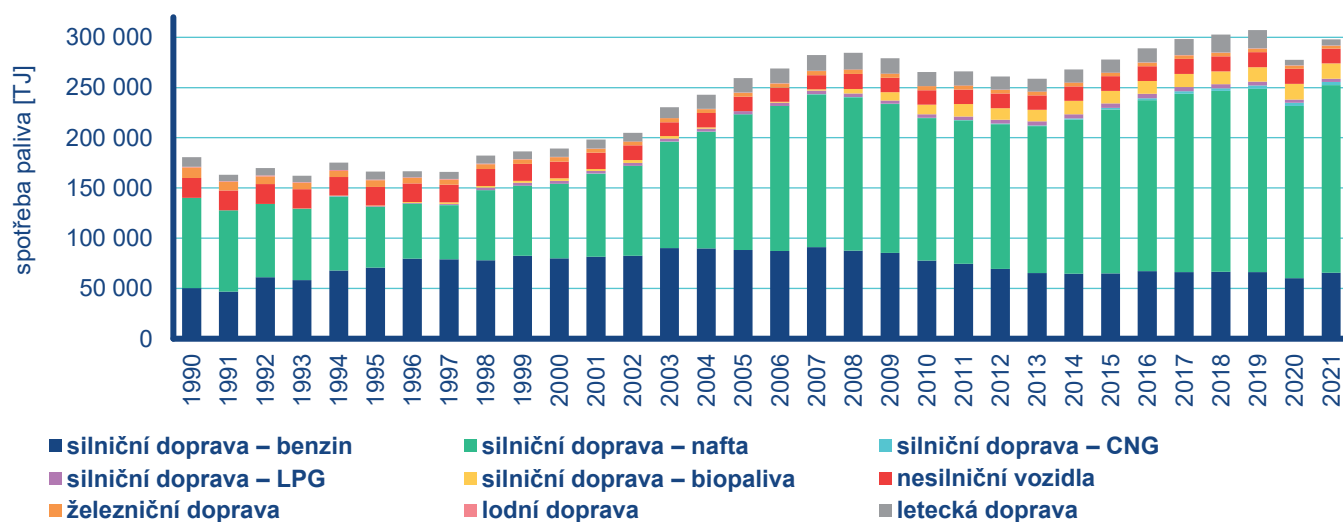
Obr. II.5 Produkce základních průmyslových výrobků, 1990–2021



Obr. II.6 Spotřeba paliv zdrojů REZZO 1 a REZZO 2, 1990–2021



Obr. II.7 Spotřeba paliv zdrojů REZZO 3 (domácnosti), 1990–2021



Obr. II.8. Spotřeba paliv zdrojů REZZO 4, 1990–2021

Příznivý trend snižování spotřeby pevných fosilních paliv v sektoru lokálního vytápění domácností již od roku 2001 nepokračoval, a to zejména z důvodu rostoucí ceny zemního plynu a elektřiny. V období let 2002–2008 mírně poklesla spotřeba uhlí, které bylo nahrazeno stále oblíbenějším palivovým dřevem. Po roce 2009 spotřeba pevných paliv v domácnostech, zejména palivového dřeva, začala opět narůstat (Obr. II.7). V letech 2009–2012 docházelo díky dotačnímu programu Zelená úsporám k zateplování budov a k náhradě neekologického vytápění nízkoemisními zdroji. Emise hlavních znečišťujících látek a emise částic ze zdrojů REZZO 4 klesaly z důvodu zavádění přísnějších emisních norem pro nová vozidla uváděná na trh. Vliv nárůstu intenzity dopravy a spotřeby motorové nafty zapříčinil zvýšení emisí těžkých kovů a POP (Obr. II.8).

V roce 2012 vstoupil v platnost zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, který zavedl přísnější emisní limity pro spalovací zdroje podle směrnice 2010/75/EU o průmyslových emisích. Mezi nejvýznamnější technická opatření ke snížení emisí v období 2013–2020 patřily instalace zařízení na odsiřování a denitrifikaci spalin (většina elektráren a větších tepláren) nebo instalace tkaninových filtrů za stávající elektrostatické odlučovače (např. u hutních provozů v Moravskoslezském kraji).

Nová legislativa se zaměřila ve větší míře také na omezení emisí ze sektoru lokálního vytápění domácností zavedením minimálních hodnot emisních parametrů pro spalovací zdroje s celkovým jmenovitým tepelným příkonem do 300 kW při jejich uvádění na trh od roku 2014 a 2018. Od 1. září 2024 bude v této skupině zdrojů možné provozovat pouze kotle splňující 3. emisní třídu, čímž by mělo dojít k odstavení starých typů kotlů a k jejich náhradě modernějšími zařízeními s nižšími emisemi. Výměny kotlů probíhají postupně a společně se snižováním energetické náročnosti budov jsou podporovány dotační politikou na celorepublikové i krajské úrovni.

Vyhodnocení emisí za rok 2022 (předběžná data) ukazuje meziroční pokles u většiny emisí s výjimkou SO_x a NH₃. Pokles emisí bylo možné očekávat v návaznosti na příznivější podmínky top-

ného období, které se promítají do modelového výpočtu emisí z vytápění domácností. Ke snížení emisí došlo také u průmyslových zdrojů, mj. v souvislosti s poklesem produkce u energeticky a emisně náročných komodit (hutní výroba a zpracování nerostných surovin). Naopak se mírně navýšily ohlášené emise SO_x a NO_x u elektráren a rafinérií, což souvisí s navýšením podílu spalovaného uhlí v palivovém mixu. Mírný nárůst emisí NH₃ souvisí především s vyšší spotřebou minerálních hnojiv. V roce 2022 došlo k nejnižší produkci emisí TZL, CO a NMVOC, k druhé nejnižší produkci emisí SO_x a NO_x a třetí nejnižší produkci emisí NH₃ v celém hodnoceném období 2012–2022.

V návaznosti na výstupy šetření ENERGO 2021 došlo v roce 2023 k přepočtu všech emisí u sektoru 1A4bi Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření v časové řadě 1990–2021. Nejvýznamněji se tato změna promítá u emisí TZL a částic PM a dále u emisí NMVOC i CO. V emisní inventuře tak byly zohledněny mj. informace o každoroční proměně struktury kotlů založené na prodejních statistikách sledovaných MPO a další metodické změny, jako je např. zohlednění faktu, že spalovací zdroje pro vytápění nejsou po většinu času provozovány na jmenovitý výkon. Z vyhodnocení hlášení o kontrolách technického stavu a provozu kotlů na pevná paliva, přístupných pro ČHMÚ na portálu ISPOP, je možné evidovat příznivý vývoj v počtu instalací akumulčních nádob u kotlů s ručním příkládáním. Tyto nové informace a úpravy provedené v nově sestaveném výpočtovém modelu umožnily z dlouhodobě sledovaných trendů prodeje kotlů, topidel a tepelných čerpadel provedení zpětného výpočtu, ve kterém byly poprvé uplatněny také variabilní emisní faktory, reflektující mj. výše zmíněné informace o podílu kotlů s akumulčními nádobami. Pro aktualizaci sady používaných emisních faktorů kotlů a topidel byly využity částečné výsledky, dosažené v rámci projektu SSO2030031 ARAMIS – Integrovaný systém výzkumu, hodnocení a kontroly kvality ovzduší (financován se státní podporou TA ČR v rámci programu Prostředí pro život). Další informace k provedenému přepočtu, vč. grafického vyhodnocení stávajících a nových časových řad emisí, jsou k dispozici na internetových stránkách ČHMÚ (ČHMÚ 2023b).

Tab. II.1 Porovnání emisí hlavních znečišťujících látek, 2021–2022 (předběžné údaje)

Kategorie zdrojů	TZL		SO _x		NO _x		CO		VOC		NH ₃	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
	kt-rok ⁻¹											
Rok	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
REZZO 1-2	6,0	5,6	45,2	47,0	64,0	60,1	222,5	197,0	17,3	17,2	0,7	0,6
REZZO 3	72,5	69,5	15,4	16,8	31,7	33,3	772,7	747,8	265,3	247,0	65,3	66,1
CELKEM stac. zdroje	78,5	75,1	60,6	63,8	95,7	93,4	995,2	944,8	282,6	264,2	66,0	66,7
REZZO 4	6,5	6,6	0,2	0,2	62,4	61,9	99,8	98,6	15,6	15,5	0,8	0,8
CELKEM	85,0	81,7	60,8	64,0	158,1	155,3	1095,0	1043,4	298,2	279,7	66,8	67,5

K největšímu poklesu celkových emisí došlo meziročně u SO_x a NMVOC o cca 6,2 %, o cca 4,7 % poklesly emise CO a o cca 3,9 % emise TZL. Podrobnější vyhodnocení podílu jednotlivých kategorií zdrojů na celkových emisích a vývoje emisí znečišťujících látek především pro vyjmenované zdroje lze nalézt v kap. IV.

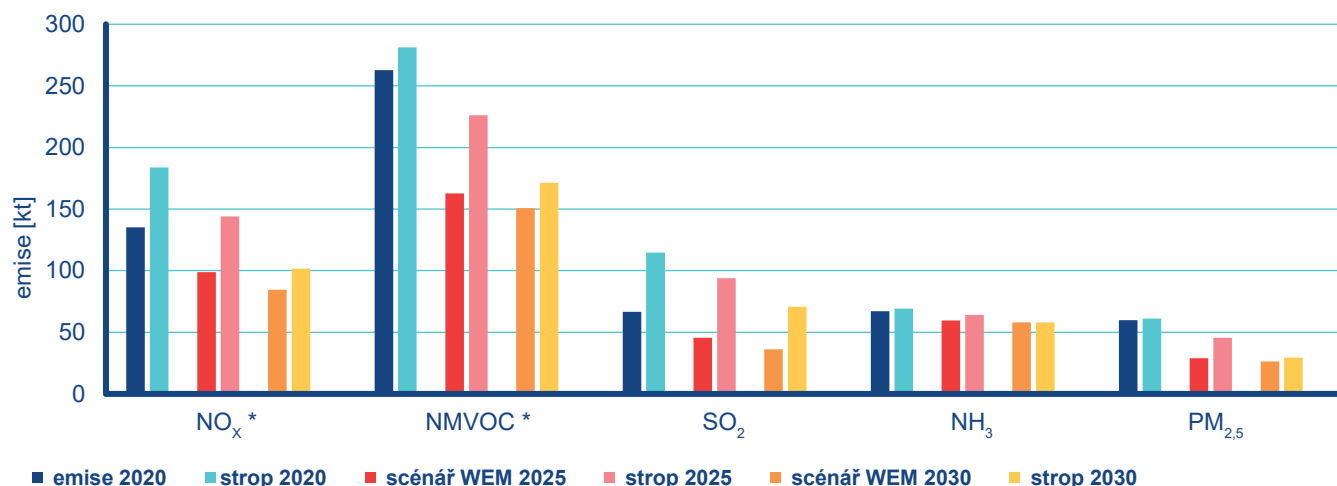
Projekce emisí

ČHMÚ zajišťuje v rámci reportingu k mezinárodním závazkům ČR (CLRTAP) a ke směrnici 2016/2284/EU zpracování projekcí, které vychází z inventury emisí, vývoje socioekonomických ukazatelů, legislativy platné v časovém horizontu projekce a dalších opatření ke snížení emisí.

Pro účely aktualizace Národního programu snižování emisí (MŽP 2019) byla zpracována emisní projekce pro období 2020–2030

(Obr. II.9), a to podle scénáře s platnými opatřeními (WEM) a s dodatečnými opatřeními (WAM). Tato projekce byla aktualizována v rámci přípravy reportingu podle mezinárodních závazků v březnu 2023. Projekce pro emise NO_x , NMVOC, SO_x , NH_3 a částice $\text{PM}_{2,5}$ vychází především z odborného vyhodnocení budoucích emisí a aktivitních dat pro významné kategorie zdrojů, jako jsou například energetika, doprava, zemědělství, používání rozpouštědel nebo nakládání s odpady. Veškerá plánovaná opatření jsou obsažena v již platné legislativě a z toho důvodu jsou všechna zahrnuta ve scénáři WEM.

Do roku 2030 se předpokládá snížení emisí všech znečišťujících látek vycházející z obměny zdrojů tepla v sektoru lokálního vytápění domácností, snížení spotřeby fosilních paliv pro výrobu elektrické energie a tepla, obnovy vozového parku včetně podpory nízkoemisních a bezemisních vozidel, větší míry podpory obnovitelných zdrojů energie, zpřísnění povinností při skladování a aplikaci hnojiv a dalších opatření.



Poznámka: Emise NO_x a NMVOC z NFR kategorií 3B a 3D se nezahrnují.

Obr. II.9 Srovnání emisních stropů a scénářů emisních projekcí základních znečišťujících látek

III. METEOROLOGICKÉ A ROZPTYLOVÉ PODMÍNKY

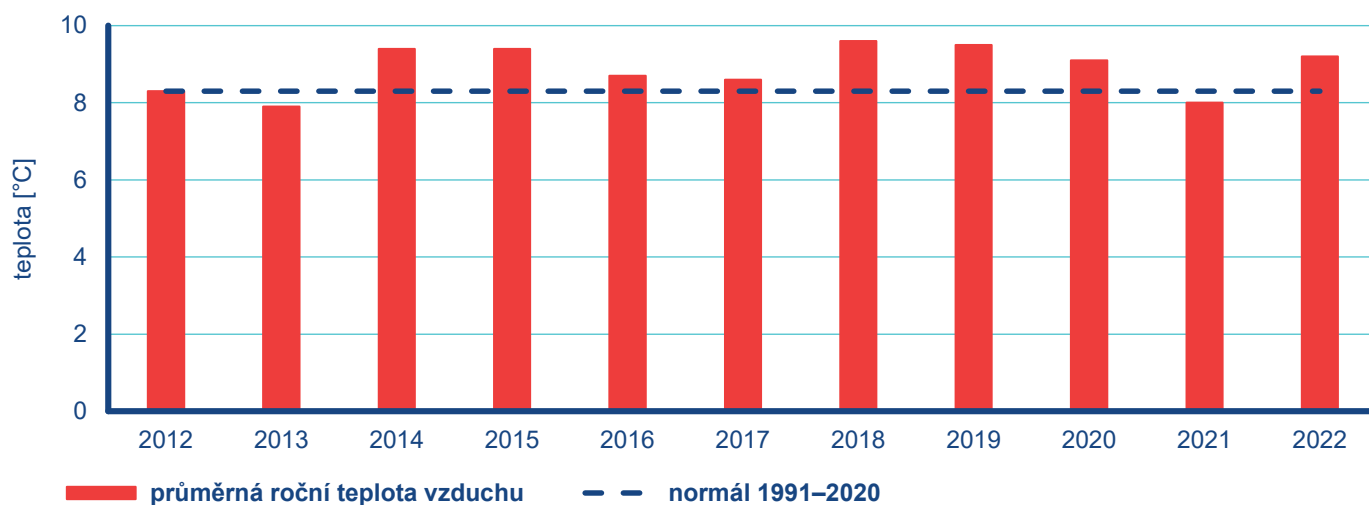
Míru znečištění ovzduší ovlivňuje nejen množství emisí z antropogenních a přírodních zdrojů, ale i meteorologické podmínky. Teplota vzduchu, rychlost větru a vertikální stabilita atmosféry určují rozptylové podmínky, srážky pak napomáhají procesu samočištění atmosféry. Rozptylové podmínky lze číselně vyjádřit pomocí ventilačního indexu¹, který je definován jako součin výšky směšovací vrstvy² a průměrné rychlosti větru v ní (Ferguson 2001, Škáchová 2020). Závislost antropogenních emisí z vytápění na teplotě vzduchu vyjadřují denostupně, jejichž výpočet je upraven vyhláškou č. 194/2007 Sb. Podrobnější specifikace vlivu meteorologických podmínek na kvalitu ovzduší je uvedena v ČHMÚ (2023d).

Meteorologické podmínky v roce 2022

Rok 2022 byl na území ČR teplotně nadnormální, průměrná roční teplota vzduchu 9,2 °C byla o 0,9 °C vyšší než normál 1991–2020 (Obr. III.1). Jedná se o pátý nejteplejší rok v období od roku 1961. Tepleji bylo v letech 2014 a 2015 (9,4°C), 2019 (9,5 °C) a 2018

(9,6 °C). V roce 2022 se vyskytly dva teplotně silně nadnormální měsíce, a to červen s průměrnou teplotou vzduchu na území ČR 18,7 °C (odchylka +2,2 °C) a říjen s průměrnou teplotou 10,7 °C (odchylka +2,5 °C). Jako teplotně nadnormální byly hodnoceny zimní měsíce leden a únor a dále květen a srpen. Velmi chladný byl duben, s průměrnou teplotou 6,4 °C (odchylka –2,1 °C) byl hodnocen jako teplotně silně podnormální. Ostatní měsíce byly hodnoceny jako teplotně normální (Obr. III.2).

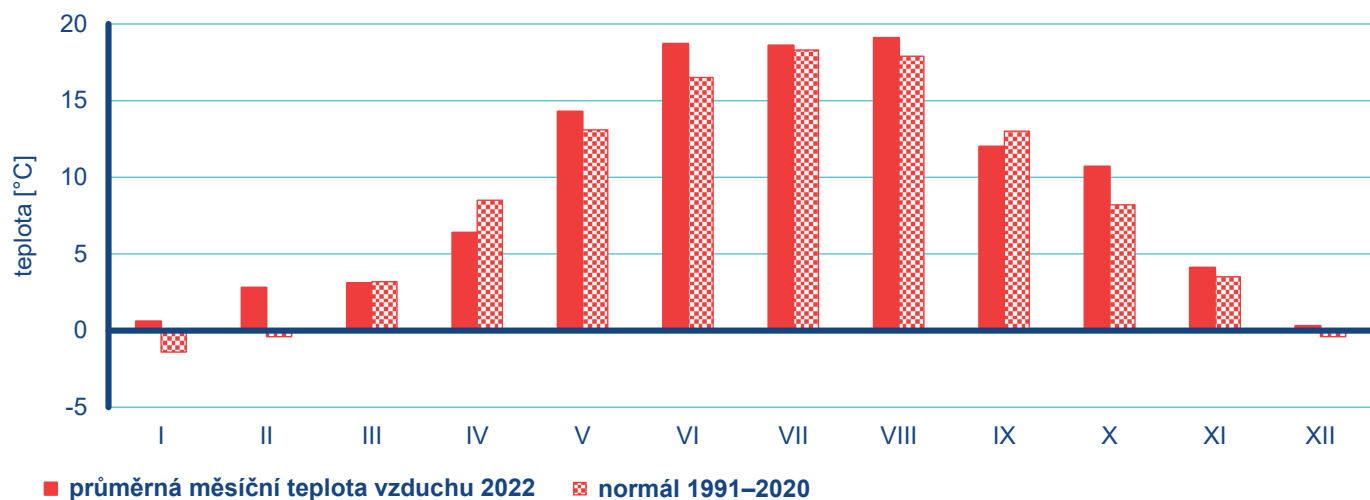
Srážkově byl rok 2022 na území ČR normální. Průměrný roční úhrn srážek 634 mm představuje 93 % normálu 1991–2020 (Obr. III.3). Během roku se vyskytly pouze 4 měsíce, které nebyly hodnoceny jako srážkově normální. Srážkově nadnormální byly měsíce červen se srážkovým úhrnem 102 mm (124 % normálu) a září s úhrnem 81 mm (135 % normálu). Naopak velmi suchý byl březen, kdy na území ČR spadlo v průměru pouze 16 mm srážek (35 % normálu) a byl hodnocen jako silně podnormální. Šlo tak o třetí nejsušší březen od roku 1961. Srážkově podnormální byl říjen s měsíčním úhrnem 23 mm (47 % normálu) (Obr. III.4).



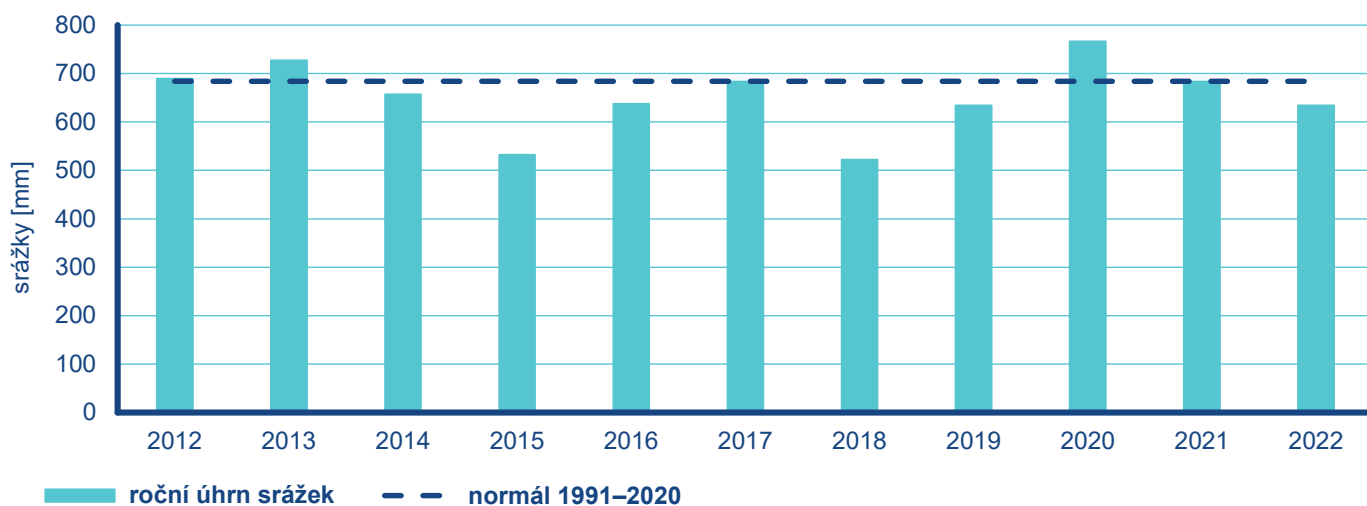
Obr. III.1 Průměrná roční teplota vzduchu, 2012–2022

1 https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/mes_zpravy/mesprehledy.html#ventindex

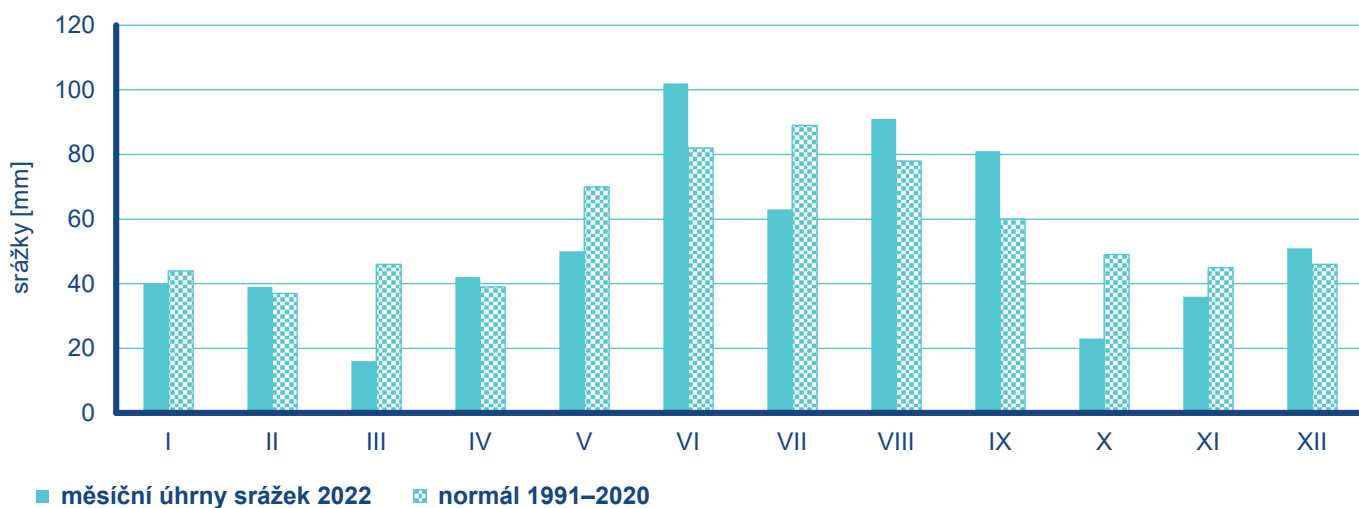
2 Směšovací vrstvou rozumíme vrstvu atmosféry mezi zemským povrchem a spodní hranicí nejnížší zádržné teplotní vrstvy (ČMeS, 2023).



Obr. III.2 Průměrné měsíční teploty vzduchu v roce 2022 v porovnání s normálem 1991–2020



Obr. III.3 Roční úhrn srážek, 2012–2022

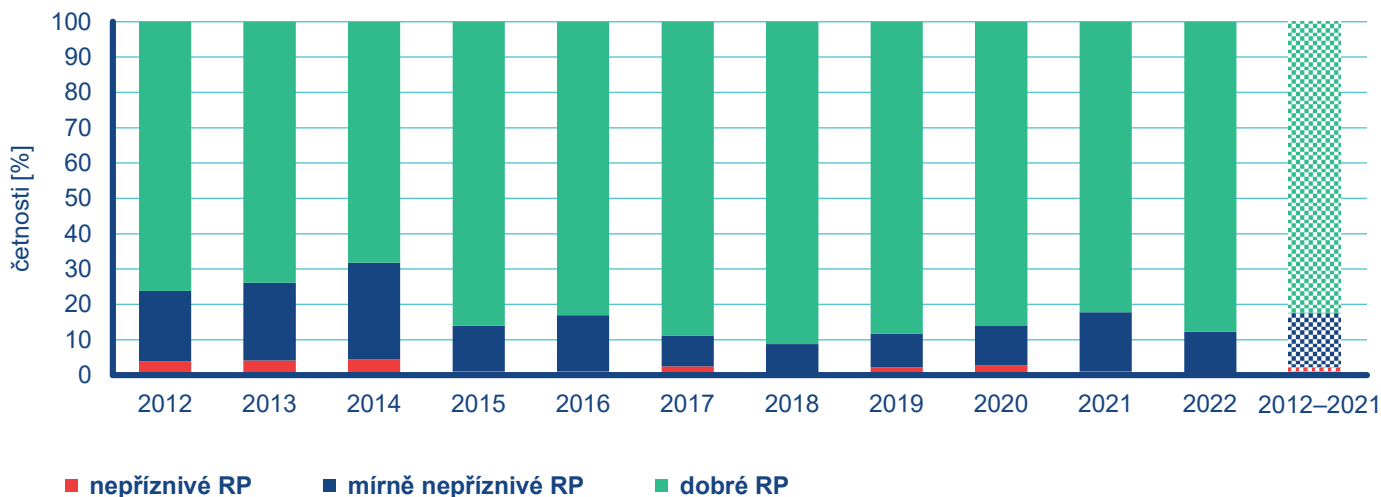


Obr. III.4 Měsíční úhrny srážek v roce 2022 v porovnání s normálem 1991–2020

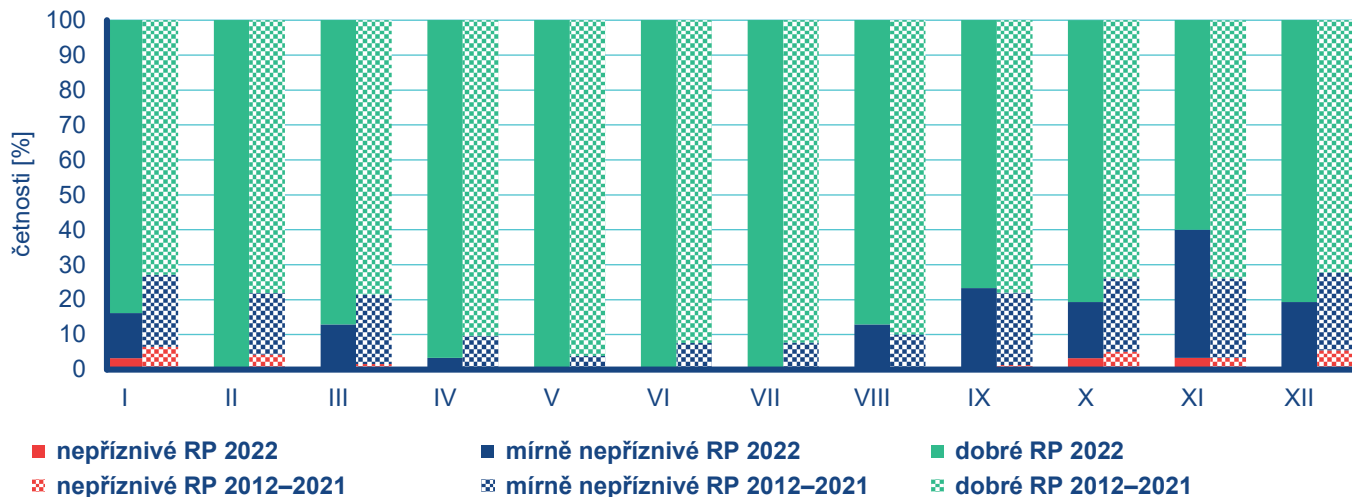
Rozptylové podmínky v roce 2022

V porovnání s desetiletým průměrem 2012–2021 panovaly v roce 2022 výrazně lepší rozptylové podmínky (Obr. III.5). Dobré rozptylové podmínky (RP), vyjádřené pomocí ventilačního indexu pro celou ČR, byly v roce 2022 zaznamenány ve 320 dnech (88 %). V porovnání s desetiletým průměrem se jedná o zlepšení o 5 %. Mírně nepříznivé RP se v roce 2022 vyskytly ve 42 dnech (11 %), nepříznivé RP pak

ve třech dnech (1 %). Nejvíce dobrých RP bylo během roku zaznamenáno v únoru, květnu, červnu a červenci (100 %), nejméně naopak v listopadu (57 %). Nepříznivé RP byly zaznamenány v lednu, říjnu a listopadu (3 %). V porovnání s desetiletým průměrem 2012–2021 lze většinu měsíců hodnotit jako měsíce se standardními RP. Výjimku tvořil měsíc leden se zlepšenými RP a měsíce únor, červen a červenec s výrazně lepšími RP. Měsíc listopad je hodnocen jako standardní, avšak na hranici se zhoršenými RP, měsíc prosinec pak standardní, ale na hranici se zlepšenými RP (Obr. III.6).



Obr. III.5 Četnosti výskytu rozptylových podmínek, 2012–2022

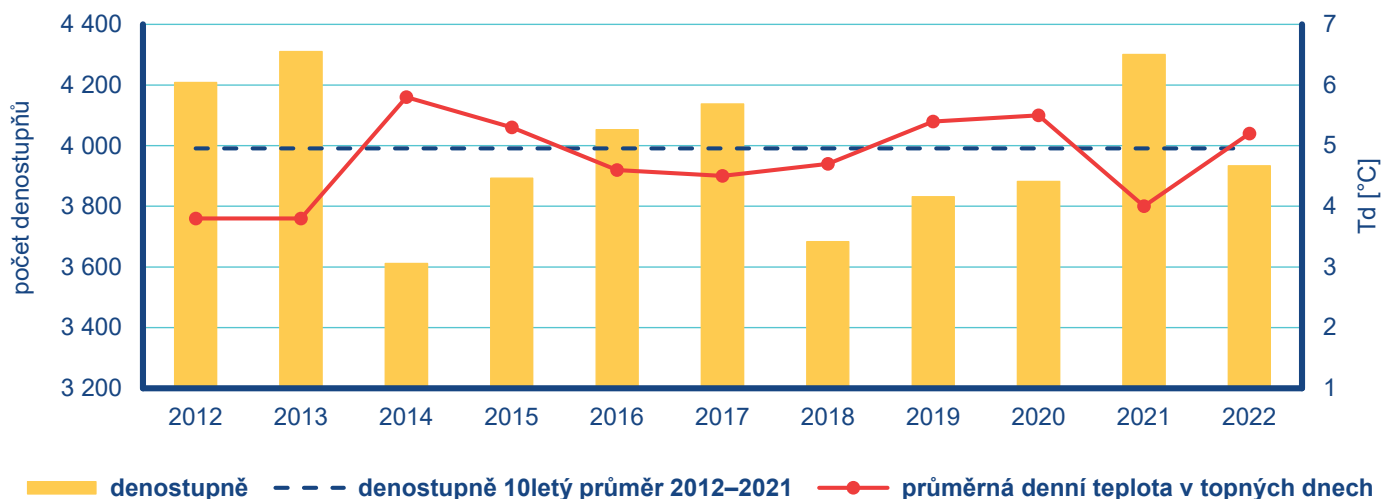


Obr. III.6 Četnosti výskytu rozptylových podmínek v roce 2022 v porovnání s 10letým průměrem 2012–2021

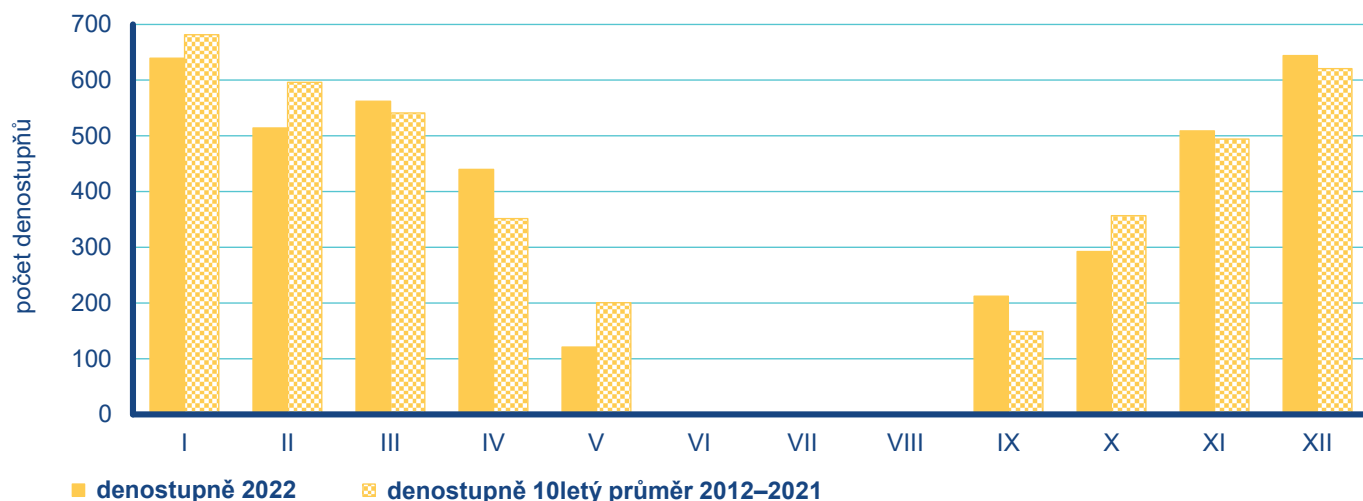
Denostupně v roce 2022

Počty denostupňů na území ČR byly v roce 2022 (3 934) srovnatelné s 10letým průměrem 2012–2021 (3 991). Nejvyšší počet denostupňů (4 310) byl zaznamenán v roce 2013, kdy byla naměřena i nejnižší průměrná teplota v topných dnech (3,8 °C). Naopak nejnižší počet denostupňů (3 611) byl zaznamenán v roce 2014, kdy byla dosažena i nejvyšší průměrná denní teplota (5,8 °C)

v topných dnech (Obr. III.7). Počty denostupňů se během pěti měsíců pohybovaly nad hodnotou 10letého průměru (březen, duben, září, listopad a prosinec), naopak během čtyř měsíců pod průměrem (leden, únor, květen a říjen; Obr. III.8). Největší pokles počtu denostupňů oproti 10letému průměru byl zaznamenán v únoru, který byl klimatologicky vyhodnocen jako teplotně nadnormální a pozitivně tak ovlivňoval odhadované emise z vytápění domácností. Nejvyšší nárůst počtu denostupňů byl zaznamenán v dubnu, který byl vyhodnocen jako teplotně silně podnormální.



Obr. III.7 Počty denostupňů a průměrná denní teplota v topných dnech, 2012–2022



Obr. III.8 Počty denostupňů v topné sezoně 2022 (leden–květen, září–prosinec) v porovnání s 10letým průměrem 2012–2021

IV. KVALITA OVZDUŠÍ V ČR

Hodnocení kvality ovzduší uvedené v ročence pokrývá celé území ČR. Dokumentování dodržování legislativních požadavků i v oblastech, ve kterých nedochází k překročení žádného z imisních limitů, je jednou ze základních zásad směrnice 2008/50/ES. Nejsou-li splněny cíle kvality vnějšího ovzduší stanovené směrnicí, musí členské státy přijmout opatření směřující k dodržení imisních limitů a dlouhodobých imisních cílů. Hodnocení kvality ovzduší se provádí s ohledem na ochranu zdraví populace a na ochranu ekosystémů a vegetace.

Pro hodnocení kvality ovzduší v této ročence byla uplatněna kritéria výpočtu podle přílohy I směrnice 2008/50/ES a přílohy IV směrnice 2004/107/ES. Tyto přílohy stanovují cíle v oblasti kvality údajů pro posuzování kvality vnějšího ovzduší. Pro hodnocení kvality ovzduší lze použít údaje pouze z měřicích stanic, na kterých byl splněn požadavek minimálního sběru údajů ve výši 90 %, přičemž se nezahrnují ztráty údajů v důsledku pravidelných kalibrací nebo běžné údržby přístrojové techniky. Aniž je dotčena příloha I směrnice 2008/50/ES, jsou při shromažďování údajů a při výpočtech statistických parametrů uplatněna kritéria uvedená v příloze XI stejné směrnice. V důsledku těchto změn se mohou některé prezentované údaje ve starších ročenkách mírně lišit v porovnání s údaji prezentovanými v této ročence.

Základem pro hodnocení kvality ovzduší jsou koncentrace naměřené na monitorovacích stanicích. Měřicí síť je nejhustší v oblastech s nejvyššími koncentracemi škodlivin, nicméně pokrývá celou ČR. V roce 2022 byla do databáze ISKO dodána naměřená data celkem ze 198 stanic. Pátevní síť monitorovacích stanic je Státní síť imisního monitoringu (SSIM), kterou provozuje ČHMÚ. Její součástí jsou jak stanice s automatizovaným, tak i s manuálním měřicím programem, ze kterých jsou odebrané vzorky analyzovány v laboratořích ČHMÚ. V některých případech je na jedné lokalitě znečištění ovzduší sledováno současně automatickými i manuálními metodami. SSIM je doplněna stanicemi dalších or-

ganizací, jejichž měření je rovněž využíváno při hodnocení kvality ovzduší. V ISKO jsou též zahrnuty informace z příhraničních oblastí Německa, Polska, Rakouska a Slovenska, které jsou získány v rámci reciproční výměny dat.

Mapová interpretace je nezbytným východiskem pro indikaci oblastí s překročením imisních limitů z hlediska ochrany lidského zdraví, pro které legislativa vyžaduje přípravu programů pro zlepšení kvality ovzduší, případně regulačních ráďů. Pro lepší orientaci v plošných mapách znečišťujících látek byla zavedena jednotná barevná škála (Tab. IV.1). Červeně je zvýrazněno překročení imisního limitu, dalšími základními hranicemi mezi kategoriemi jsou doporučené hodnoty WHO a dolní a horní meze pro posuzování (Tab. I.1–I.3, kap. Úvod). Horní a dolní meze pro posuzování úrovně znečištění jsou stanoveny v příloze č. 4 vyhlášky 330/2012 Sb. V místech, kde úroveň znečištění dosahuje nebo přesahuje horní mez, se posuzování úrovně znečištění provádí měřením v souladu s cíli kvality údajů podle části I přílohy č. 1 k této vyhlášce.

Pro hodnocení kvality ovzduší a pro tvorbu plošných map od roku 2022 včetně byly již k dispozici výstupy ze Sčítání lidu, domů a bytů 2021 (ČSÚ 2023b). Použití aktuálních výstupů SLDB 2021 vedlo, v porovnání s podklady pro plošné mapy v předešlých letech, zejména k prostorové změně rozložení emisí z lokálního vytápění domácností (tj. pokles emisí v aglomeracích a větších městech a nárůst ve venkovských oblastech). Více podrobností o úpravě výpočtu prostorového rozložení emisí lze nalézt v Příloze I nebo v ČHMÚ (2023d).

Dalším výstupem jsou diagramové mapy, které přehledně znázorňují vývoj imisních charakteristik v letech 2012–2022. Dále grafy vývoje imisních charakteristik vybraných znečišťujících látek ukazují vývoj úrovně znečištění ovzduší za posledních 11 let, porovnání situace v aktuálně hodnoceném roce s průměrem za předešlé desetileté období a vývoj úrovně znečištění během aktuálního roku. Pro lepší orientaci v grafech je zavede-

Tab. IV.1 Barevná škála v legendě plošných map znečišťujících látek pro rozdělení oblastí podle mezí pro posuzování a oblastí nad imisním limitem

	≤ doporučená hodnota WHO
	≤ dolní mez pro posuzování
	dolní mez pro posuzování – horní mez pro posuzování
	horní mez pro posuzování – imisní limit
	> imisní limit
	> imisní limit (silně zatížené oblasti)

Tab. IV.2 Barevná škála v legendě grafů pro rozdělení měřících stanic podle svého typu (x – jakákoliv písmena v klasifikaci)

	Zjednodušená klasifikace stanic	Klasifikace EoI
	stanice venkovské regionální (REG)	B/R/xxx-REG
	stanice venkovské příměstské (R)	B/R/xxx-NCI
	stanice předměstské pozadřové (SUB)	B/S/xxx
	stanice městské pozadřové (UB)	B/U/xxx
	stanice dopravní (T)	T/x/xxx
	stanice průmyslové (I)	I/x/xxx

na jednotná barevná škála, kde jednotlivé barvy prezentují určitý typ stanice (Tab. IV.2). Jedná se o zjednodušenou klasifikaci, která vychází z oficiální klasifikace EoI, včetně podkategorií (více v ČHMÚ 2023d). V datové ročence „Souhrnný tabelární přehled“ (ČHMÚ 2023e) jsou uvedeny přehledy naměřených koncentrací znečišťujících látek ve venkovním ovzduší v ČR na jednotlivých měřících stanicích za rok 2022. Hodnoty jsou seřazeny sestupně a šedým podkladem je zvýrazněno překročení imisního limitu.

Grafy vývoje emisí znečišťujících látek na území ČR ukazují vývoj úrovně znečišťování ovzduší v členění na sektory za posledních sedm let. Pro obvykle prezentované srovnání posledních 10 let nebyly v době přípravy kapitoly k dispozici kompletní údaje. Důvodem byly nedokončené přepočty emisí v sektoru 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření, který se poměrně významně podílí na celkových emisích u většiny sledovaných znečišťujících látek. Vývoj za uplynulé desetiletí bude opět prezentován v ročence v příštím roce.

IV.1 Suspendované částice

Znečištění ovzduší suspendovanými částicemi frakcí PM_{10} a $PM_{2,5}$ zůstává jedním z hlavních problémů, které je třeba řešit při zajišťování kvality ovzduší ČR. Překračování imisních limitů PM_{10} a $PM_{2,5}$ se stále podílí na vymezování oblastí s nadlimitním znečištěním ovzduší.

IV.1.1 Znečištění ovzduší suspendovanými částicemi v roce 2022

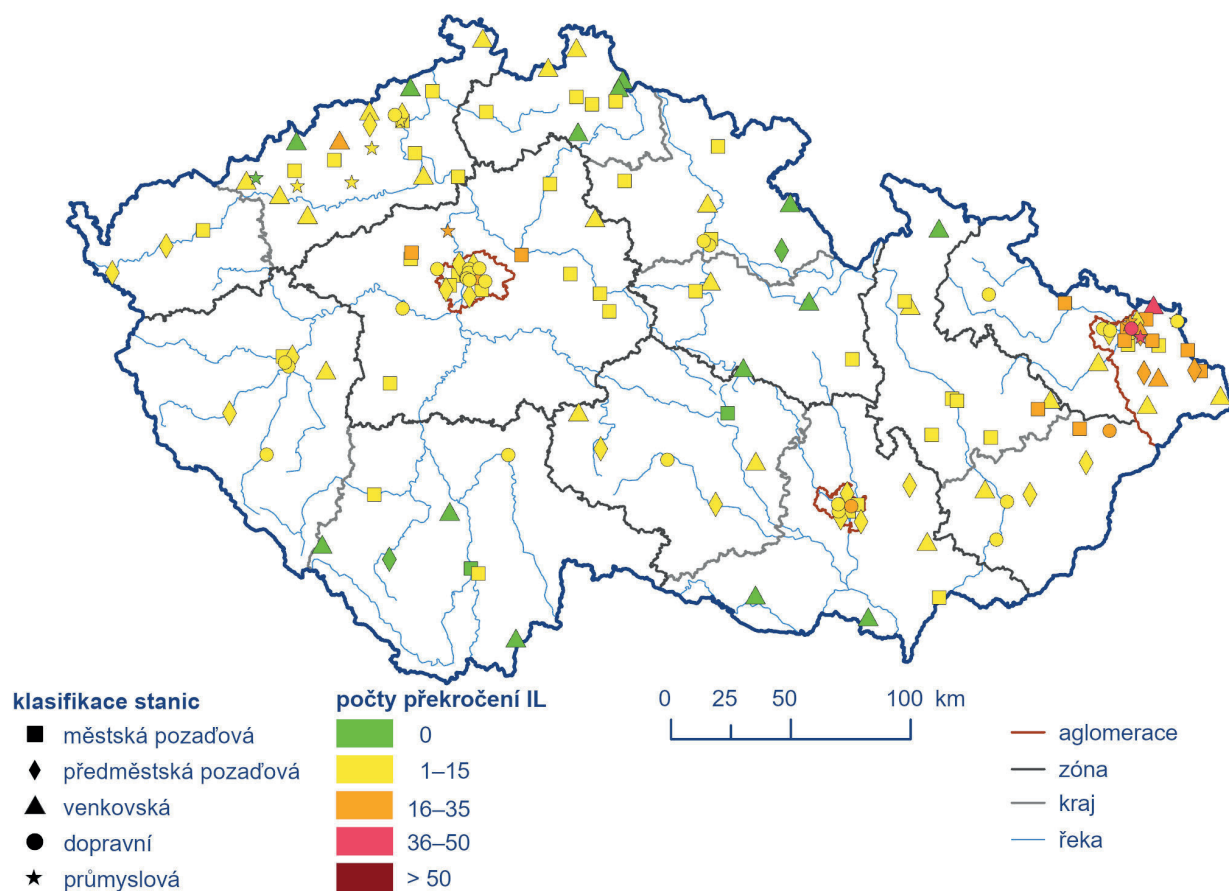
Suspendované částice PM_{10}

K překročení 24hodinového imisního limitu PM_{10} (průměrnou 24hod. koncentrací $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ je povoleno překročit 35× za rok)

došlo v roce 2022 na necelých 2 % stanic (3 stanice z celkového počtu 157 s dostatečným počtem dat pro hodnocení; Obr. IV.1.1, Obr. IV.1.2 a Obr. IV.1.7). Jednalo se průmyslovou stanicí Ostrava-Radvance ZÚ (45× překročeno), venkovskou stanicí Věřňovice (43× překročeno) a dopravní hot spot stanicí Ostrava-Českobratrská (37× překročeno). Všechny stanice s překročením imisního limitu leží na území aglomerace O/K/F-M.

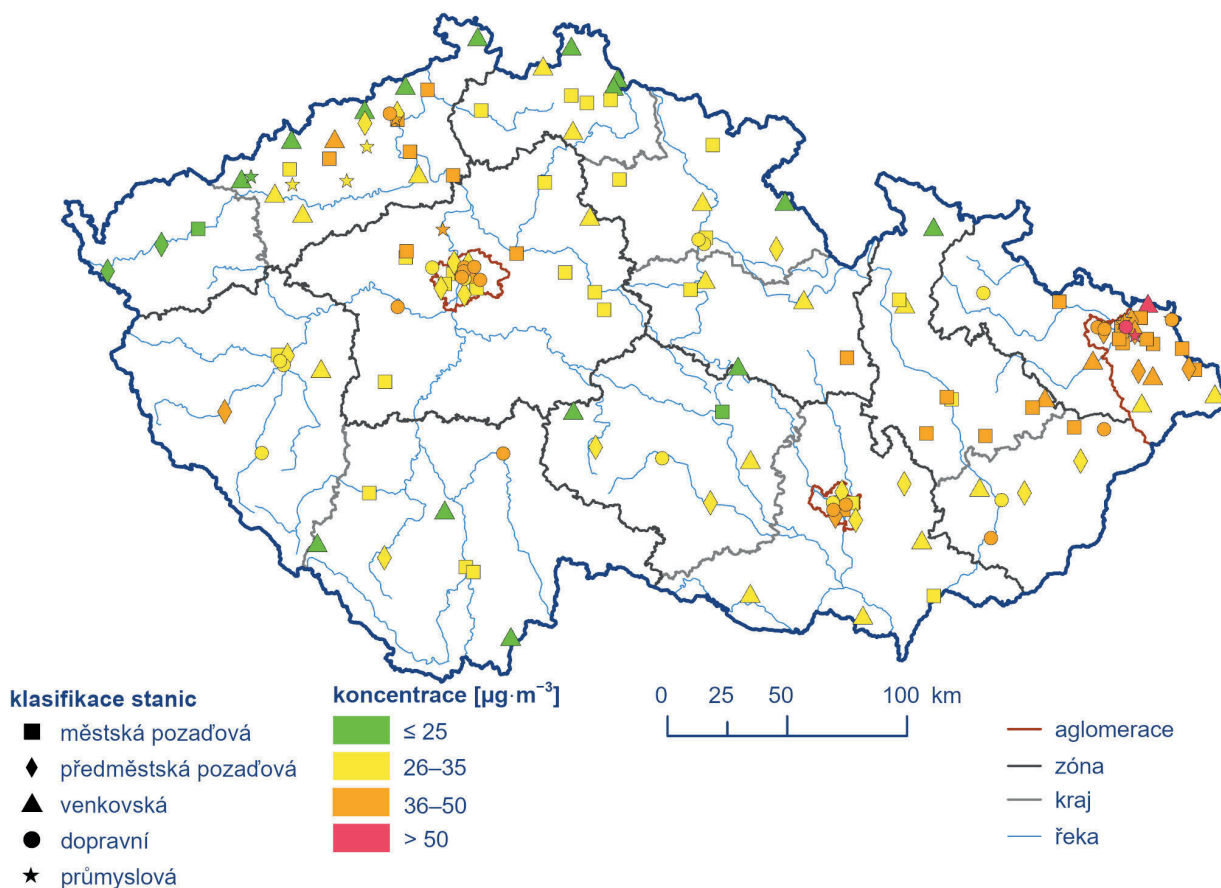
Stanice v aglomeraci O/K/F-M jsou dlouhodobě ovlivněny dálkovým transportem znečištění z Polska. Stanice Ostrava-Radvance ZÚ je navíc ovlivněna průmyslovými emisemi a stanice Ostrava-Českobratrská (hot spot) emisemi z dopravy. Na stanici Věřňovice se projevuje kombinace vlivu znečištění ovzduší z jižního Polska a vesnické zástavby na české straně hranice spolu se specifickými meteorologickými podmínkami v údolí Olše. Reprezentativnost stanice Věřňovice pro český venkov je proto omezená a výsledky měření z této stanice nejsou zahrnuty v dalších charakteristikách (roční chod měsíčních koncentrací a vývoj koncentrací).

Imisní limit pro průměrnou 24hodinovou koncentraci PM_{10} byl v roce 2022 překročen na 0,02 % území ČR¹ s cca 0,03 % obyvatel (Obr. IV.1.3). Za posledních pět let (0,1 % v roce 2021, 0,001 %

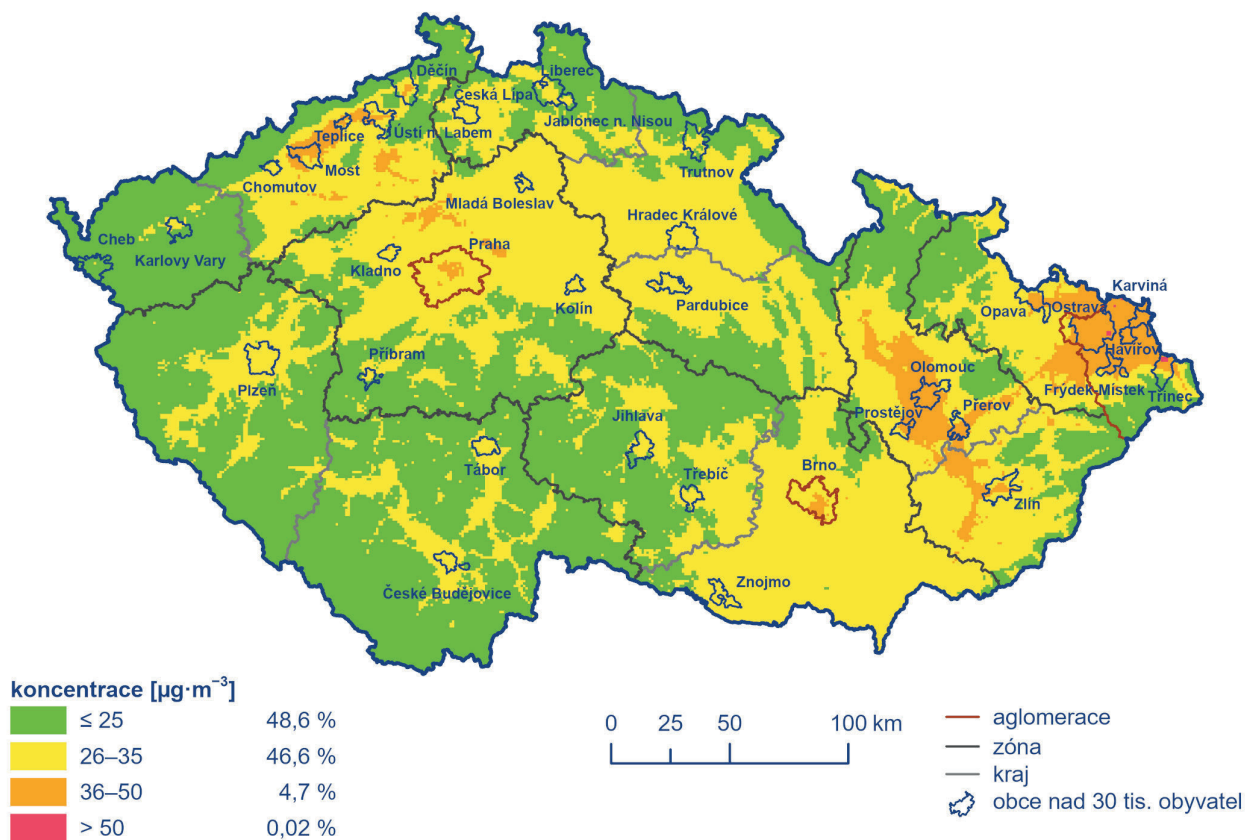


Obr. IV.1.1 Počty překročení hodnoty imisního limitu pro 24hod. průměrnou koncentraci PM_{10} na stanicích imisního monitoringu, 2022

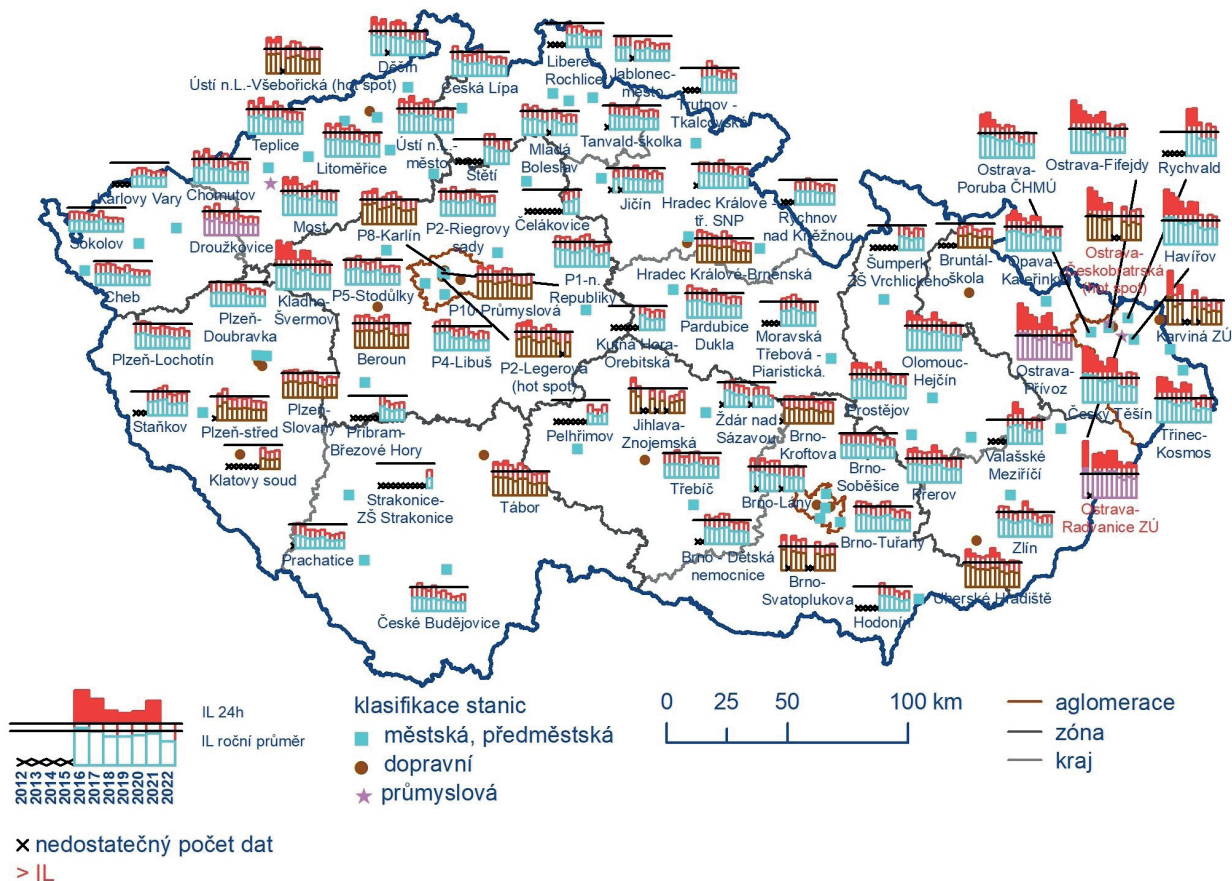
1 Pravděpodobnou hlavní příčinou nadlimitní 36. nejvyšší 24hodinové koncentrace PM_{10} mimo okolí stanic Věřňovice a Ostrava-Českobratrská byly fugitivní emise z hutní prvovýroby vstupující do rozptylových modelů CAMx a SYMOS (viz Příloha I). Jedná se o lokálně zvýšené koncentrace, které nebyly měřeny na nejbližších stanicích Státní sítě imisního monitoringu zaznamenány.



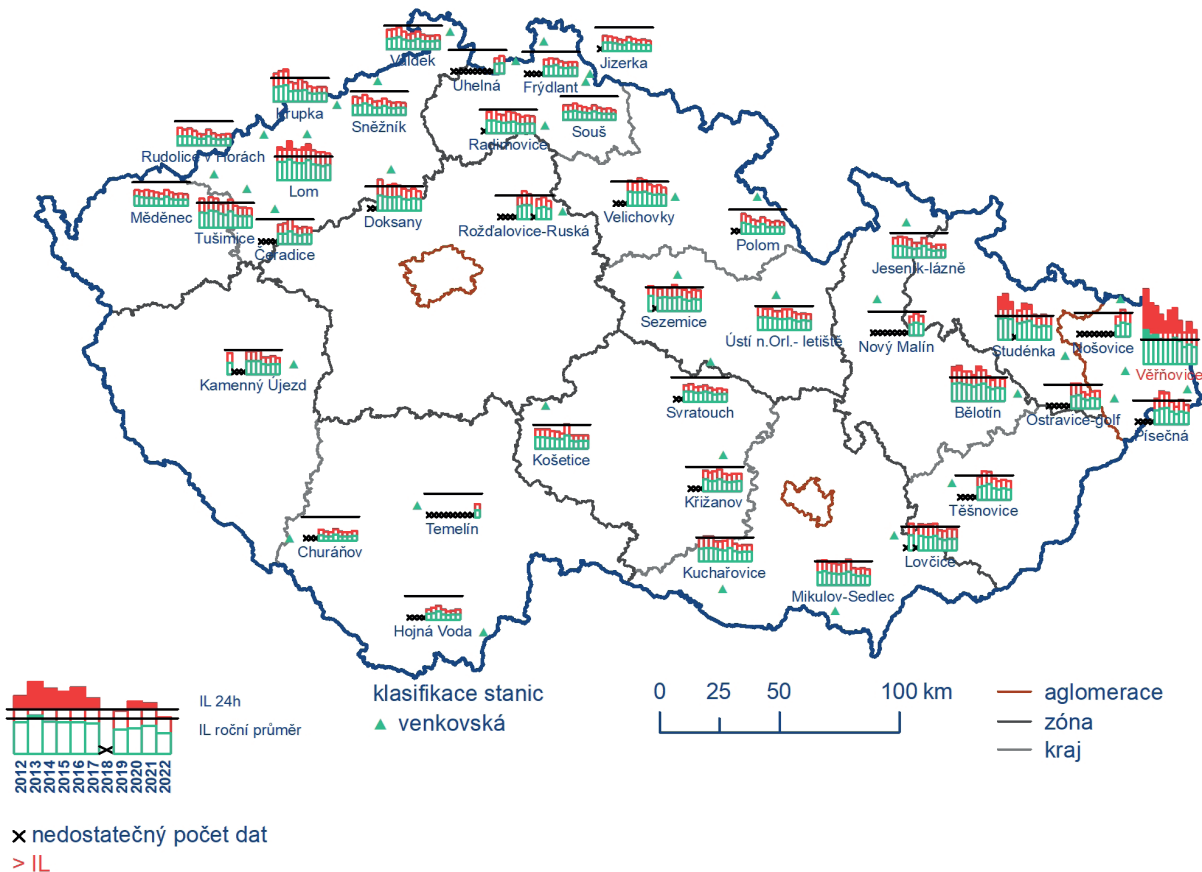
Obr. IV.1.2 36. nejvyšší 24hod. průměrné koncentrace PM_{10} měřené na stanicích imisního monitoringu, 2022



Obr. IV.1.3 Pole 36. nejvyšší 24hod. koncentrace PM_{10} , 2022



Obr. IV.1.4 36. nejvyšší 24hod. koncentrace a roční průměrné koncentrace PM₁₀ na vybraných stanicích s klasifikací UB, SUB, I a T, 2012–2022

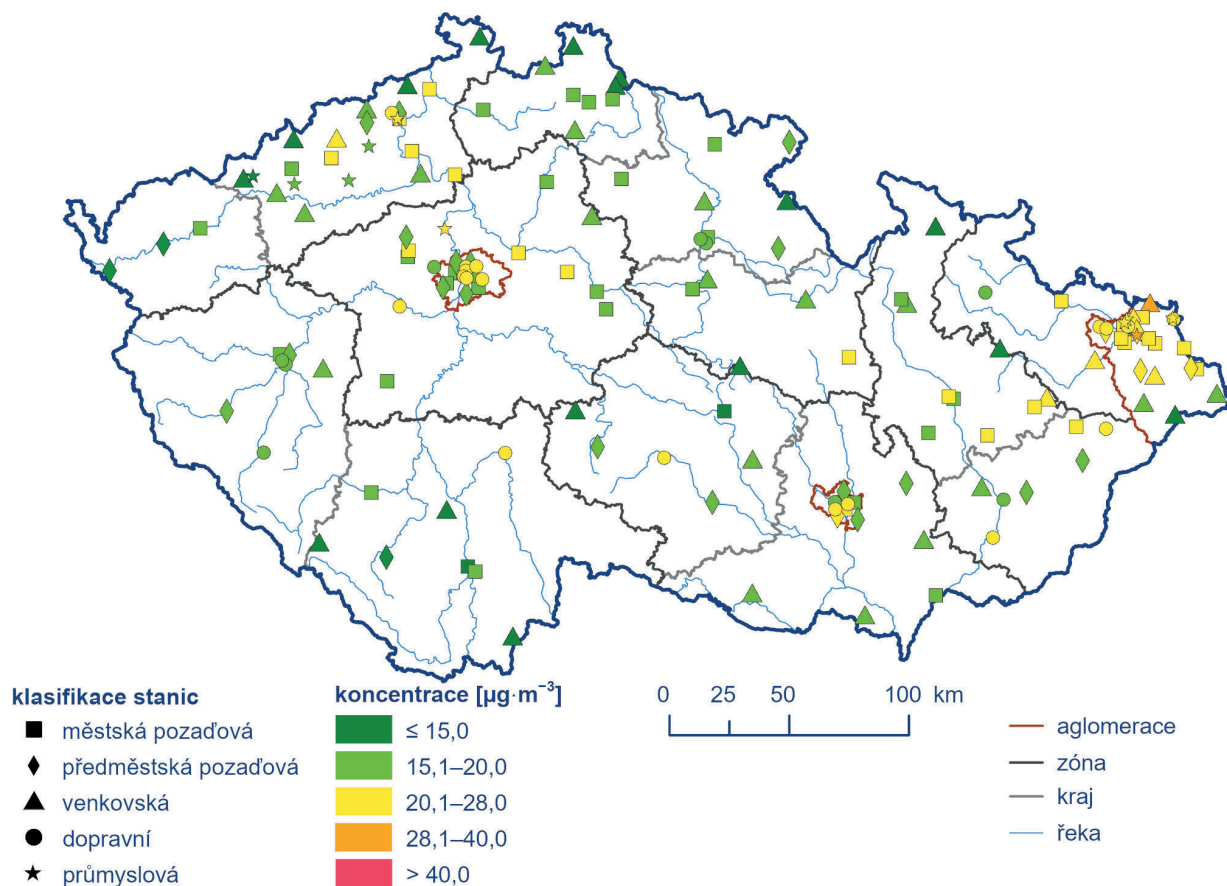


Obr. IV.1.5 36. nejvyšší 24hod. koncentrace a roční průměrné koncentrace PM₁₀ na vybraných stanicích s klasifikací R, 2012–2022

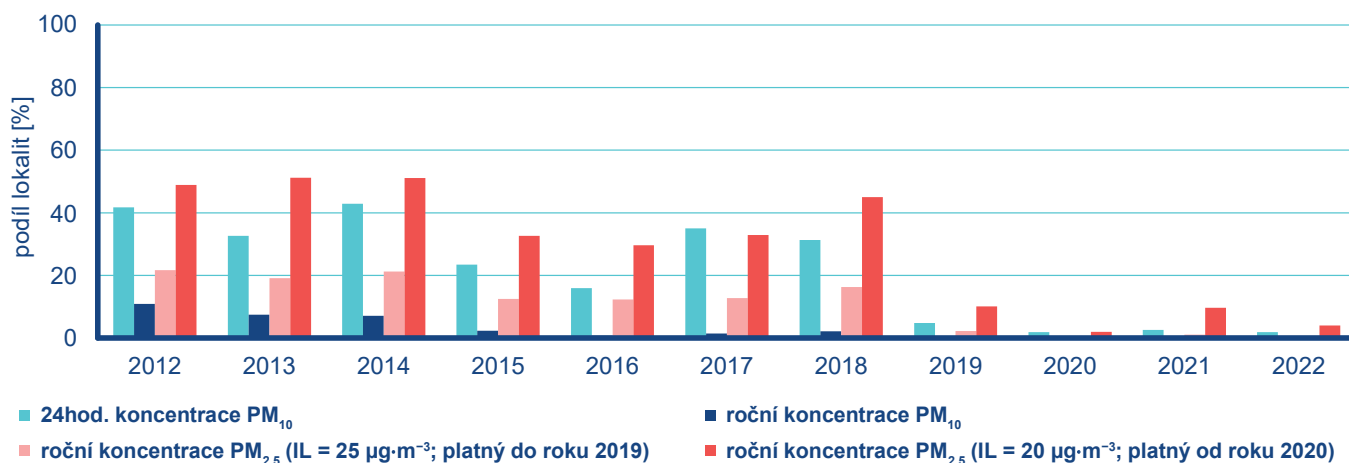
území v roce 2020, 0,3 % v roce 2019, 3,2 % v roce 2018) došlo v roce 2022 k překročení imisního limitu na druhé nejmenší ploše, což odpovídá nízkému počtu překročení imisního limitu na měřicích stanicích. Velká část území ČR (více než 95 %) byla v roce 2022 vystavena koncentraci do $35 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, tedy koncentraci pod horní mezí pro posuzování stanovené vyhláškou č. 330/2012

Sb². Nejvíce zatíženou souvislou oblastí byla, stejně jako v předchozích letech, aglomerace O/K/F-M (Obr. IV.1.4 a IV.1.5).

Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci PM_{10} ($40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) nebyl v roce 2022, počtvrté v řadě po letech 2019–2021 za celou historii měření PM_{10} od roku 1993, překročen na žádné stanici ČR

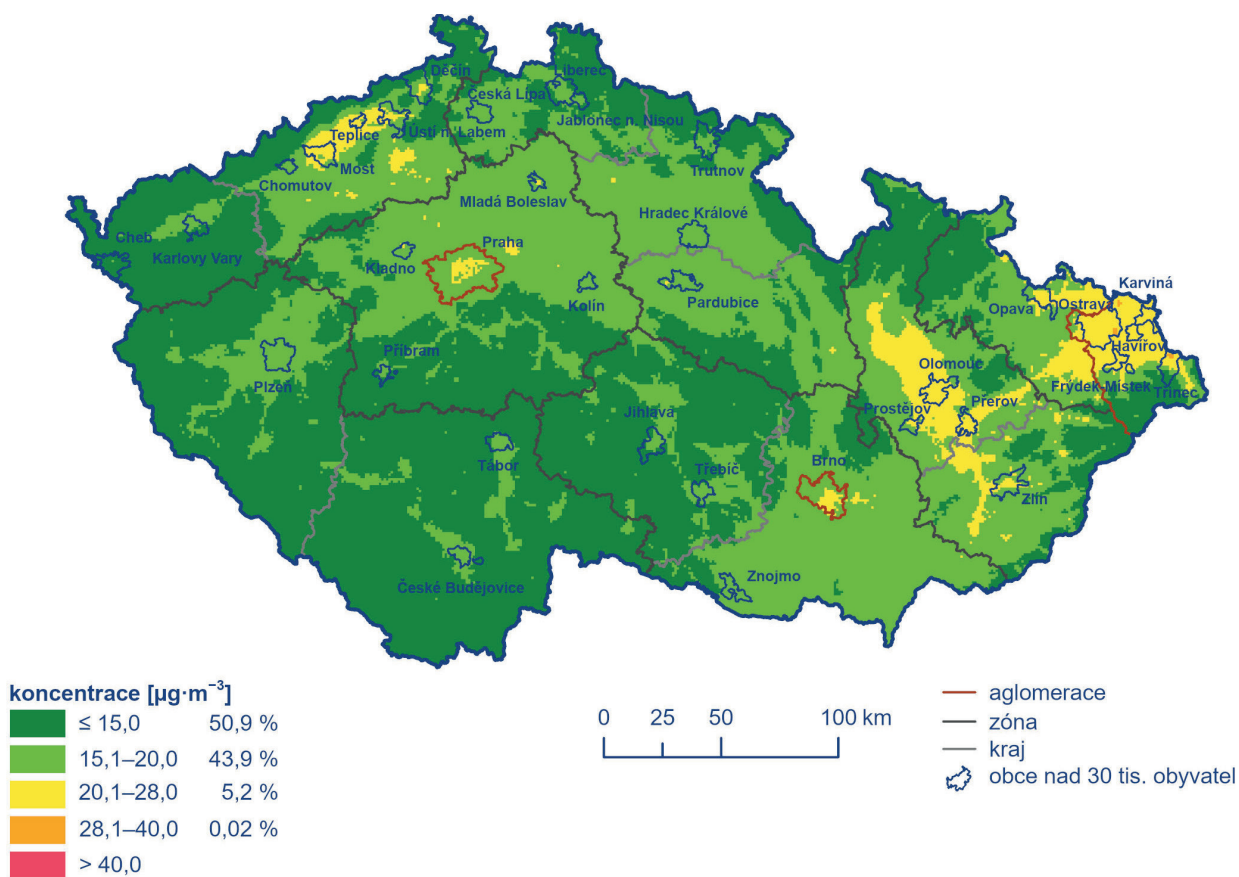


Obr. IV.1.6 Roční průměrné koncentrace PM_{10} měřené na stanicích imisního monitoringu, 2022

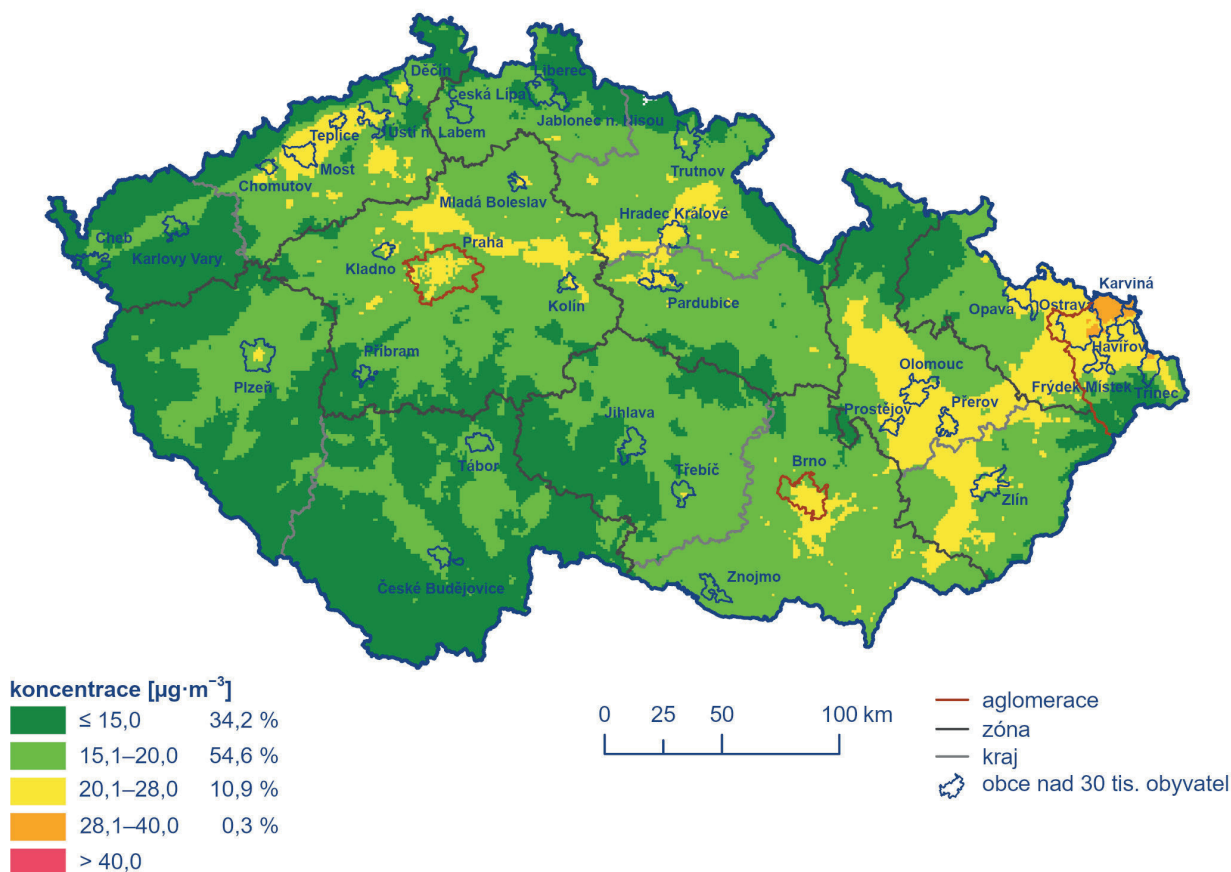


Obr. IV.1.7 Podíl stanic, kde došlo k překročení imisního limitu pro průměrnou 24hod. koncentraci PM_{10} a průměrnou roční koncentraci PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$, 2012–2022

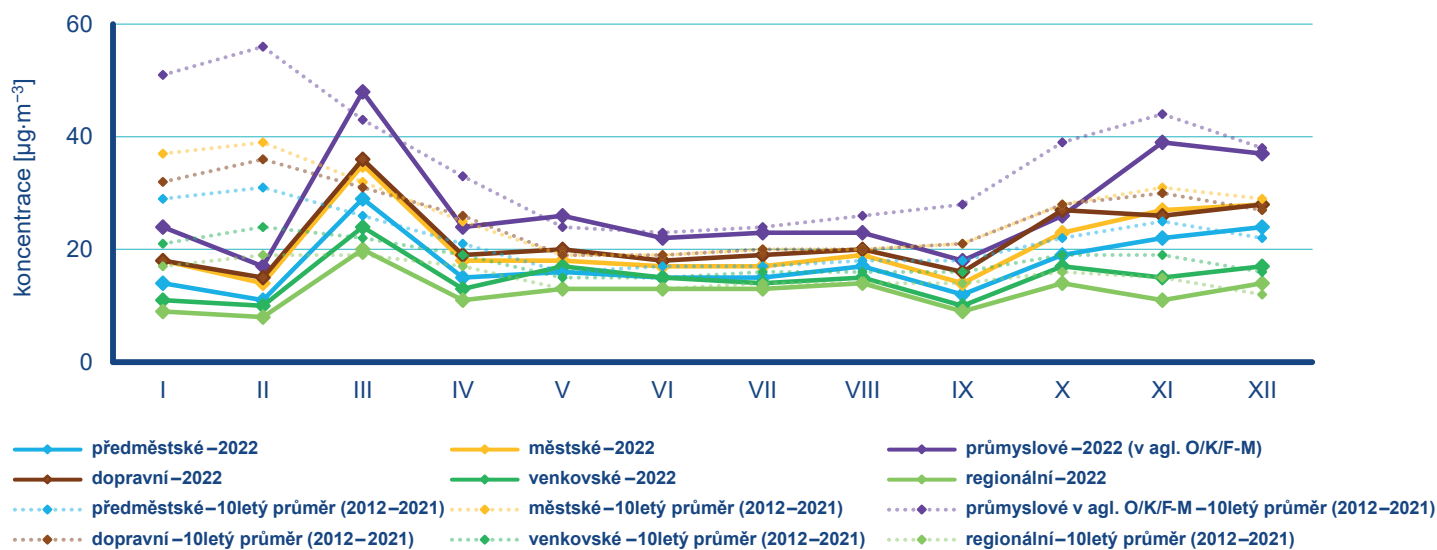
2 Horní a dolní meze pro posuzování úrovně znečištění a povolený počet překročení jsou stanoveny v příloze č. 4 k této vyhlášce. Více podrobností viz úvod do kap. IV.



Obr. IV.1.8 Pole roční průměrné koncentrace PM_{10} , 2022



Obr. IV.1.9 Pětiletý průměr ročních průměrných koncentrací PM_{10} , 2018–2022



Obr. IV.1.10 Roční chod průměrných měsíčních koncentrací PM_{10} (průměry pro daný typ stanice), 2022

(Obr. IV.1.7). Nejvyšší roční průměrné koncentrace byly naměřeny na stanicích v aglomeraci O/K/F-M (Obr. IV.1.6). Nejvyšší roční průměrné koncentrace byly, podobně jako v minulých letech, naměřeny na průmyslové stanici Ostrava-Radvanice ZÚ ($31,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), na venkovské stanici Věřňovice ($28,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a na průmyslové stanici Ostrava-Přívoz ($27,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Stejně jako v letech 2019–2021 nebylo v prostorovém rozlišení $1 \times 1 \text{ km}$ vymezeno žádné území ČR s nadlimitní roční průměrnou koncentrací PM_{10} (Obr. IV.1.8). Nicméně i v letech předešlých došlo k překročení roční průměrné koncentrace PM_{10} jen na malé části území ČR (0,1 % v roce 2018 a 0,02 % v roce 2017). Z hlediska pětiletého průměru ročních průměrných koncentrací je nejvíce zatíženou oblastí aglomerace O/K/F-M (Obr. IV.1.9).

Koncentrace PM_{10} vykazují zřetelný roční chod s nejvyššími hodnotami v chladných měsících roku (Obr. IV.1.10), kdy dochází i k nejčastějšímu překračování hodnoty 24hodinového imisního limitu (více než 80 % případů překročení v březnu, listopadu a prosinci). Vyšší koncentrace PM_{10} v ovzduší během chladného období roku souvisí jak s vyššími emisemi částic ze sezonně provozovaných tepelných zdrojů, tak i s častějším výskytem zhoršených rozptylových podmínek v této části roku.

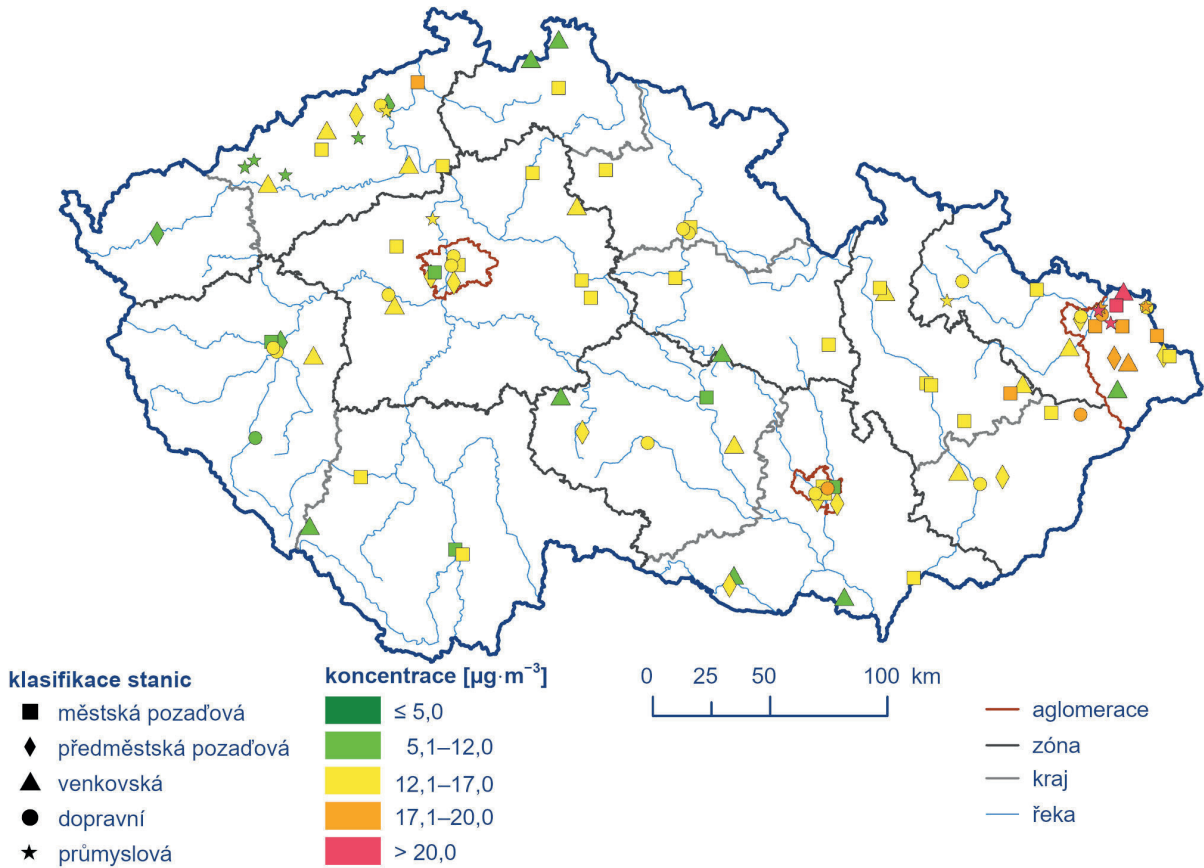
Roční chod koncentrací PM_{10} v roce 2022 vykazuje méně výrazný průběh v porovnání s desetiletým průměrem, kdy nejvyšší koncentrace byly zaznamenány v zimních měsících jak na začátku, tak na konci roku. Naopak na začátku roku 2022 (leden a únor) byly naměřeny nízké koncentrace PM_{10} . Nejvyšší koncentrace PM_{10} byly naměřeny v březnu (Obr. IV.1.10).

Průměrné měsíční koncentrace PM_{10} v roce 2022 v porovnání s desetiletým průměrem (2012–2021) byly, s výjimkou března, května a prosince, nižší ve všech měsících roku. Pokles koncentrací PM_{10} na stanicích byl výrazný, jak bylo již zmíněno, zejména v lednu (pokles o $15 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, tj. o 50 %) a v únoru (po-

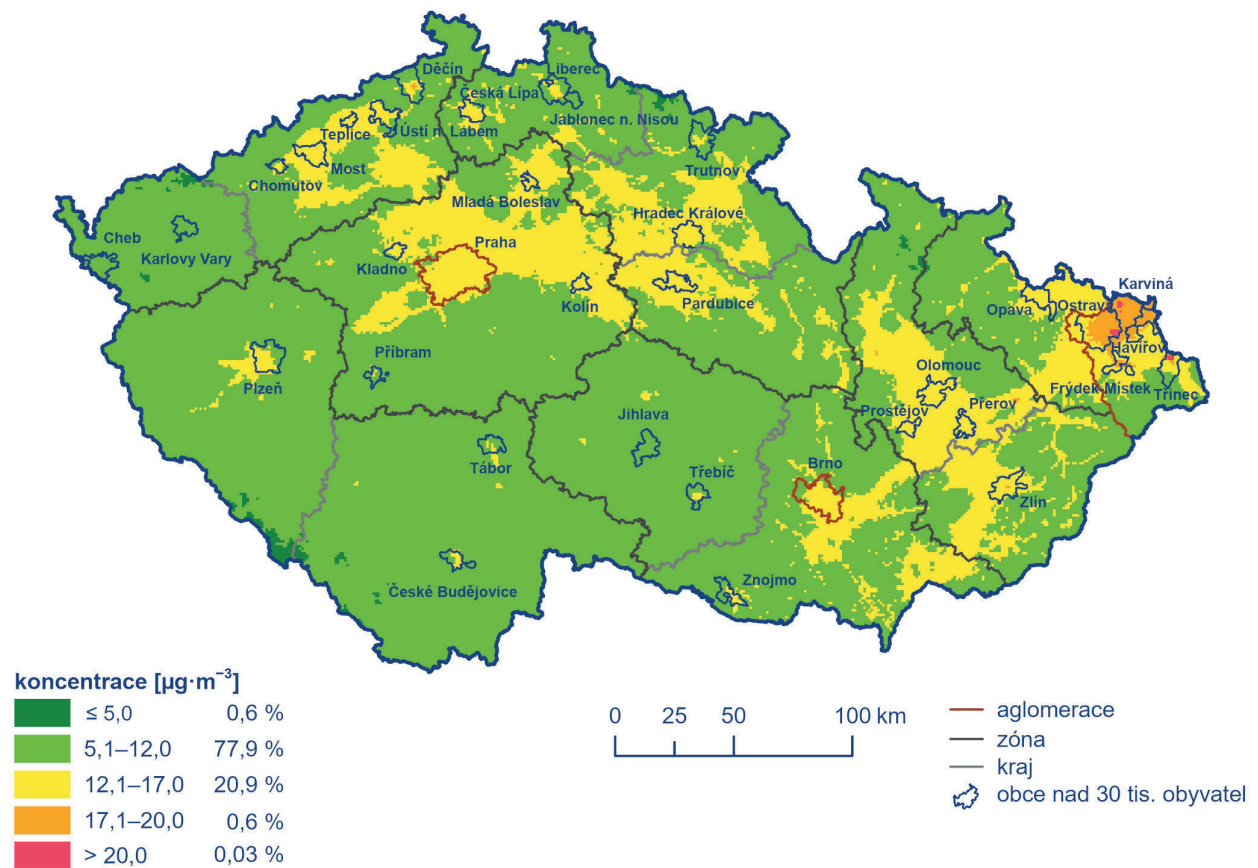
kles o $21 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, tj. o 63 %) v porovnání s desetiletým průměrem 2012–2021. Průměrné měsíční koncentrace v únoru byly v rámci roku 2022 dokonce nejnižší. Tento pokles lze vysvětlit následovně: na začátku roku 2022 (leden–únor) panovaly zlepšené až výrazně lepší rozptylové podmínky, teplotně byly měsíce charakterizovány jako nadnormální a srážkově normální. V únoru panovalo i větrné počasí. V lednu a únoru lze tedy předpokládat nižší spotřebu paliv, navíc podmínky pro rozptyl znečišťujících látek v lednu a únoru 2022 byly zlepšené až výrazně zlepšené. V březnu došlo k navýšení koncentrací a k dosažení maxim v rámci roku, a to vlivem zvýšené potřeby vytápění v první polovině měsíce, kdy se průměrná denní teplota vzduchu na území ČR pohybovala výrazně pod hodnotou normálu. Výrazné navýšení koncentrací až nad hodnotu imisního limitu v druhé polovině měsíce způsobily opakované tlakové výše a zhoršení rozptylových podmínek. Navíc byl březen suchý měsíc charakterizovaný výskytem silně podnormálních srážek (Škáchová et al., 2022).

Závěr roku (listopad–prosinec) byl teplotně a srážkově normální, rozptylové podmínky v porovnání s desetiletým průměrem 2012–2021 byly v průměru charakterizované jako standardní. Průměrné měsíční koncentrace v listopadu byly nižší než desetiletý průměr o 13 %; průměrná měsíční koncentrace v prosinci byla mírně vyšší (o 3 %) v porovnání s desetiletým průměrem. K navýšení koncentrací v prosinci došlo zejména v období mrazivých dnů s inverzním rázím počasí v druhé třetině měsíce.

Pro letní období roku (duben–září) jsou typické koncentrace na nižší úrovni, kdy dochází k útlumu sezonních zdrojů. Koncentrace částic jsou ovlivněny zejména výskytem sucha, které vede k prašnosti a následnému navýšení koncentrací částic v ovzduší. V letním období roku 2022 panovaly normální až silně nadnormální teploty (s výjimkou silně podnormálního dubna) a normální až nadnormální úhrny srážek. Rozptylově lze toto období charakterizovat jako standardní až výrazně lepší. Průměrné měsíční



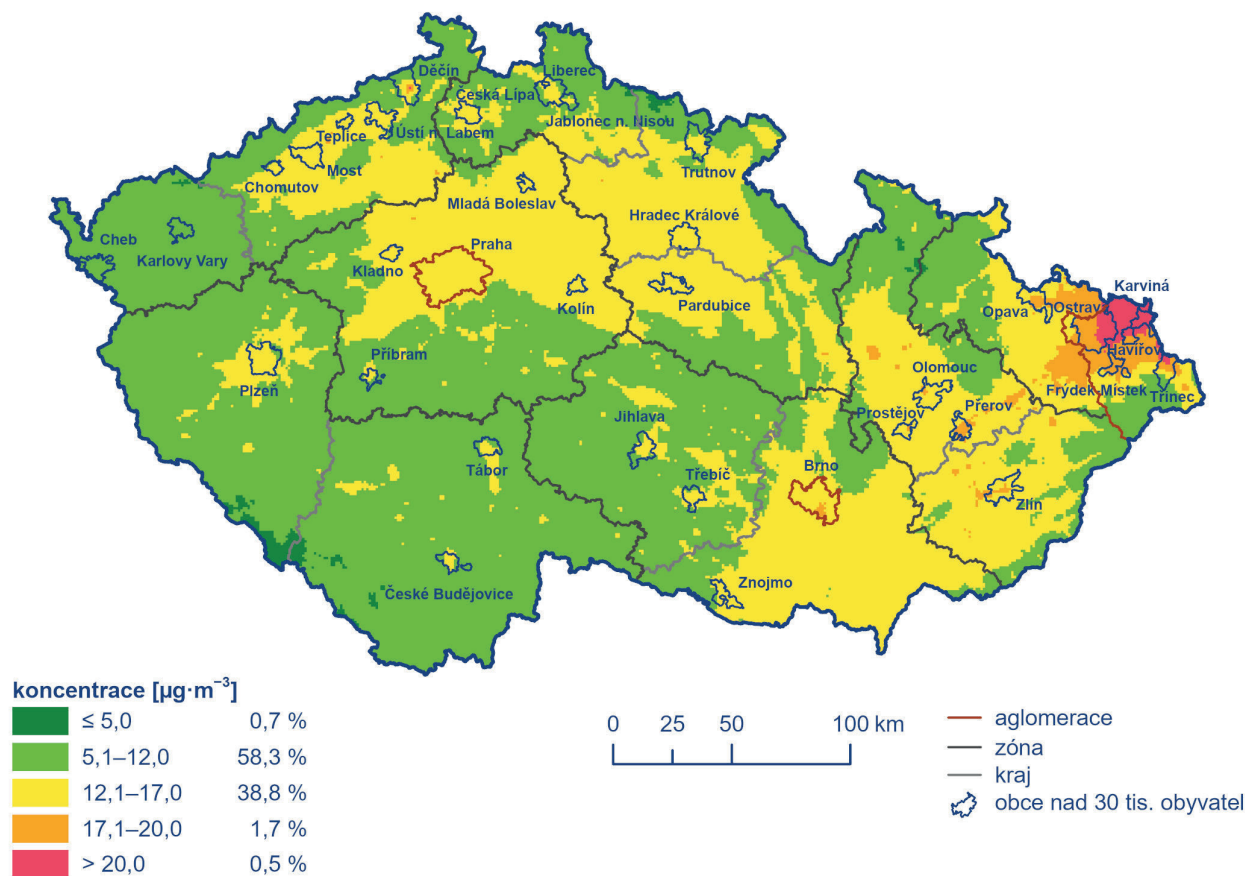
Obr. IV.1.11 Roční průměrné koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ měřené na stanicích imisního monitoringu, 2022



Obr. IV.1.12 Pole roční průměrné koncentrace $\text{PM}_{2,5}$, 2022



Obr. IV.1.13 Roční průměrné koncentrace $PM_{2,5}$ na vybraných stanicích, 2012–2022



Obr. IV.1.14 Pětiletý průměr ročních průměrných koncentrací $PM_{2,5}$, 2018–2022

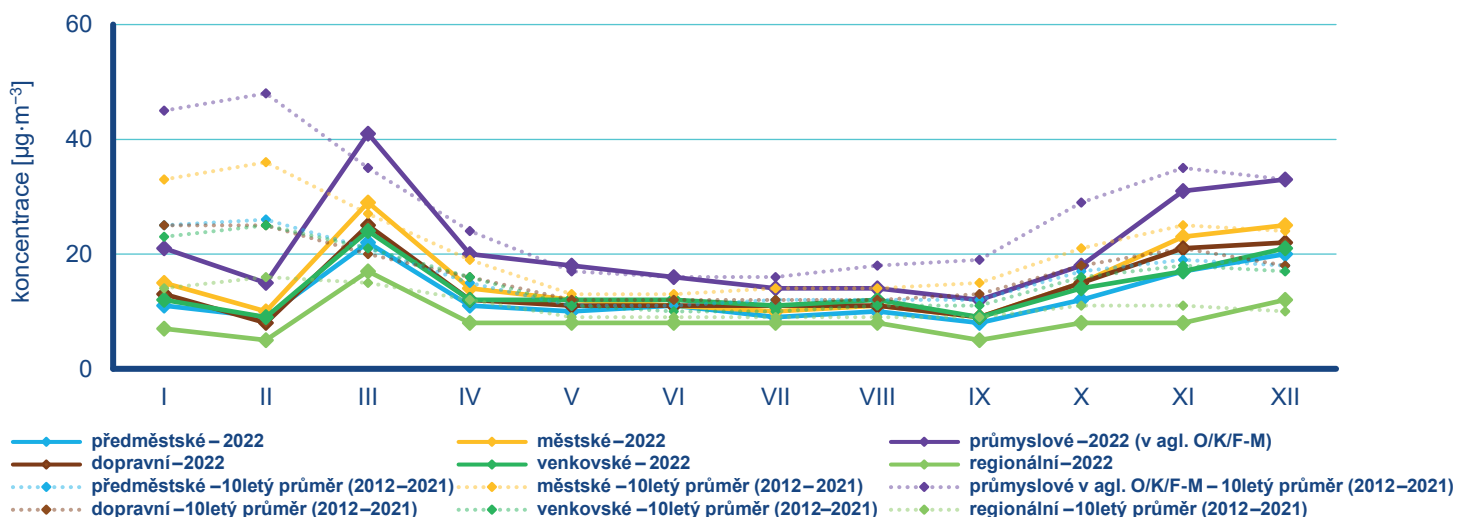
koncentrace se pohybovaly pod úrovní desetiletého průměru, v květnu a srpnu se hodnotě průměru přiblížily. Výraznější zářijový pokles koncentrací patrně souvisí s výskytem deštivého počasí během celého měsíce; pokles průměrných dubnových koncentrací v porovnání s desetiletým průměrem je způsoben zejména výskytem nízkých koncentrací v první třetině měsíce.

Suspendované částice PM_{2,5}

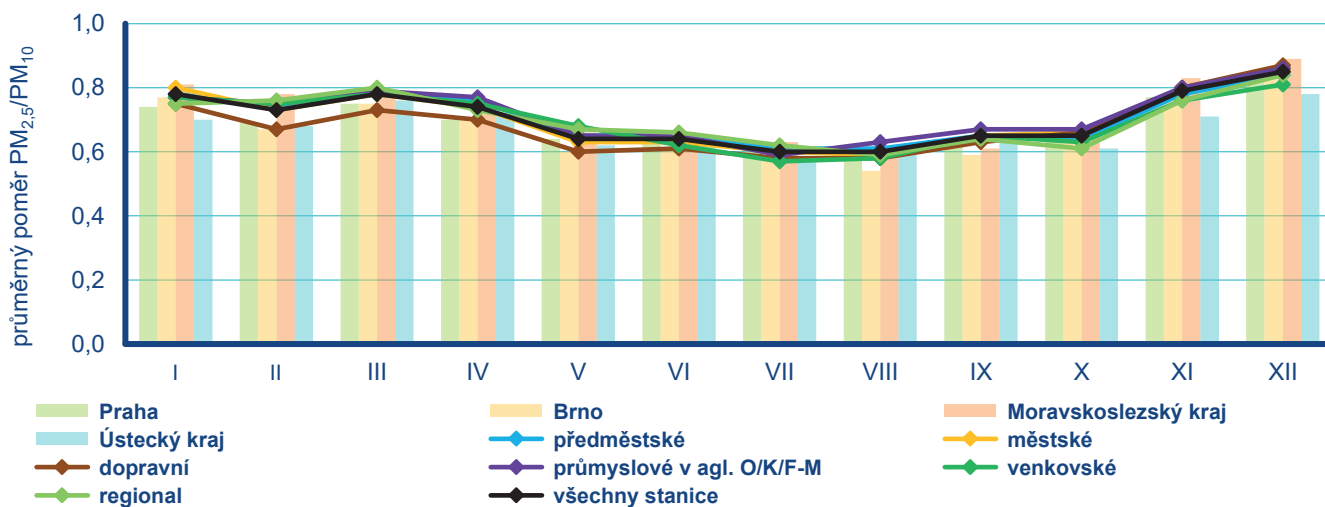
Z hlediska lidského zdraví jsou, ve srovnání s PM₁₀, problematictějšími suspendované částice jemné frakce PM_{2,5}. V české legislativě (zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění) je pro koncentrace suspendovaných částic PM_{2,5} definován pouze roční imisní limit.

Imisní limit pro roční průměrnou koncentraci PM_{2,5} (20 µg·m⁻³)³ byl v roce 2022 překročen na 4 z 101 stanic (4 %). Všechny stanice s nadlimitní roční průměrnou koncentrací PM_{2,5} v roce 2022 leží na území aglomerace O/K/F-M (Obr. IV.1.11). Jedná se o průmyslové stanice Ostrava-Radvanice ZÚ (24,4 µg·m⁻³) a Ostrava-Přívov (21,1 µg·m⁻³), dále o venkovskou stanici Věřňovice (20,4 µg·m⁻³) a městskou stanici Rychvald (20,4 µg·m⁻³). Pro srovnání s minulými lety lze konstatovat, že z hlediska imisního limitu platného do roku 2019 (25 µg·m⁻³) by v roce 2022 nedošlo k překročení na žádné stanici měřící koncentrace PM_{2,5} (Obr. IV.1.7).

Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci PM_{2,5} byl v roce 2022 překročen na 0,03 % území s cca 0,1 % obyvatel (Obr. IV.1.12). V roce 2021 se jednalo o 0,3 % území ČR, v roce 2020 o 0,04 % území ČR, v roce 2019 o 0,04 % a v roce 2018 o 1,2 %.



Obr. IV.1.15 Roční chod průměrných měsíčních koncentrací PM_{2,5} (průměry pro daný typ stanice), 2022



Obr. IV.1.16 Průměrné měsíční poměry koncentrací PM_{2,5}/PM₁₀, 2022

3 V roce 2020 vstoupil v souvislosti s právními předpisy EU v platnost přísnější imisní limit 20 µg·m⁻³ pro roční průměrnou koncentraci PM_{2,5}. Do roku 2019 včetně platil imisní limit 25 µg·m⁻³.

Nadlimitní roční průměrné koncentrace $PM_{2,5}$ byly v hodnoceném období 2012–2022 měřeny převážně na území aglomerace O/K/F-M (Obr. IV.1.13). Z hlediska pětiletého průměru ročních průměrných koncentrací $PM_{2,5}$ je nejvíce zatíženou oblastí aglomerace O/K/F-M (Obr. IV.1.14).

Měsíční koncentrace $PM_{2,5}$ vykazují velice podobný roční chod jako PM_{10} včetně významného snížení průměrných měsíčních koncentrací v porovnání s jejich desetiletým průměrem (Obr. IV.1.15). Průměrné měsíční koncentrace $PM_{2,5}$ v roce 2022 byly v porovnání s desetiletým průměrem (2012–2021), s výjimkou března a prosince, nižší ve všech měsících roku. Relativní pokles koncentrací $PM_{2,5}$ na stanicích byl výrazný zejména v lednu a únoru (propad o $14 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $19 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, tj. o 53 % a 69 %).

Poměr suspendovaných částic frakce $PM_{2,5}$ a PM_{10}

Poměr frakcí $PM_{2,5}$ a PM_{10} není konstantní, vykazuje sezonní průběh a je zároveň závislý na charakteru lokality (Obr. IV.1.16). V roce 2022 se tento poměr pohyboval v průměru z 75 stanic v ČR, kde se současně měří $PM_{2,5}$ a PM_{10} a stanice mají dostatečný počet měření pro toto hodnocení, v rozmezí 0,57 (v červenci na venkovských stanicích) až 0,87 (v prosinci na dopravních stanicích). V Praze a Brně, kde je roční chod ovlivněn vysokým podílem dopravních lokalit, byl tento poměr v rozmezí 0,59 (srpen) až 0,84 (prosinec) a 0,54 (srpen) až 0,83 (prosinec). V Moravskoslezském kraji byl tento poměr v rozmezí 0,59 (srpen) až 0,89 (prosinec) a v Ústeckém kraji 0,58 (červenec) až 0,78 (prosinec). Při porovnání poměru frakcí $PM_{2,5}$ a PM_{10} podle klasifikace stanic je na venkovských stanicích poměr v rozmezí 0,57 (červenec) až 0,81 (prosinec), na městských pozadových 0,59 (srpen) až 0,86 (prosinec), na předměstských pozadových 0,61 (srpen) až 0,84 (prosinec), na dopravních lokalitách je poměr v rozmezí 0,58 (srpen) až 0,87 (prosinec) a na průmyslových v aglomeraci O/K/F-M 0,59 (červenec) až 0,86 (prosinec).

Roční chod poměru frakcí $PM_{2,5}$ a PM_{10} souvisí se sezonním charakterem některých emisních zdrojů. Emise ze spalovacích zdrojů vykazují vyšší zastoupení frakce $PM_{2,5}$ než např. emise ze zemědělské činnosti a resuspenze při suchém a větrném počasí. Vytápění v zimním období může být tedy důvodem vyššího podílu frakce $PM_{2,5}$ ve frakci PM_{10} . Nejvyšší poměr $PM_{2,5}/PM_{10}$ byl v roce 2022 zjištěn, bez ohledu na charakter lokality, v prosinci. Poměry $PM_{2,5}/PM_{10}$ jsou obecně vyšší ve vlhkých měsících, neboť dochází k menšímu příspěvku resuspenze ke koncentraci PM_{10} (Akinlade et al. 2015). Pokles během jarního období a začátku léta je v některých studiích vysvětlován nárůstem množství větších biogenních částic, např. pylu (Gehrig, Buchmann 2003).

Při spalování paliv v dopravě se emitované částice nalézají především ve frakci $PM_{2,5}$, a poměr by měl tudíž být u dopravních lokalit vysoký. To, že tomu tak vždy není, zdůrazňuje význam větších částic vířených z povrchu vozovky, a také emisí z otěrů pneumatik, brzdového obložení a ze silnic. Zastoupení hrubé frakce na dopravních stanicích narůstá i v důsledku resuspenze částic ze zimního posypu. K navýšení koncentrace PM_{10} může dojít i v dů-

sledku zvýšené abraze silničního povrchu posypem a následnou resuspenzí obroušeného materiálu (EC 2011). Vyšší poměr frakcí $PM_{2,5}$ a PM_{10} než v dopravních lokalitách je proto v důsledku emisí ze spalovacích procesů často pozorován na průmyslových stanicích.

IV.1.2 Vývoj koncentrací suspendovaných částic PM_{10} a $PM_{2,5}$

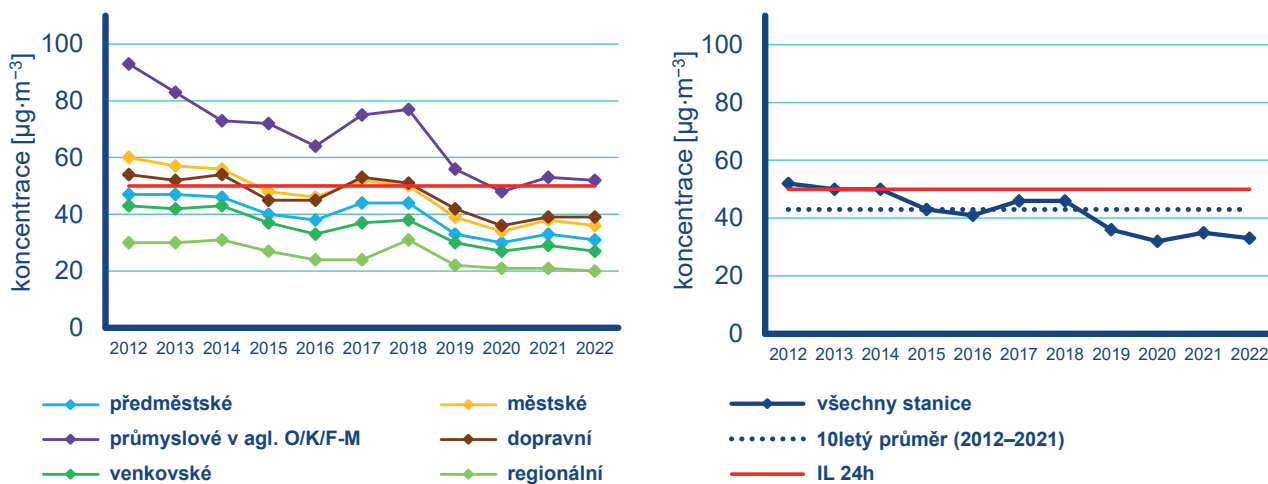
Vývoj koncentrací suspendovaných částic PM_{10} na jednotlivých typech stanic je hodnocen za období posledních 11 let, tj. 2012–2022.

36. nejvyšší 24hodinová koncentrace PM_{10} (v průměru ze všech stanic, pro které je k dispozici měření za celé hodnocené období) se v letech 2012–2022 pohybovala v rozmezí od cca 32 do $52 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Obr. IV.1.17). Minimální koncentrace byly za hodnocené období zaznamenány v roce 2020, maximální v roce 2012. 36. nejvyšší 24hodinové koncentrace PM_{10} v letech 2012–2016 pozvolně klesaly, v letech 2017 a 2018 byl pozorován nárůst a v letech 2019 a 2020 opět postupný pokles, přičemž výraznější pokles byl zaznamenán zejména mezi lety 2018 a 2019. Poslední tři roky (v rámci hodnoceného období) se koncentrace částic pohybují na nejnižší úrovni. Koncentrace v roce 2022 byly na druhé nejnižší úrovni po roce 2020, který byl z hlediska kvality ovzduší mimořádně příznivý. Oproti desetiletému průměru koncentrací ze všech stanic ($43 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za období 2012–2021) poklesla 36. nejvyšší 24hodinová koncentrace PM_{10} v roce 2022 ($33 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) o 23 %.

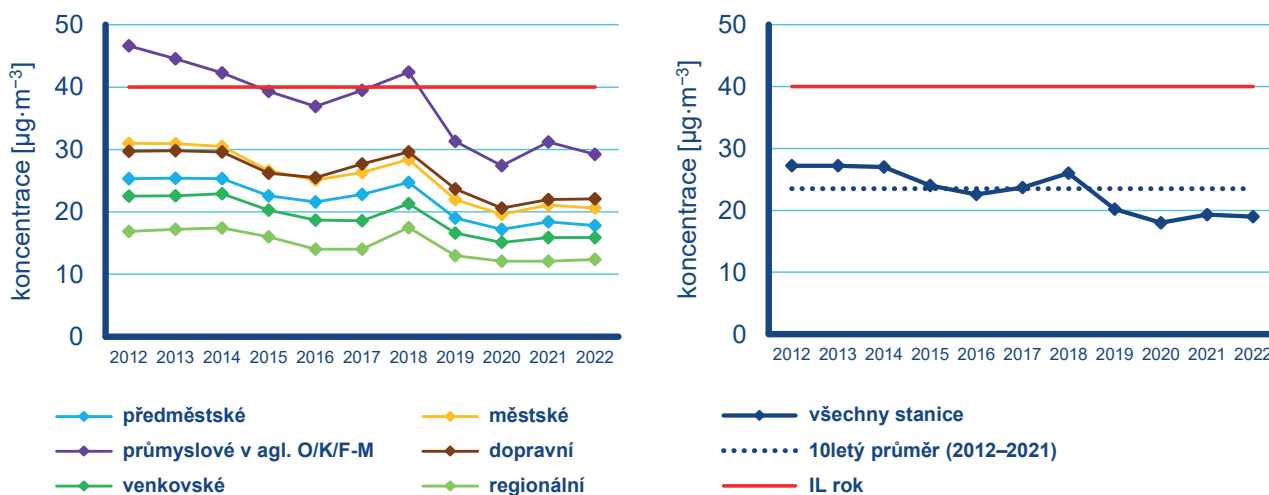
Roční průměrné koncentrace PM_{10} (v průměru ze všech stanic, pro které je k dispozici měření za celé hodnocené období) se v letech 2012–2022 pohybovaly v rozmezí od cca 18,0 do $27,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Obr. IV.1.18). Minimální koncentrace byly za hodnocené období zaznamenány v roce 2020, maximální v roce 2012. Vývoj ročních průměrných koncentrací je obdobný jako vývoj 36. nejvyšších 24hodinových koncentrací PM_{10} . Koncentrace v roce 2022 byly na druhé nejnižší úrovni po roce 2020, který byl z hlediska kvality ovzduší mimořádně příznivý. Oproti desetiletému průměru koncentrací ze všech stanic ($23,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za období 2012–2021) poklesla roční průměrná koncentrace PM_{10} v roce 2022 ($19,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) o 19 %.

Roční průměrné koncentrace $PM_{2,5}$ (v průměru ze všech stanic, pro které je k dispozici měření za celé hodnocené období) se v letech 2012–2022 pohybovaly v rozmezí od cca 13,1 do $20,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Obr. IV.1.19). Minimální koncentrace byly za hodnocené období zaznamenány v roce 2020, maximální v letech 2012 a 2018. Oproti desetiletému průměru koncentrací ($17,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za období 2012–2021) poklesla roční průměrná koncentrace $PM_{2,5}$ v roce 2022 ($13,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) o 23 %.

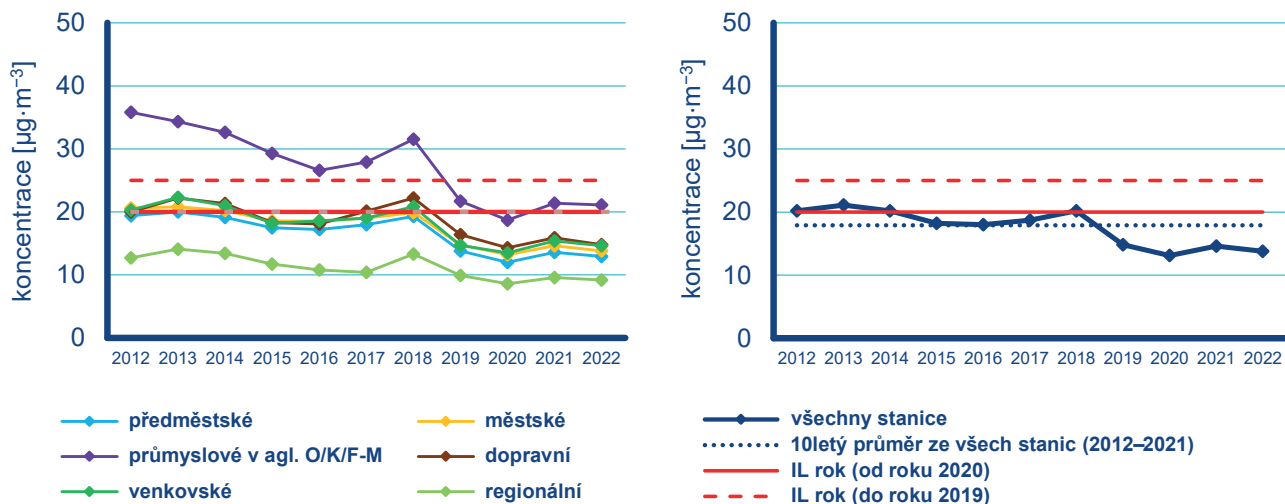
Relativně nízké koncentrace suspendovaných částic PM_{10} a $PM_{2,5}$ v roce 2022 lze přisoudit kombinaci faktorů, a to jak příznivým meteorologickým a rozptylovým podmínkám v některých měsících roku (zejména v lednu a únoru), tak pokračujícímu poklesu



Obr. IV.1.17 36. nejvyšší 24hod. koncentrace PM₁₀ na jednotlivých typech stanic, 2012–2022



Obr. IV.1.18 Roční průměrné koncentrace PM₁₀ na jednotlivých typech stanic, 2012–2022



Obr. IV.1.19 Roční průměrné koncentrace PM_{2,5} na jednotlivých typech stanic, 2012–2022

emisí díky již realizovaným opatřením pro zlepšení kvality ovzduší (výměna kotlů, postupující obnova vozového parku a opatření na velkých zdrojích).

IV.1.3 Emise PM_{10} a $PM_{2,5}$

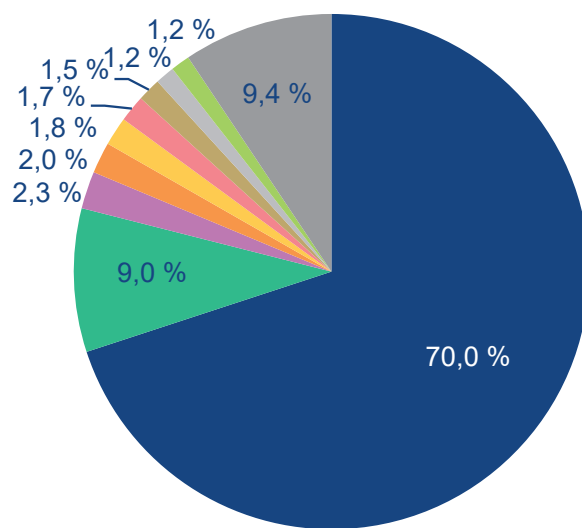
Při spalování paliv a při dalších průmyslových činnostech vznikají aerosoly, které mohou být pevné, kapalné nebo směsné. Souhrnně se tyto aerosoly v české legislativě označují jako tuhé znečišťující látky (TZL), v zahraniční literatuře pak jako Total Suspended Particulates (TSP). Emise TZL mají různé velikostní a chemické složení podle charakteru zdroje a způsobu vzniku. Mohou obsahovat těžké kovy a představují nosné médium pro VOC a PAH. Nejčastěji se při inventarizaci emisí v návaznosti na imisní limity rozlišuje velikostní frakce PM_{10} a $PM_{2,5}$.

Emisní inventury PM_{10} a $PM_{2,5}$ prováděné podle současných metodik zahrnují pouze primární emise těchto látek. Na koncentracích PM_{10} a $PM_{2,5}$ měřených v ovzduší se přitom významně podílí sekundární aerosolové částice vznikající přímo v ovzduší z plyných prekurzorů fyzikálně-chemickými reakcemi. Podíl sekundárních anorganických aerosolů na celkové koncentraci $PM_{2,5}$ se může v městském prostředí pohybovat mezi 20 a 40 % (Vlček, Corbet 2011). Podle modelového odhadu může příspěvek sekundárních organických aerosolů biogenního původu v evropských podmínkách činit 2–4 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ $PM_{2,5}$ (Fuzzi et al. 2015).

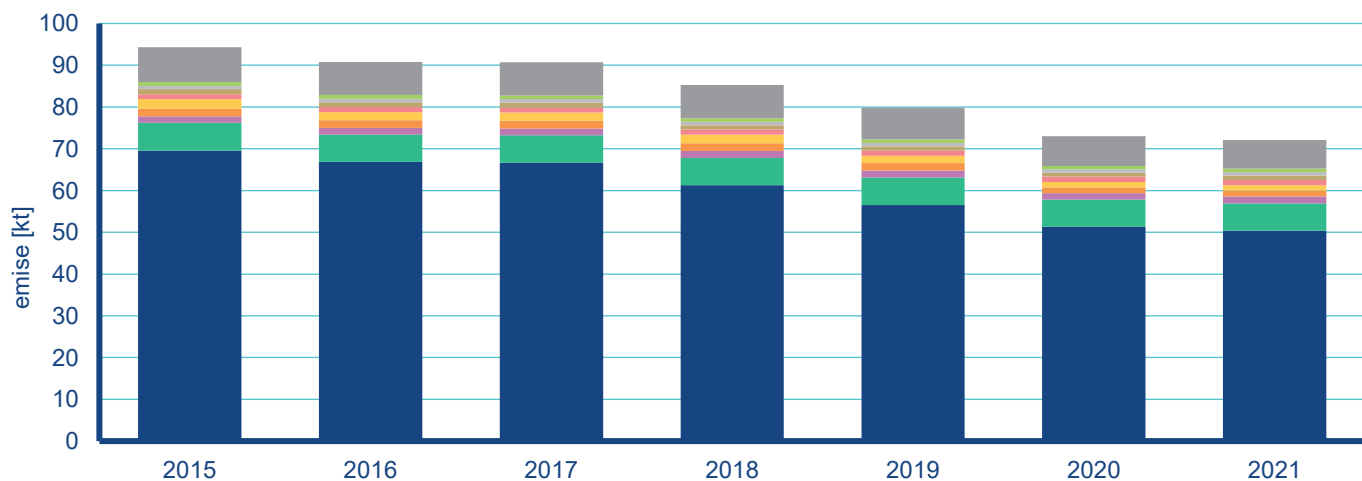
Ve srovnání s emisemi jiných znečišťujících látek jsou emise částic vnášeny do ovzduší z velkého počtu významnějších skupin zdrojů. Kromě zdrojů, ze kterých jsou tyto látky vypouštěny řízeně komíny nebo výduchy (průmyslové výroby, vytápění domácností, výfukové emise z dopravy), pochází významné množství emisí

TZL ze zdrojů fugitivních (kamenolomy, skládky prашných materiálů, manipulace s prашnými materiály, apod.). Jejich zdrojem jsou rovněž emise z otěrů pneumatik, brzdového obložení a abraze vozovek vypočítávané z dopravních výkonů. Kvalitu ovzduší ovlivňuje rovněž resuspenze částic (znovuzvíření), která do standardně prováděných emisních inventur není zahrnuta.

Mezi hlavní zdroje emisí částic v roce 2021 (Obr. IV.1.20 a Obr. IV.1.22) patřil sektor 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření, který se podílel na znečišťování ovzduší v celorepublikovém měřítku látkami PM_{10} 70 % a $PM_{2,5}$ 83,7 %.



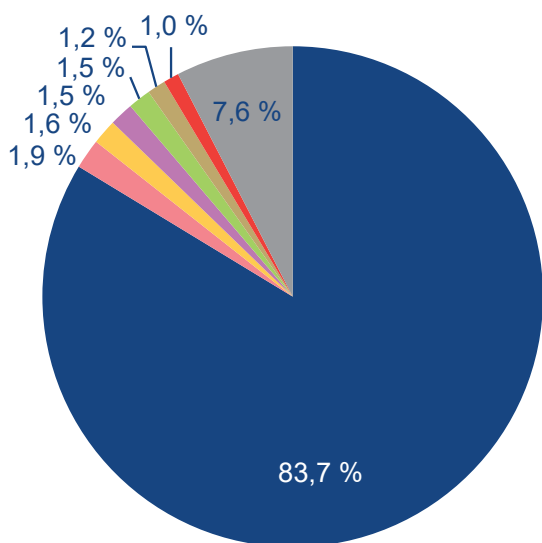
Obr. IV.1.20 Podíl sektorů NFR na celkových emisích PM_{10} , 2021



- 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření
- 3Dc – Polní práce (orba, sklizeň apod.)
- 1A3bvii – Silniční doprava: Otěry pneumatik a brzd
- 1B1a – Fugitivní emise z pevných paliv: Těžba a manipulace s uhlím
- 1A1a – Veřejná energetika a výroba tepla
- 1A4cii – Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní zdroje
- 2A5a – Těžba nerostných surovin (mimo uhlí)
- 1A3bvii – Silniční doprava: Automobilová silniční abraze
- 1A3bi – Silniční doprava: Osobní automobily
- Ostatní

Obr. IV.1.21 Celkové emise PM_{10} , 2015–2021

Jak je uvedeno v kapitole II., z výsledků šetření o spotřebách paliv v domácnostech ENERGO 2021 (ČSÚ 2022) byla sestavena nová emisní inventura pro sektor 1A4bi. Celkové odhadované množství emisí částic ze spotřeby paliv v domácnostech pokleslo v období let 2015–2021 o cca 27 % a to se promítá také do změny v procentním zastoupení sektorů. Mezi další významné zdroje emisí PM₁₀ patřil sektor 3Dc – Polní práce, kde tyto emise vznikají při zpracování půdy, sklizni a čištění zemědělských plodin. Tento sektor představoval 9 % emisí PM₁₀. Z hlediska účinku na lidské zdraví jsou velkým rizikem emise částic pocházející z dopravy, přede-

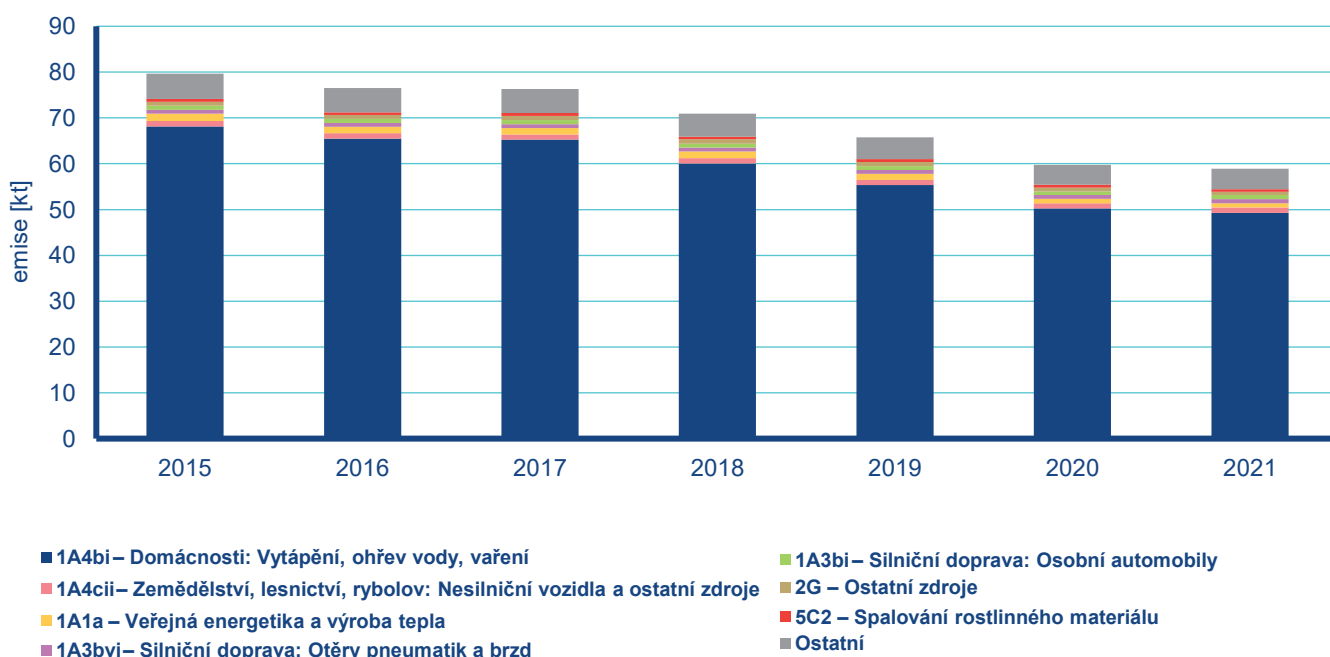


vším ze spalování paliv ve vznětových motorech, které produkují částice o velikosti jednotek až stovek nanometrů (Vojtíšek 2010). Mobilní zdroje (ČHMÚ 2022d) se na emisích PM₁₀ v roce 2021 podílely 5,4 % a na emisích PM_{2,5} 4,6 %.

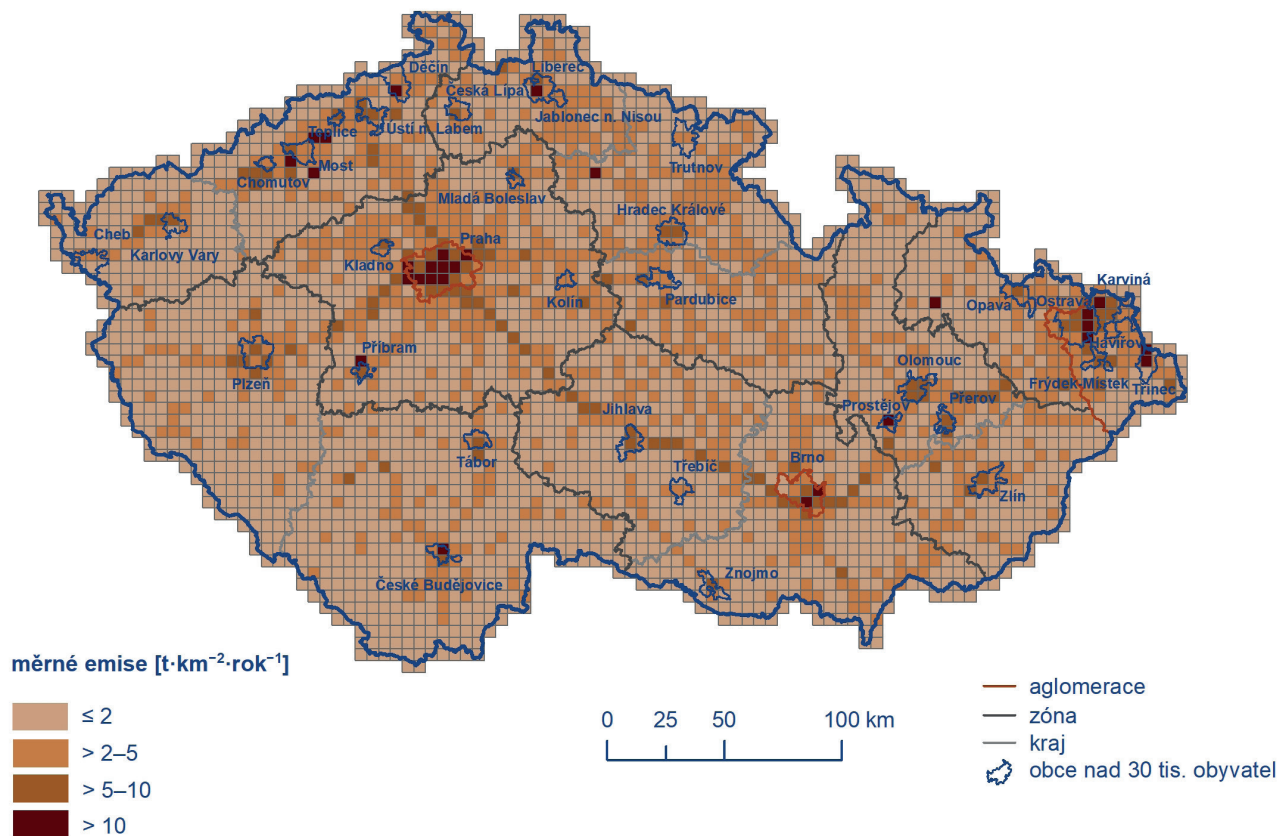
Spotřebu pevných paliv v domácnostech, která se významnou měrou podílí na vývoji emisí, lze v období 2015–2021 charakterizovat rostoucím trendem, souvisejícím pravděpodobně se socio-ekonomickou situací. Jak ale ukazují výstupy šetření ENERGO 2021 (ČSÚ 2022) došlo od posledního šetření v roce 2015 k dalšímu zlepšení poměrů používaných kotlů ve prospěch modernějších a úspornějších typů s nižšími emisemi. Příznivému vývoji celkových emisí PM₁₀ a PM_{2,5} také napomáhá aplikace nejlepších dostupných technik pro snižování emisí TZL a plyných prekurzorů sekundárních částic v energetice a průmyslu, obnova vozového parku a snížení zemědělské produkce. Celkové emise PM₁₀ a PM_{2,5} mají proto téměř v celém období 2015–2021 klesající trend (Obr. IV.1.21 a Obr. IV.1.23).

V jednotlivých oblastech ČR se podíl sektorů na celkových emisích liší podle konkrétní skladby zdrojů v dané oblasti. Vzhledem k tomu, že hlavní zdroj emisí PM₁₀ a PM_{2,5} představuje lokální vytápění, je i produkce emisí těchto látek rozložena po celém území ČR s obytnou zástavbou. V území ČR emisně vynikají lokality, ve kterých probíhá těžba hnědého uhlí a jsou provozovány významné energetické zdroje využívající pevná fosilní paliva (Ústecký a Moravskoslezský kraj). Podíl emisí suspendovaných částic z dopravy je vyšší především ve velkých městech (Obr. IV.1.24 a Obr. IV.1.25).

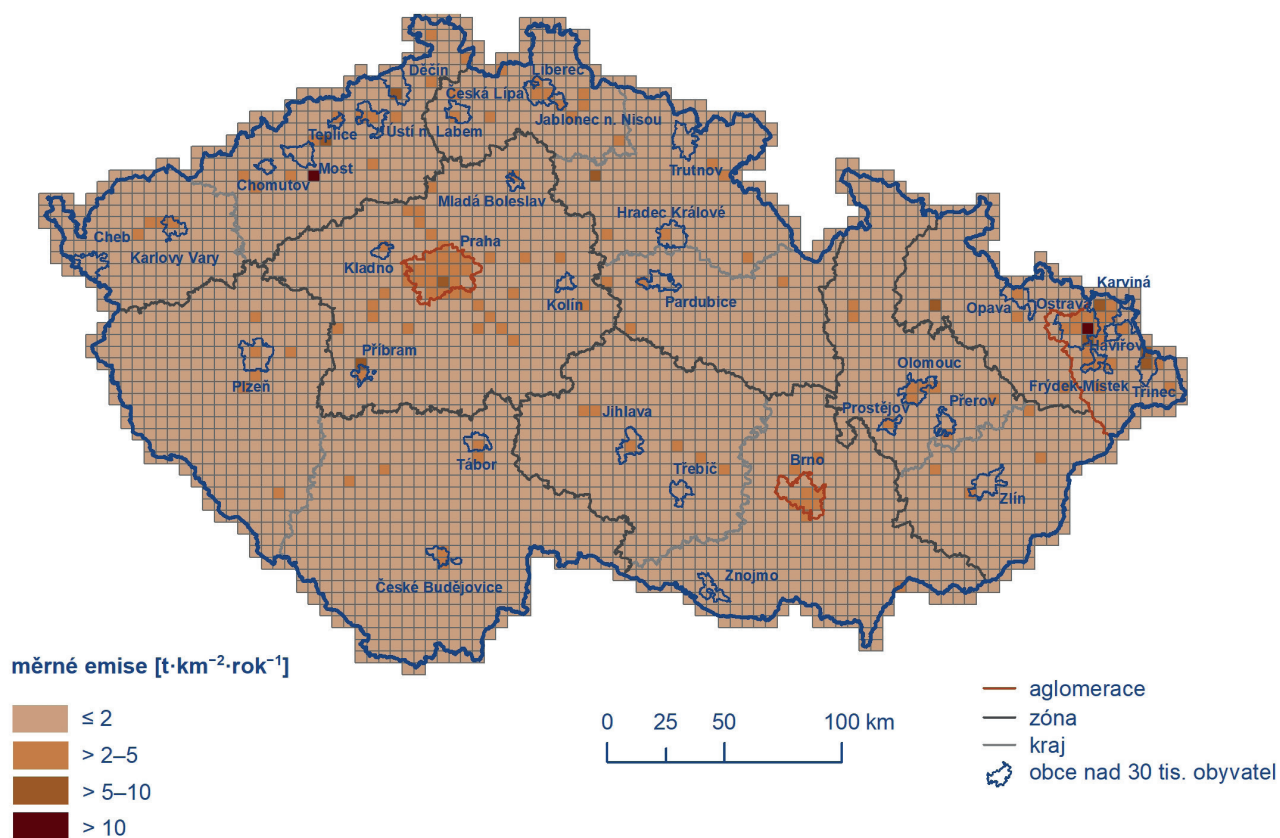
Obr. IV.1.22 Podíl sektorů NFR na celkových emisích PM_{2,5}, 2021



Obr. IV.1.23 Celkové emise PM_{2,5}, 2015–2021



Obr. IV.1.24 Celkové emise PM_{10} v rozlišení 5×5 km, 2021



Obr. IV.1.25 Celkové emise $PM_{2.5}$ v rozlišení 5×5 km, 2021

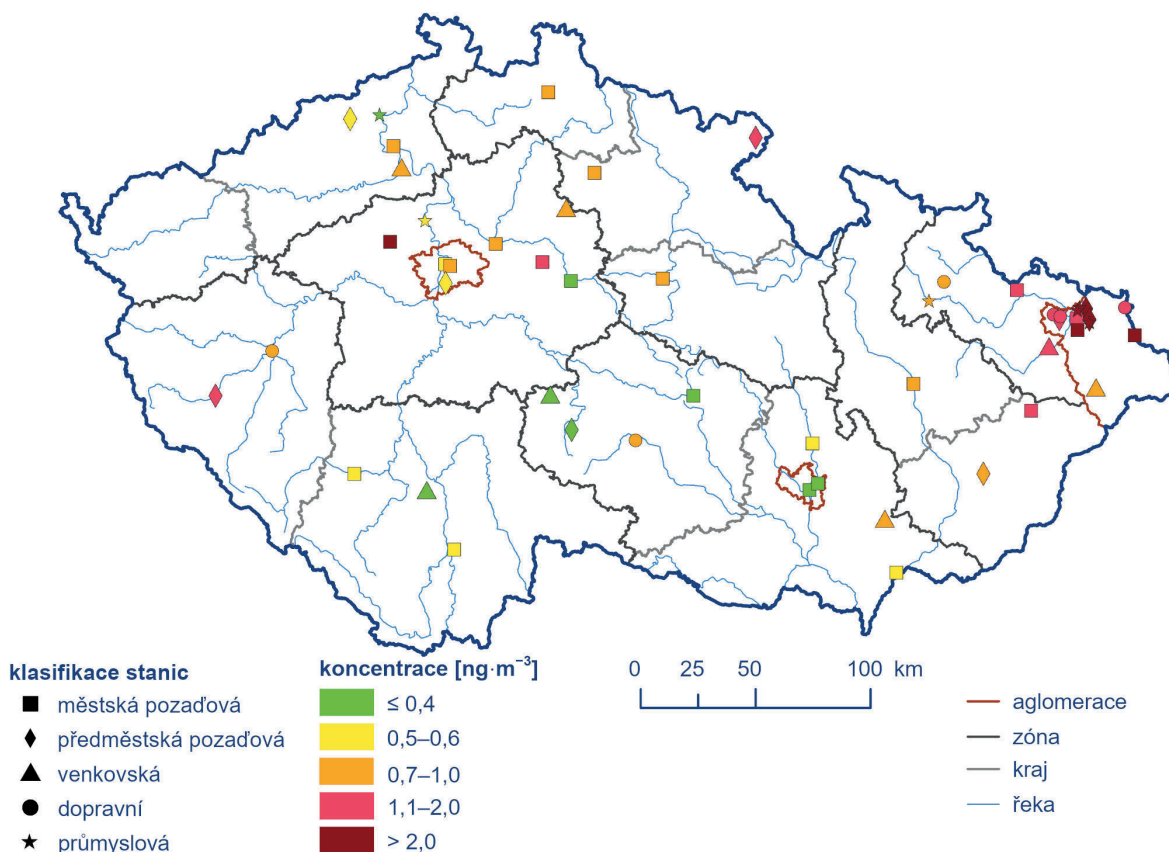
IV.2 Benzo[a]pyren

IV.2.1 Znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem v roce 2022

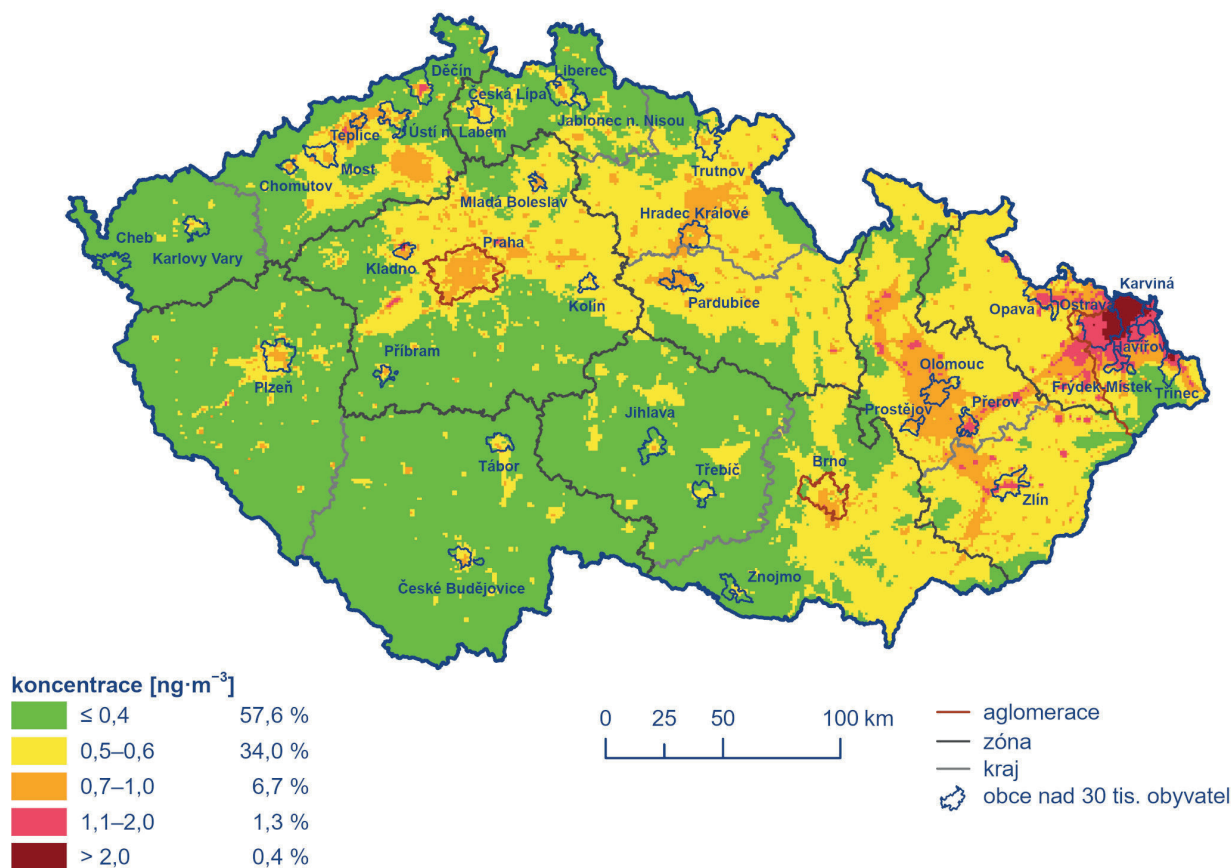
Znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem patří k hlavním problémům kvality ovzduší v ČR. V roce 2022 překročily roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu imisní limit ($1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) na 37 % stanic, tj. na 19 z celkového počtu 51 stanic s dostatečným počtem naměřených dat pro hodnocení (Obr. IV.2.1). Plocha s nadlimitními koncentracemi benzo[a]pyrenu byla v roce 2022 vymezena na 1,7 % plochy území ČR, kde žije přibližně cca 12 % obyvatel ČR (Obr. IV.2.2). Nejvíce zatíženými 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 zmíněné nejzatíženější kraje.

Nejvyšší roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu jsou dlouhodobě zaznamenávány na všech typech stanic na celém území aglomerace O/K/F-M (Obr. IV.2.4). Vysoké nadlimitní koncentrace benzo[a]pyrenu se zde vyskytují ve spojitosti s nejvyšším emisním zatížením v rámci ČR (z různých typů zdrojů), včetně vlivu přeshraničního přenosu z Polska. Stejně jako v minulých

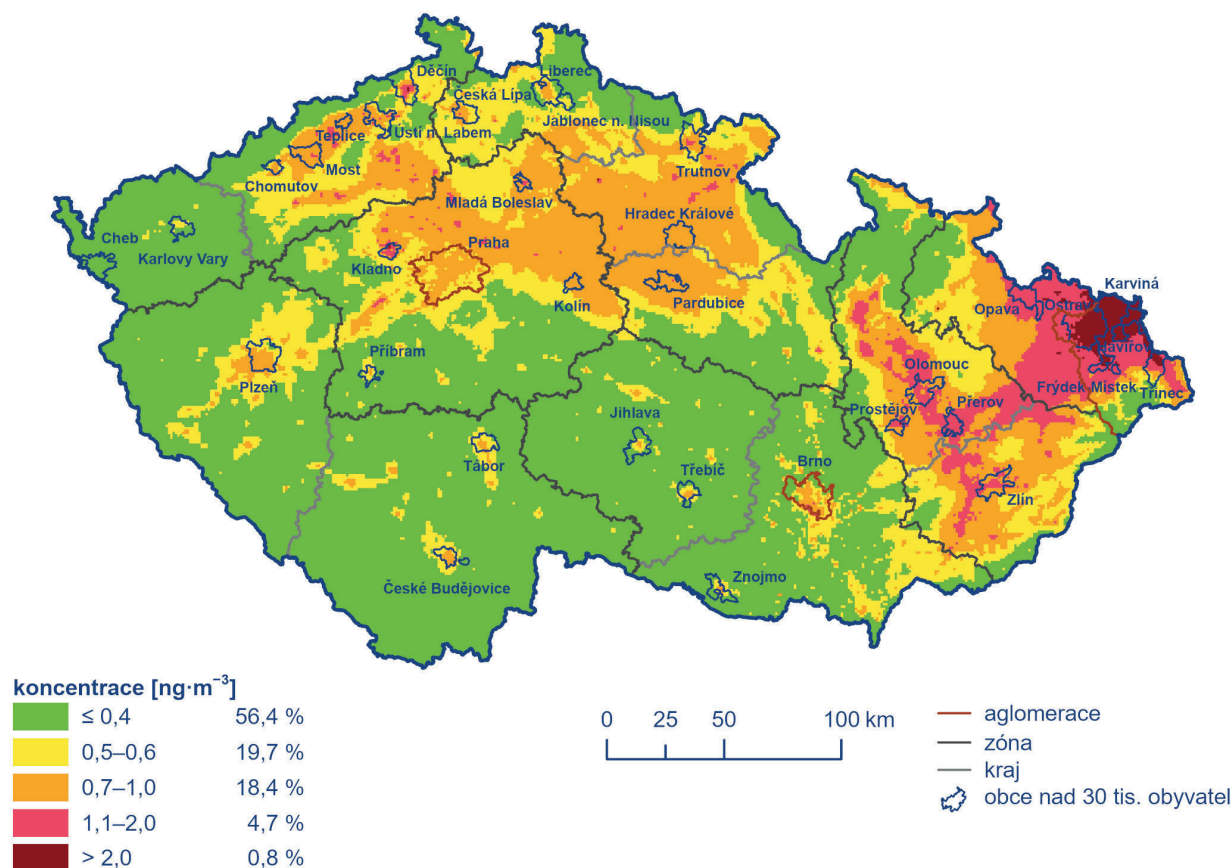
letech, i v roce 2022 byla nejvyšší roční průměrná koncentrace benzo[a]pyrenu ($6 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) zaznamenána na průmyslové stanici Ostrava-Radvanice ZÚ, kde byl roční imisní limit benzo[a]pyrenu překročen šestinásobně. Zároveň se jednalo o stanici s nejméně výrazným meziročním poklesem roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu, a sice o $2,8 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$. Z výsledků provedené identifikace zdrojů znečišťování ovzduší s vyhodnocením příčin znečištění ovzduší ve východní části Ostravy v projektu ARAMIS (TA ČR „Integrovaný systém výzkumu, hodnocení a kontroly kvality ovzduší“) vyplývá, že na této stanici s omezenou reprezentativností řádově stovky metrů od stanice (odpovídající klasifikaci a účelu stanice) pochází znečištění benzo[a]pyrenem převážně z areálu hutního podniku Liberty Ostrava a.s. (asi dvě třetiny v chladné části roku) a téměř celá zbývající část připadá na vytápění domácností (Seibert et al. 2022). Nadlimitní hodnoty benzo[a]pyrenu byly naměřeny na všech stanicích v aglomeraci O/K/F-M, vyjma regionální venkovské stanice Ostravice-Golf ($0,9 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$), která je umístěna ve volné krajině mimo zastavěnou obec. Mimo nejzatíženější oblast na severní Moravě jsou každoročně zaznamenávány vyšší koncentrace benzo[a]pyrenu na stanici Kladno-Švermov ($2,9 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$); z pohledu úrovně koncentrací se jednalo o třetí nejhorší stanici v ČR. Vysoké koncentrace benzo[a]pyrenu na této stanici souvisí s hustou zástavbou rodinných domů vytápěných pevnými palivy a se zhoršenými podmínkami provětrávání vzhledem k umístění v údolí Týneckého potoka. Nadlimitní hodnoty lze však očekávat i v dalších obcích s vyšším podílem vytápění domácností pevnými palivy, kde se benzo[a]pyren rutinně neměří. Příkladem mohou být lokality Broumov a Staňkov s ročními průměrnými koncentracemi



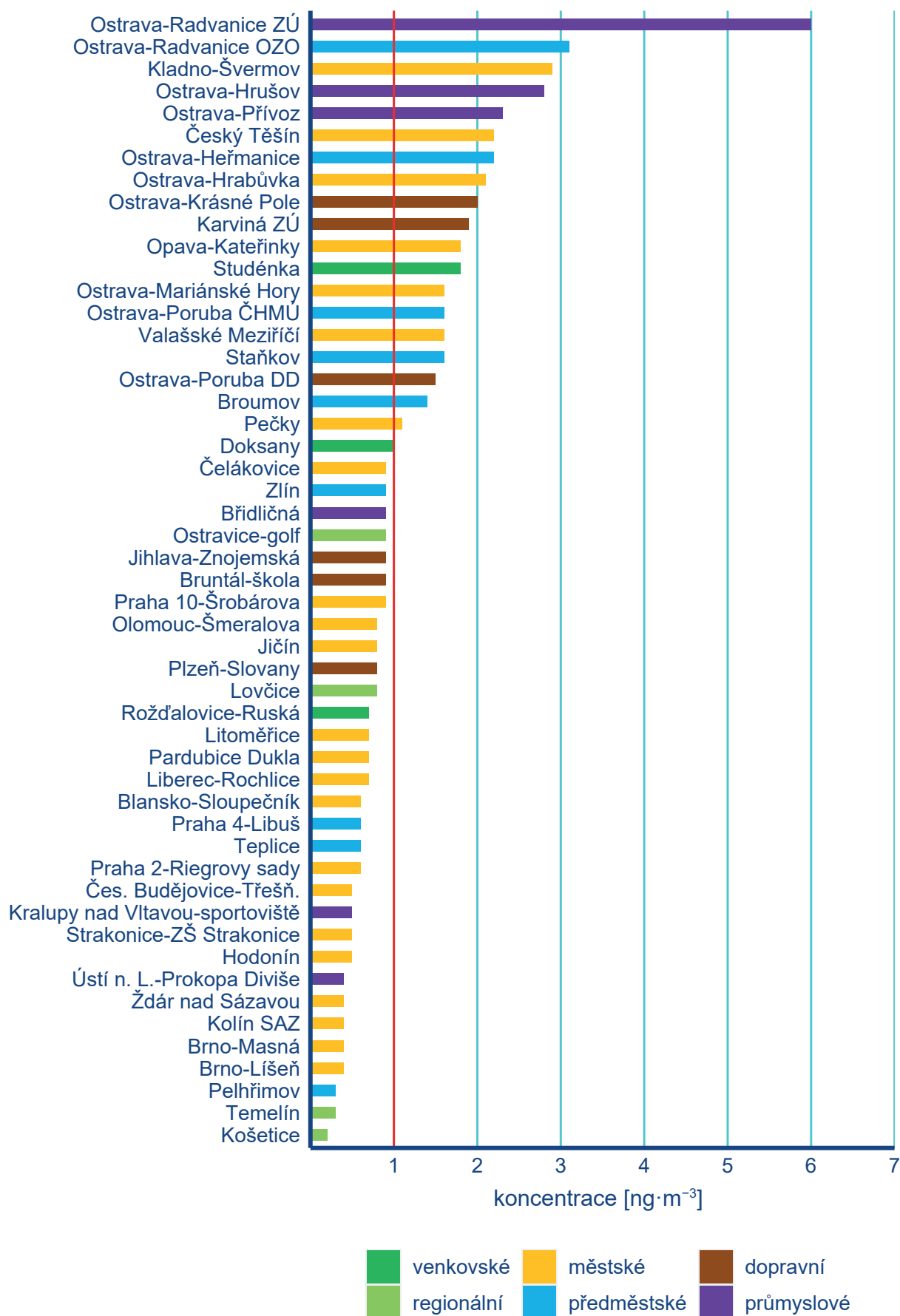
Obr. IV.2.1 Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu měřené na stanicích imisního monitoringu, 2022



Obr. IV.2.2 Pole roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu, 2022



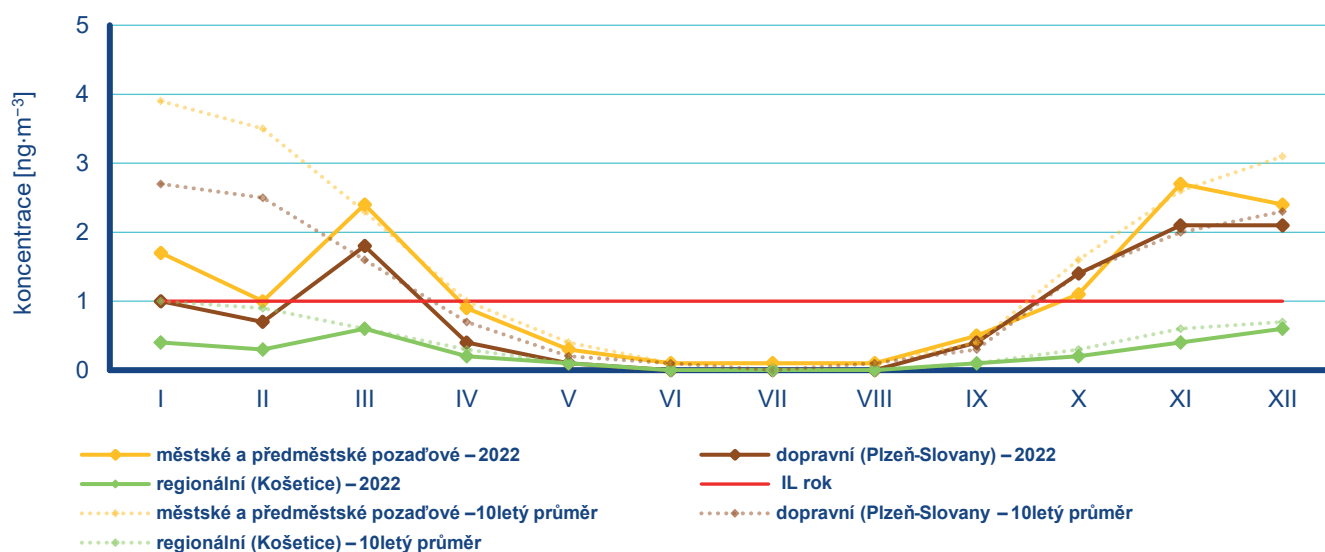
Obr. IV.2.3 Pětiletý průměr ročních průměrných koncentrací benzo[a]pyrenu, 2018–2022



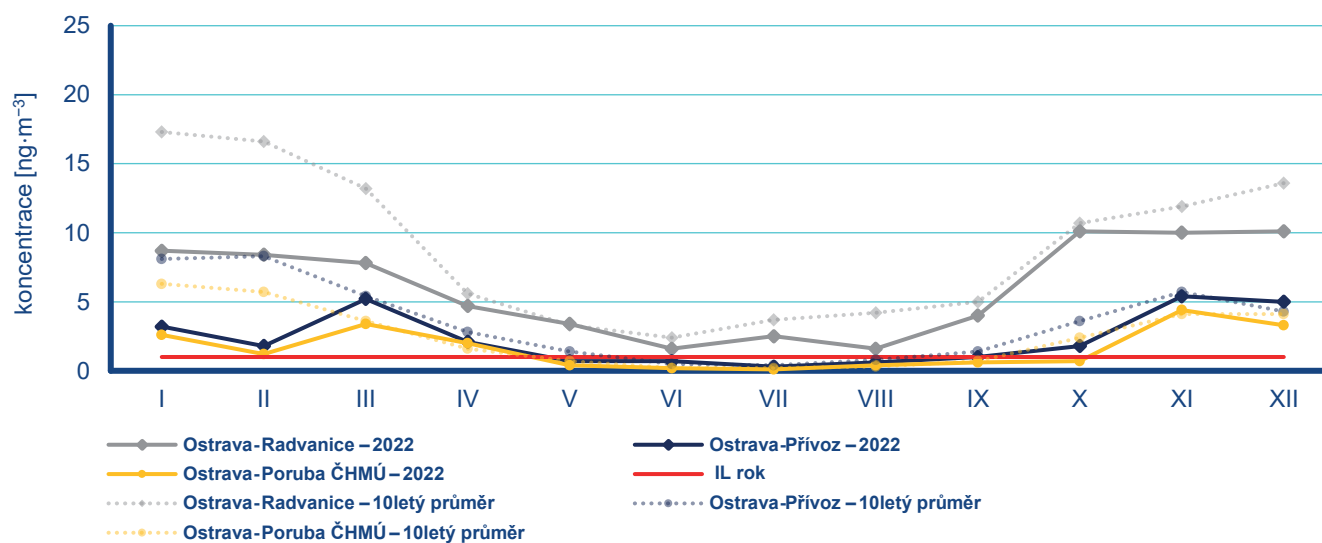
Obr. IV.2.4 Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na měřicích stanicích, 2022

benzo[a]pyrenu 1,4 a 1,6 ng·m⁻³. Zmíněné obce byly proměřeny během putovního měření ČHMÚ, které je zacíleno na znečištění ovzduší pocházejícího převážně z lokálního vytápění. Nadlimitní úroveň benzo[a]pyrenu byla zjištěna i v obci Pečky (1,1 ng·m⁻³), kde měření financoval Středočeský kraj. Nadlimitní roční koncentrace byly naměřeny rovněž v rámci ročního dotovaného monitoringu Moravskoslezským krajem v okrajových částech Ostravy (Ostrava-Heřmanice, Ostrava-Hrabůvka, Ostrava-Krásné Pole). Nízké roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu byly zjištěny opětovně v aglomeraci Brno a v Jihočeském kraji a v kraji Vysočina. Podlimitní hodnoty koncentrací benzo[a]pyrenu jsou zazna-

menávány i v centrech velkých měst (Praha, Brno, Plzeň) mimo zástavbu rodinných domů, tedy v místech s vysokým podílem dálkového centrálního vytápění. Podlimitní byly ale také koncentrace benzo[a]pyrenu stanovené v rámci ročních kampaní pro identifikaci zdrojů znečišťování dotovaných Moravskoslezským krajem¹ ve frakci PM_{2,5} na Bruntálsku (na stanicích Bruntál-škola i Břidličná 0,9 ng·m⁻³). Nejnižší průměrná roční koncentrace benzo[a]pyrenu byla naměřena, stejně jako v předchozích letech, na regionální venkovské stanici Košetice (0,2 ng·m⁻³), která monitoruje pozadové koncentrace znečišťujících látek v ČR. Regionální lokality nejsou přímo ovlivněny místními emisními zdroji, ale



Obr. IV.2.5 Roční chod průměrných měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu (průměry pro daný typ stanice), 2022 a v průměru let 2012–2021



Obr. IV.2.6 Roční chod průměrných měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu na stanicích Ostrava-Radvanice, Ostrava-Přívov a Ostrava-Poruba ČHMÚ, 2022 a v průměru let 2012–2021

1 https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/OCO/prehledy/bruntal_bridlicna/MSK_2022_final.pdf

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 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 topných dnů během topné sezony, 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 – vyjma průmyslových oblastí v aglomeraci O/K/F-M. 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 2022 byly nejvyšší měsíční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na městských a předměstských lokalitách zaznamenány v závěru roku (v listopadu a v prosinci) a také v březnu. V listopadu a v březnu měsíční průměrné koncentrace navíc nepatrně překonaly hodnoty desetiletého průměru (2012–2021). V březnu došlo k navýšení koncentrací vlivem kombinace zvýšeného vytápění při nízkých teplotách na začátku měsíce a silně podnormálnímu úhrnu srážek. Listopadové koncentrace 2022 byly za poslední čtyři roky nejvyšší. Vyšší koncentrace benzo[a]pyrenu z porovnání meteorologicky podobných měsíců poukazují na nárůst emisí benzo[a]pyrenu z lokálního vytápění domácností oproti předchozímu období. Prosincové měsíční průměry benzo[a]pyrenu se v posledních čtyřech letech meziročně výrazně nelišily a z porovnání meteorologicky obdobných měsíců navýšení emisí benzo[a]pyrenu z lokálního vytápění nevyplývá. Výrazně nižší koncentrace benzo[a]pyrenu oproti desetiletému průměru (2012–2021) na městských a předměstských pozadových stanicích byly zjištěny v lednu a v únoru (téměř o 2,3 ng·m⁻³, tj. 58 % respektive o 2,5 ng·m⁻³, tj. 71 %), tj. v měsících, kdy naopak bývají koncentrace v rámci roku nejvyšší. Příčinou nízkých koncentrací v lednu a únoru byly nadprůměrně vysoké teploty spojené s nižší intenzitou emisí z lokálních topenišť a v únoru navíc i nezvykle dobré rozptylové podmínky s občasným výskytem silného větru. Roční chod měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu 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 na průmyslových stanicích Ostrava-Přívaz a Ostrava-Radvanice, kde se kromě přeshraničního přenosu znečištění, typického pro celou oblast Ostravsko-Karvinska, projevuje enormní emisní zátěž kombinace emisních zdrojů pocházejících z lokálního vytápění a z průmyslu. Pro porovnání je v grafu také uvedena pozadová městská stani-

ce Ostrava-Poruba ČHMÚ. Na stanici Ostrava-Přívaz byly měsíční koncentrace benzo[a]pyrenu oproti dlouhodobému průměru ve všech měsících, vyjma června a prosince, nižší. Při porovnání městské pozadové stanice Ostrava-Poruba ČHMÚ jsou hodnoty na stanici Ostrava-Přívaz nepatrně vyšší, nicméně roční chod je na obou stanicích obdobný. Hodnoty měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu na průmyslové stanici Ostrava-Radvanice ZÚ jsou několikanásobně vyšší než na stanici Ostrava-Přívaz i Ostrava-Poruba ČHMÚ a mají mírně odlišný průběh. V porovnání s dlouhodobým průměrem 2012–2021 koncentrace benzo[a]pyrenu na stanici Ostrava-Radvanice ZÚ byly, obdobně jako u ostatních stanic, výrazně nižší v lednu (o 8,7 ng·m⁻³, tj. o 50 % nižší) a v únoru (o 8,2 ng·m⁻³, tj. o 49 % nižší). Na rozdíl od jiných stanic však byly měsíční průměrné koncentrace o dost nižší i v březnu (o 5,4 ng·m⁻³, tj. o 41 % nižší) a v srpnu (o 2,6 ng·m⁻³, tj. o 62 % nižší). Hodnoty desetiletých průměrů (2012–2021) pro měsíční průměrné koncentrace nebyly překročeny. Denní koncentrace nad 1 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 lokalitách.

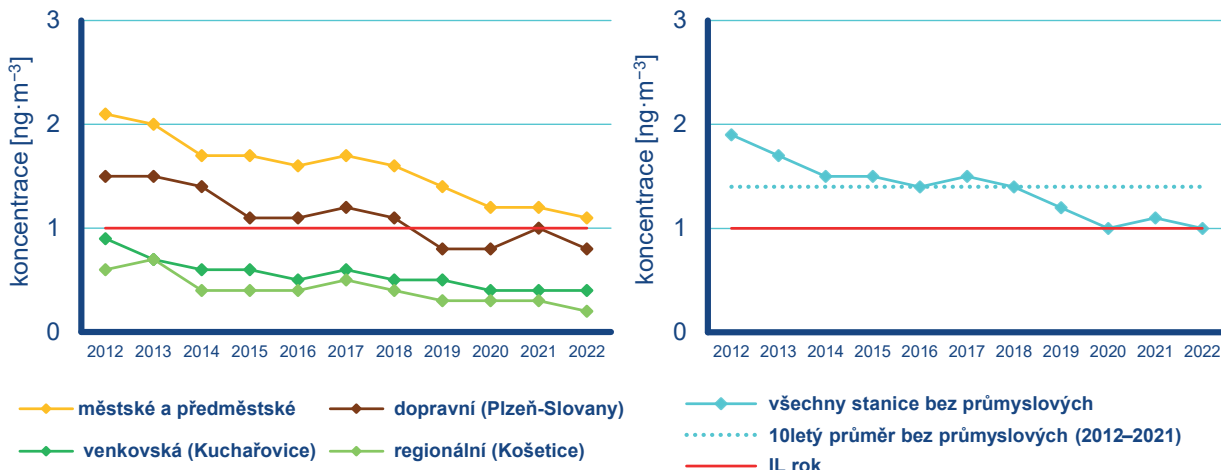
Je třeba mít na zřeteli, že odhad polí ročních průměrných koncentrací benzo[a]pyrenu (Obr. IV.2.2) je zatížen výrazně většími nejistotami ve srovnání s ostatními mapovanými látkami. Na nejistotě mapy se podílí mj. omezený počet měření na venkovských regionálních stanicích a absence rozsáhlejších měření v malých sídlech ČR, která by z hlediska znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem reprezentovala zásadní vliv lokálních topenišť. ČHMÚ proto využívá tzv. systém rotujících stanic, který umožňuje proměřit více lokalit během 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 kapacitou laboratoří pro zpracování vzorků benzo[a]pyrenu. Nejistoty map jsou podrobně popsány v Příloze I.

IV.2.2 Vývoj koncentrací benzo[a]pyrenu

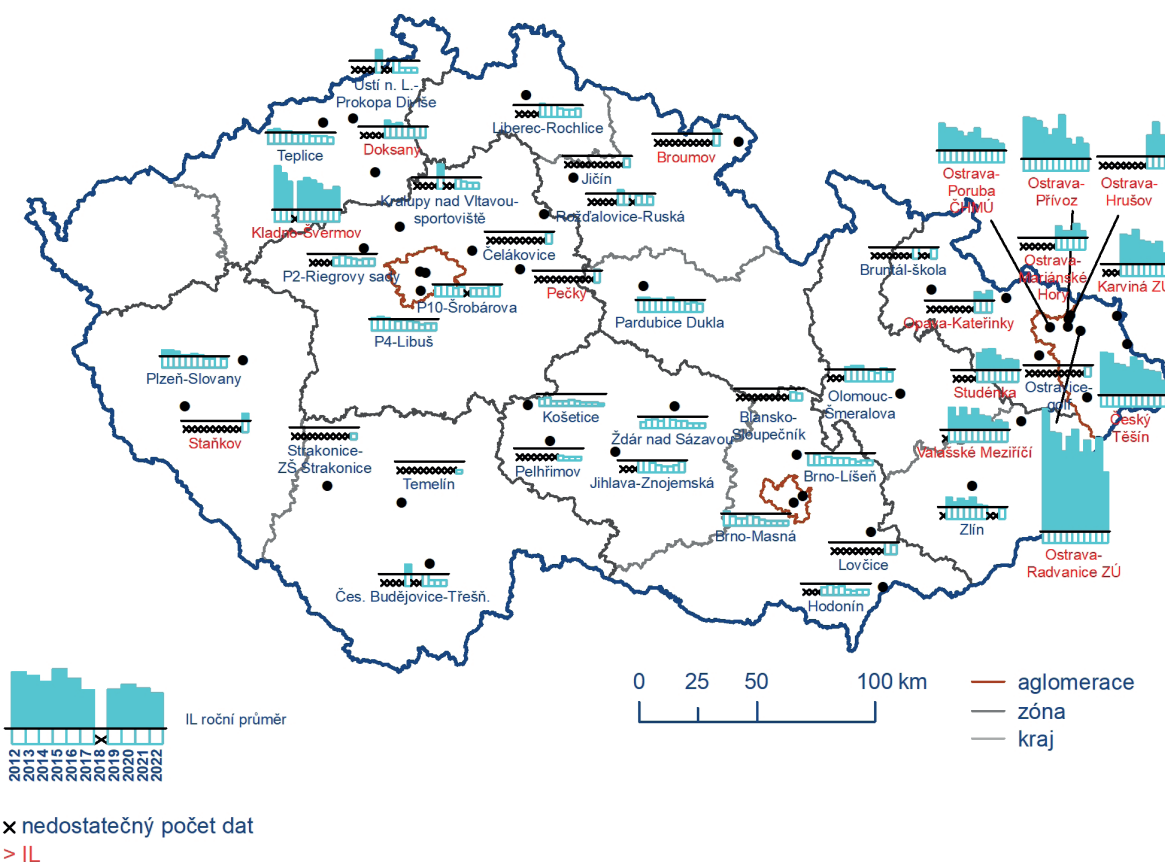
Vývoj koncentrací benzo[a]pyrenu na jednotlivých typech stanic a v průměru pro všechny stanice vyjma průmyslových je hodnocen za období posledních 11 let, tj. 2012–2022 (Obr. IV.2.7). Průměrné roční koncentrace benzo[a]pyrenu v hodnoceném období vykazují klesající trend. Roční průměrná koncentrace benzo[a]pyrenu v průměru pro všechny stanice v roce 2022 nepatrně překonala rekordně nízké koncentrace v roce 2020, a byla tedy nejnižší za celou dobu měření, tj. od počátku druhého tisíciletí. V obou letech (2020 a 2022) s minimálními koncentracemi benzo[a]pyrenu byly shodně zaznamenány neobvykle nízké měsíční koncentrace v lednu i v únoru v souvislosti s výskytem atypických meteorologických podmínek (nadprůměrné teploty a silný vítr). Oproti desetiletému průměru 2012–2021 byla průměrná roční koncentrace benzo[a]pyrenu v roce 2022 nižší o 28 % nižší. K nižší úrovni roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu v roce 2022 v porovnání s desetiletým průměrem 2012–2021 souběž-

ně přispěla i realizovaná opatření ke zlepšení kvality ovzduší na všech typech zdrojů, zejména ovšem obnova kotlů v domácnostech a přechod domácností na vytápění alternativními způsoby². Vliv energetické krize na koncentrace benzo[a]pyrenu, jehož hlavním zdrojem je lokální vytápění domácností, je prezentováno v Příloze 2.

Průměrné roční koncentrace benzo[a]pyrenu na stanicích během hodnoceného období kolísají a v oblastech největšího imisního zatížení (aglomerace O/K/F-M a Kladensko) dochází k jejich poklesu (Obr. IV.2.8). Meziroční variabilita je ovlivněna zejména meteorologickými podmínkami v chladné části roku. V meziročním srovnání 2021/2022 koncentrace benzo[a]pyrenu klesly na více

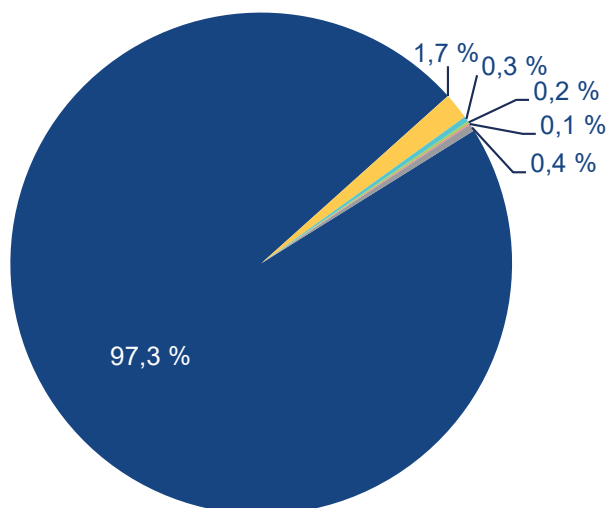


Obr. IV.2.7 Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na jednotlivých typech stanic, 2012–2022



Obr. IV.2.8 Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na vybraných stanicích, 2012–2022

než polovině stanic, které měly data pro oba porovnávané roky (tj. na 19 z 35 stanic). Nejvyšší meziroční pokles zaznamenaly stanice Ostrava-Radvanice ZÚ (o 2,9 ng·m⁻³) a Ostrava-Hrušov (o 1,1 ng·m⁻³), obě v závětrí průmyslových zdrojů znečišťování benzo[a]pyrenu v Ostravě.

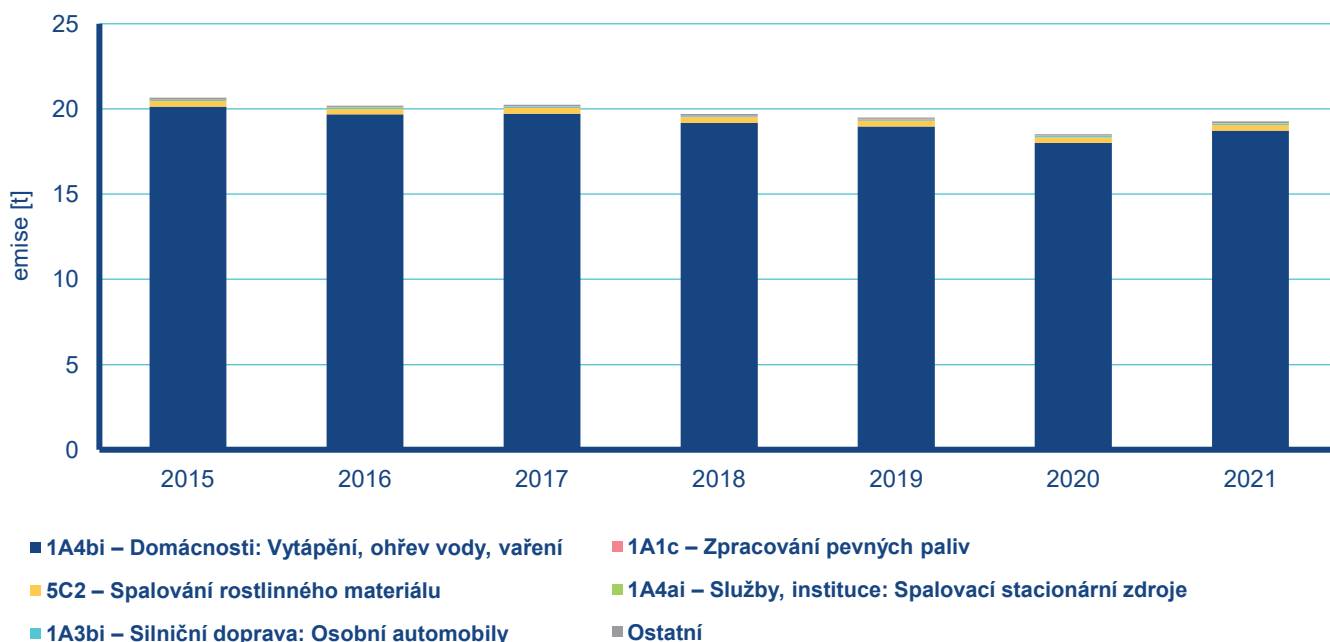


Obr. IV.2.9 Podíl sektorů NFR na celkových emisích benzo[a]pyrenu, 2021

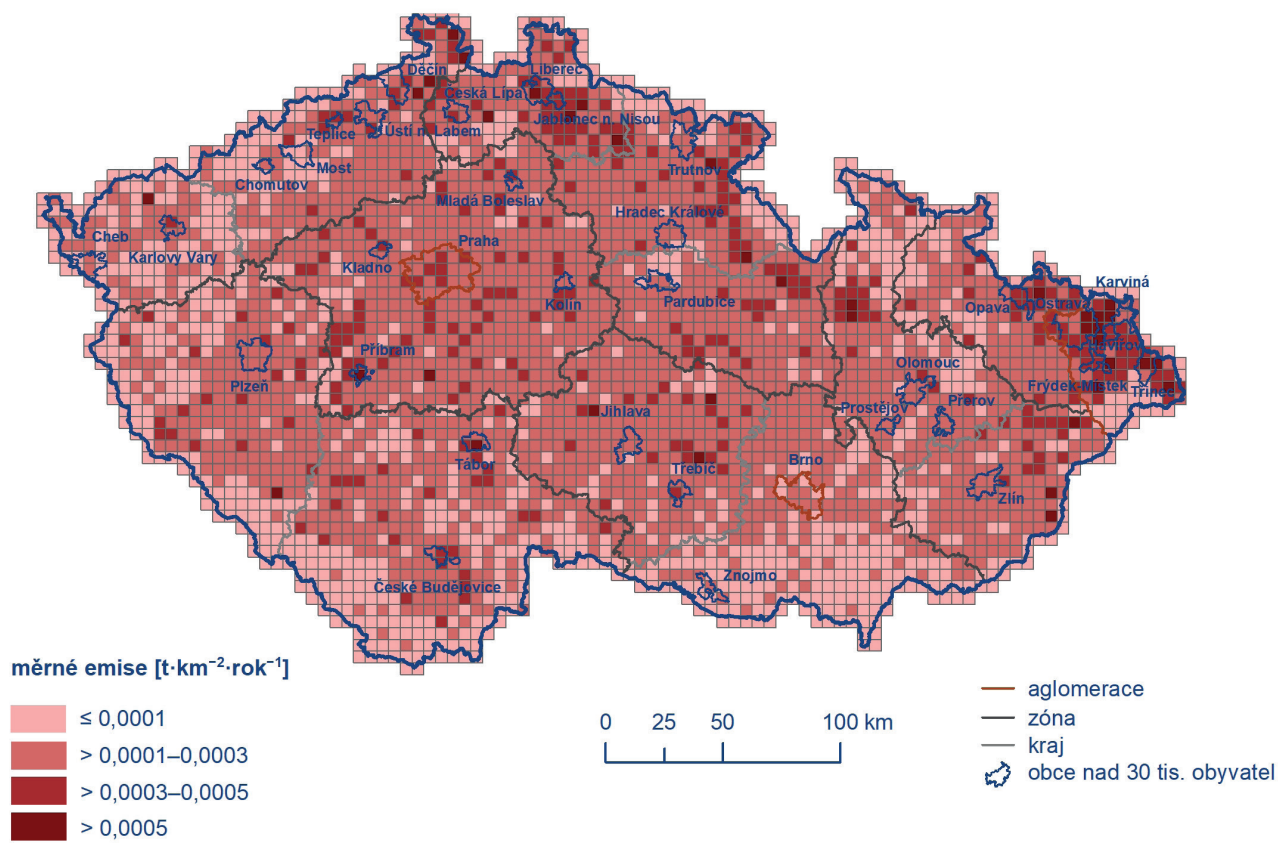
IV.2.3 Emise benzo[a]pyrenu

Emise PAH, z nichž je v oblasti kvality 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 – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření Obr. IV.2.9) a to z důvodu podílu 97,3 % celkové produkce benzo[a]pyrenu v roce 2021. Dalším významnějším zdrojem je spalování rostlinného materiálu (NFR 5C2), které se podílí v roce 2021 na celkových emisích 1,7 %. 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 2015–2021 (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, přechod na zemní plyn nebo na neemisní zdroje, zejména tepelná čerpadla.

Vzhledem k dominantnímu podílu sektoru 1A4bi jsou emise benzo[a]pyrenu rozloženy na území obydlené zástavby celé ČR (Obr. IV.2.11). 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 prohořvácího typu a rovněž hutní průmysl a výroba koksu v ČR.



Obr. IV.2.10 Celkové emise benzo[a]pyrenu, 2015–2021



Obr. IV.2.11 Celkové emise benzo[a]pyrenu v rozlišení 5 × 5 km, 2021

IV.3 Oxidy dusíku

IV.3.1 Znečištění ovzduší oxidy dusíku v roce 2022

Při sledování a hodnocení kvality venkovního ovzduší se pod termínem oxidy dusíku (NO_x) rozumí směs oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO_2). Imisní limit pro ochranu lidského zdraví je stanoven pro NO_2 , limit pro ochranu ekosystémů a vegetace je stanoven pro NO_x .

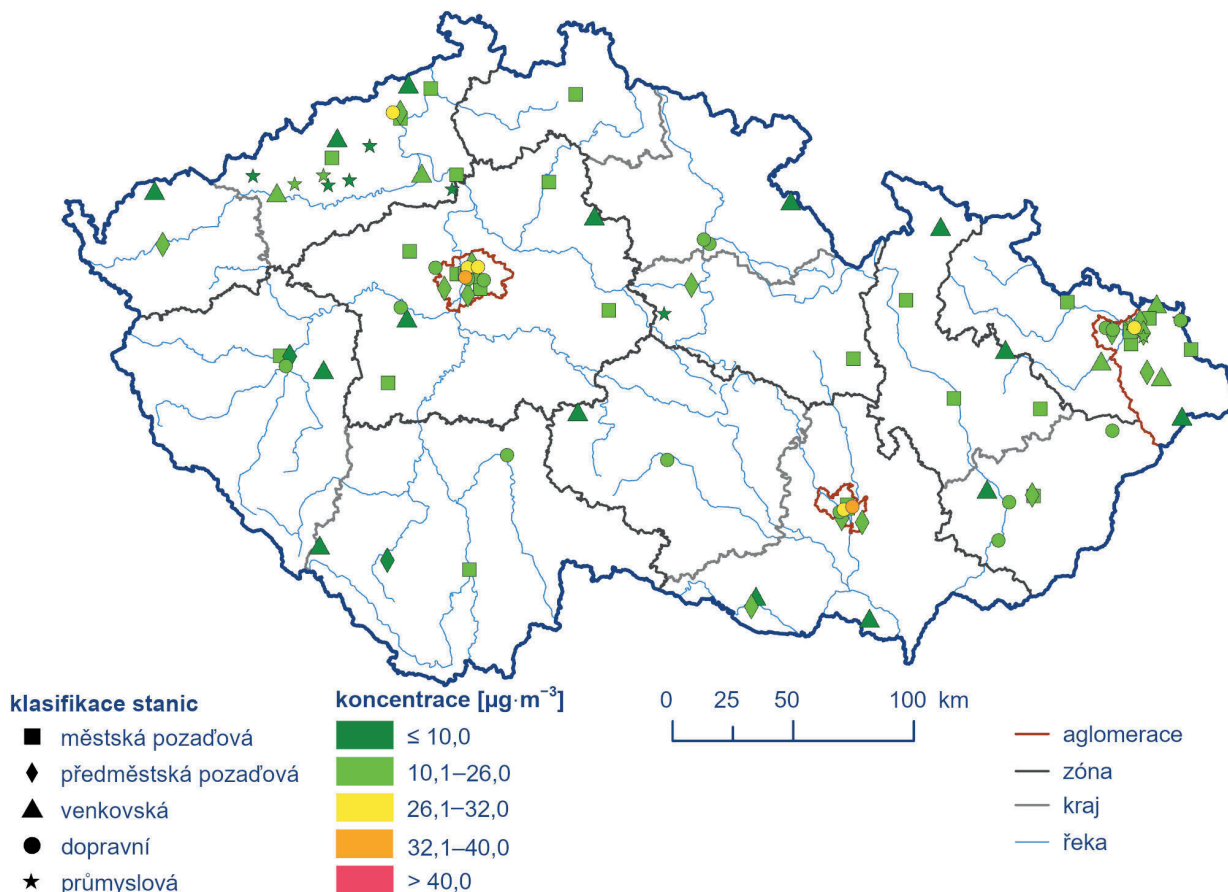
Znečištění ovzduší oxidem dusičitým v roce 2022 vzhledem k imisním limitům pro ochranu zdraví

V roce 2022 roční imisní limit ($40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) pro oxid dusičitý (NO_2) nebyl potřetí v řadě překročen na žádné stanici ČR (Obr. IV.3.1). Nejvyšší roční průměrná koncentrace NO_2 ($39,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), která jen těsně nepřekročila roční imisní limit, byla tradičně zaznamenána na dopravní stanici Praha 2-Legerova (dopravní hot spot). Na této stanici jsou dlouhodobě měřeny nejvyšší hodnoty koncentra-

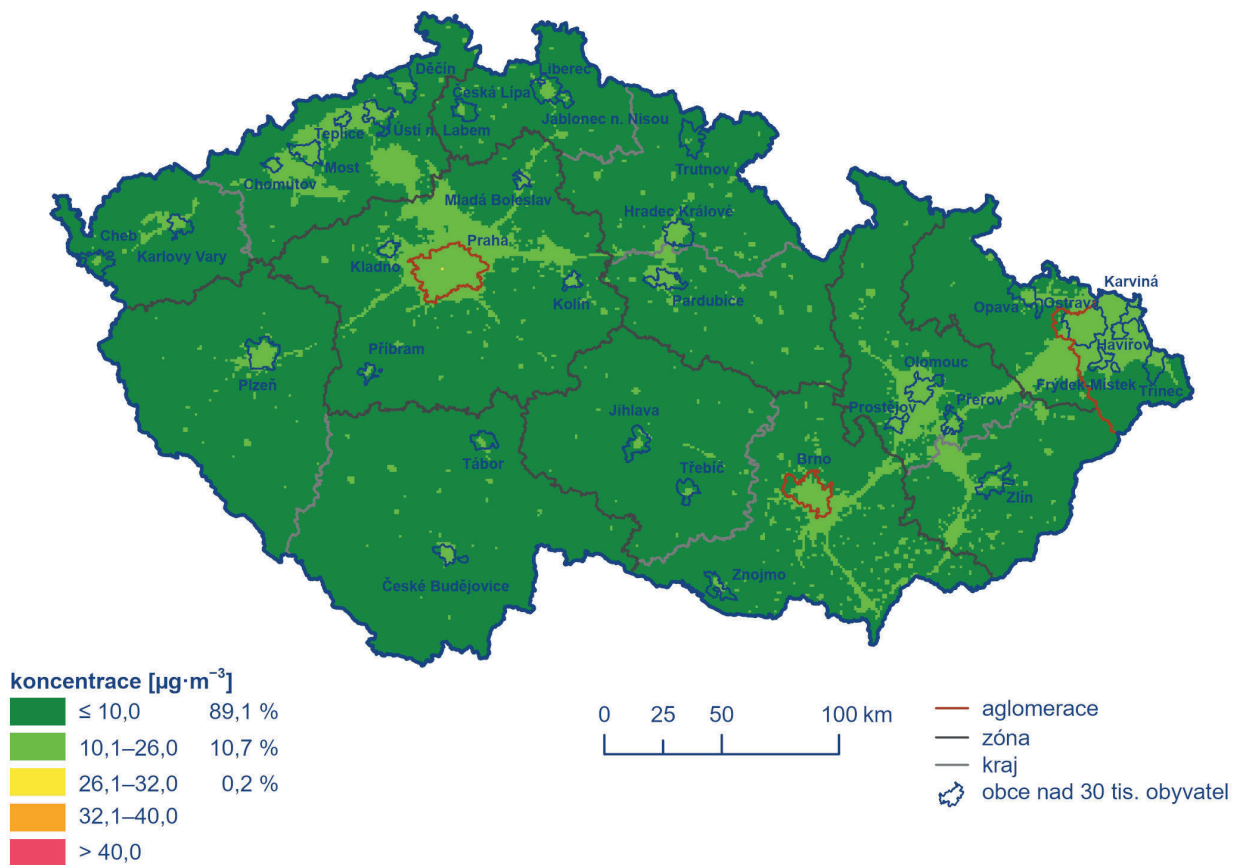
cí NO_2 v ČR v souvislosti s vysokou intenzitou dopravy v bezprostřední blízkosti stanice a jejím umístěním v uličním kaňonu, kde je výrazně snížena možnost provětrávání. Dále byly vyšší hodnoty roční průměrné koncentrace NO_2 byly zaznamenány na dopravních stanicích velkoměst v Praze, v Brně, Ostravě a Ústí nad Labem. Vyšší koncentrace NO_2 lze očekávat i v blízkosti komunikací ve větších městech s intenzivní dopravou, vyšší zástavbou a s hustou místní dopravní sítí, kde často dochází ke snížení plynulosti dopravy. Naopak nejnižší koncentrace NO_2 jsou na regionálních pozadových stanicích (Churáňov, Polom, Košetice), tedy v oblastech daleko od emisních zdrojů.

Imisní limit hodinové koncentrace NO_2 ($200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) s maximálním povoleným počtem 18 překročení za rok nebyl v roce 2022 překročen na žádné stanici. Na žádné stanici nedošlo ani k překročení hodnoty hodinového imisního limitu NO_2 .

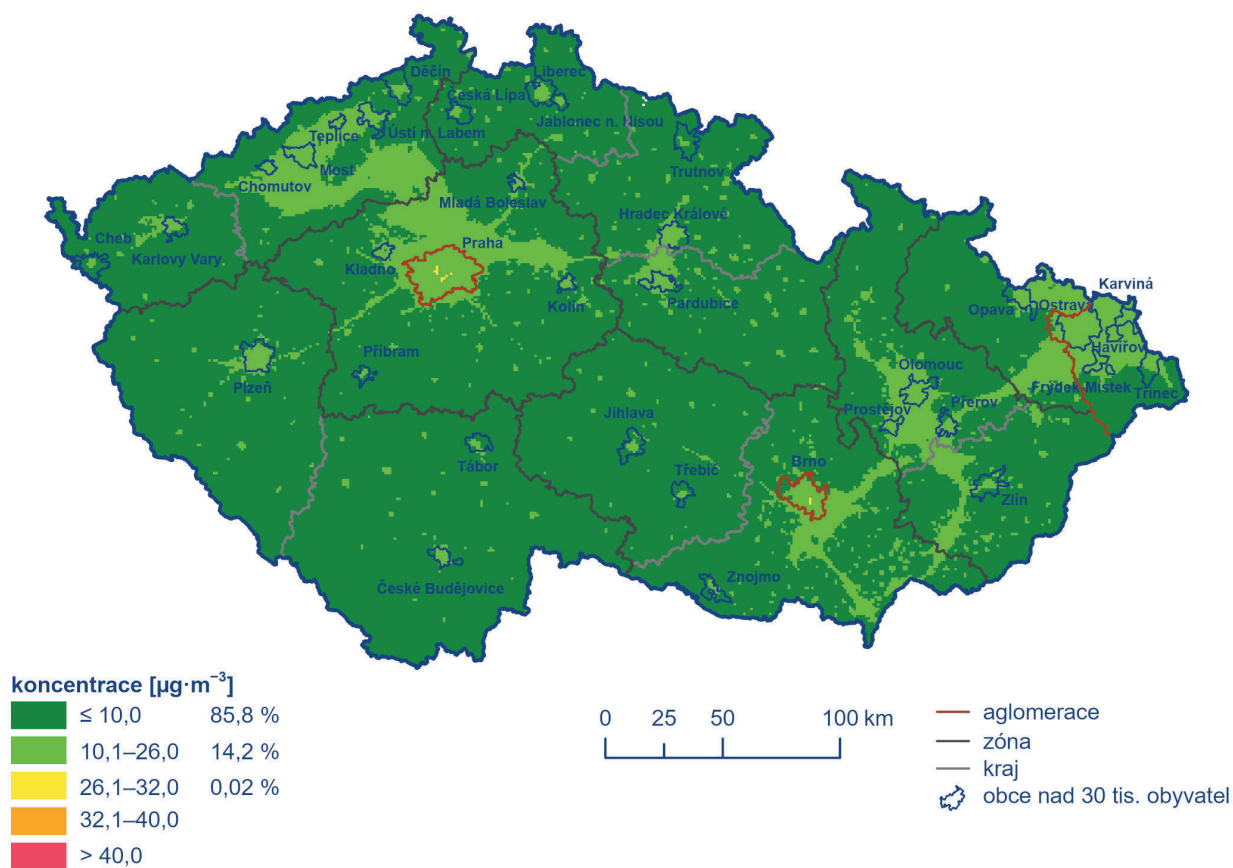
Modelovaná roční průměrná koncentrace NO_2 nepřekročila $26 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, tj. hodnotu dolní meze pro posuzování, téměř na celém území ČR, vyjma centra aglomerace Praha (Obr. IV.3.2). Nicméně je důležité zmínit, že mapy koncentrací NO_2 jsou připravovány v rozlišení $1 \times 1 \text{ km}$, a proto se vliv vyšších naměřených koncentrací na dopravních stanicích s nízkým poloměrem reprezentativnosti (do 100 m) ve výsledném zobrazení neprojeví.



Obr. IV.3.1 Roční průměrné koncentrace NO_2 měřené na stanicích imisního monitoringu, 2022



Obr. IV.3.2 Pole roční průměrné koncentrace NO_2 , 2022



Obr. IV.3.3 Pětiletý průměr ročních průměrných koncentrací NO_2 , 2018–2022

Nízký poloměr reprezentativnosti dopravních stanic souvisí se strmým poklesem koncentrací NO_2 s rostoucí vzdáleností od komunikací. Z dlouhodobého pohledu (Obr. IV.3.3) jsou vyšší koncentrace odhadovány v centrech dopravně zatížených větších měst (Praha a Brno).

Roční chod měsíčních průměrných koncentrací znečišťujících látek souvisí s různou intenzitou emisních zdrojů a s vlivem meteorologických podmínek v průběhu roku. Jelikož je hlavním zdrojem NO_2 doprava, která není sezonním emisním zdrojem, je vývoj koncentrací během roku ovlivněn působením meteorologických a rozptylových podmínek. Nejvyšší koncentrace NO_2 se objevují v chladnějším období roku (Obr. IV.3.4), kdy se častěji vyskytují špatné rozptylové podmínky a kdy jsou vzhledem k nízkým teplotám navíc koncentrace NO_2 ovlivněny navýšením emisí z vytápění a ze studených startů automobilů. Naopak v období duben–září je obecně patrný pokles slunečního záření v tomto ročním období, která má za následek rozklad NO_2 a jeho účast při fotochemických reakcích za vzniku ozonu. V letních prázdninových měsících také dochází ke snížení intenzity dopravy ve velkých městech, čímž se zlepšuje plynulost dopravy a dochází tak k poklesu koncentrací NO_2 . Nejvyšší měsíční koncentrace NO_2 v roce 2022 byly naměřeny v březnu, přičemž mírně překročily úroveň desetiletého průměru 2012–2021. Naopak nejnižší průměrné měsíční koncentrace NO_2 byly zaznamenány v červenci. V roce 2022 byly všechny průměrné měsíční koncentrace NO_2 nižší v porovnání s desetiletým průměrem 2012–2022, vyjma již výše zmíněného března. Výrazně teplejší začátek roku (viz kap. III) společně s občasným výskytem silného větru vedl k velmi nízkým měsíčním průměrným koncentracím NO_2 , které za normálních meteorologických podmínek bývají naopak jedny z nejvyšších. Rozdíl lednové a únorové měsíční průměrné koncentrace NO_2 oproti desetiletému průměru (2012–2021) byl značný, a to o $8 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ (31 %) respektive o $11 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ (44 %) nižší.

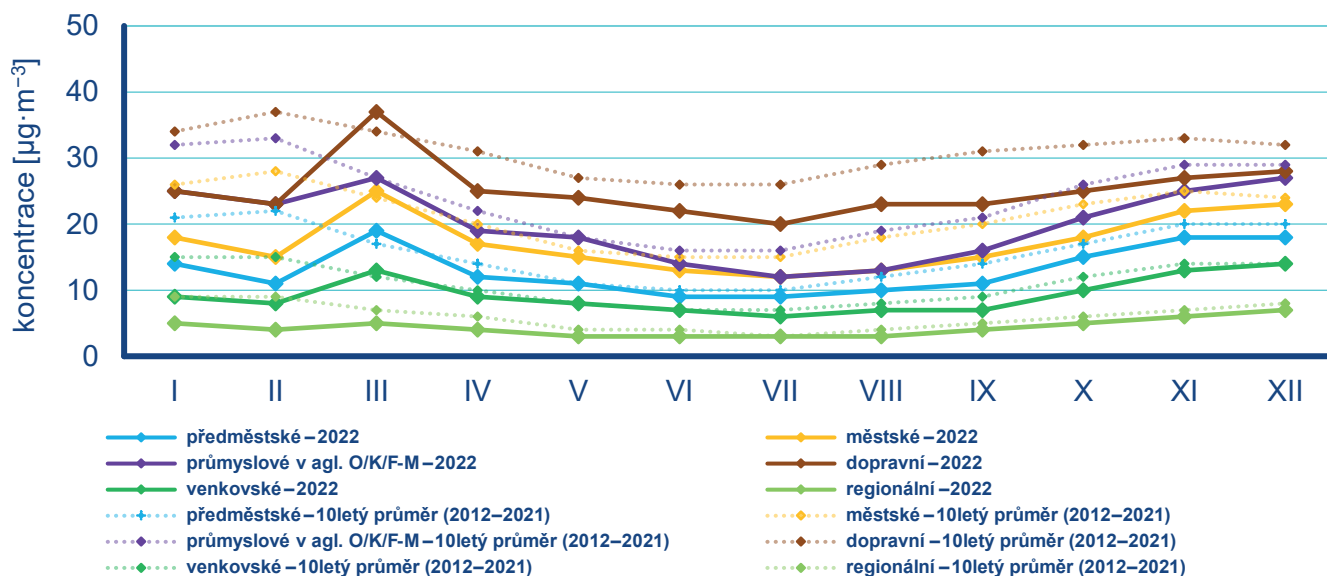
Znečištění ovzduší oxidy dusíku v roce 2022 vzhledem k imisním limitům pro ochranu ekosystémů a vegetace

Imisní limit pro ochranu ekosystémů a vegetace pro roční průměrné koncentrace NO_x ($30 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) nebyl v roce 2022 překročen na žádné z 20 venkovských stanic s dostatečným množstvím dat pro hodnocení. Mapa koncentrací ročních průměrných koncentrací NO_x byla připravena pomocí kombinace dat ze všech stanic měřících NO_x a rozptylového modelu. Vyšší hodnoty koncentrací NO_x jsou měřeny v blízkosti frekventovaných komunikací v obcích. Na mapě jsou formou bodových značek vyznačeny pouze stanice venkovské, protože jen na těchto lokalitách se dle platné české legislativy hodnotí úroveň ročních koncentrací NO_x vzhledem k imisnímu limitu pro ochranu ekosystémů a vegetace (Obr. IV.3.5).

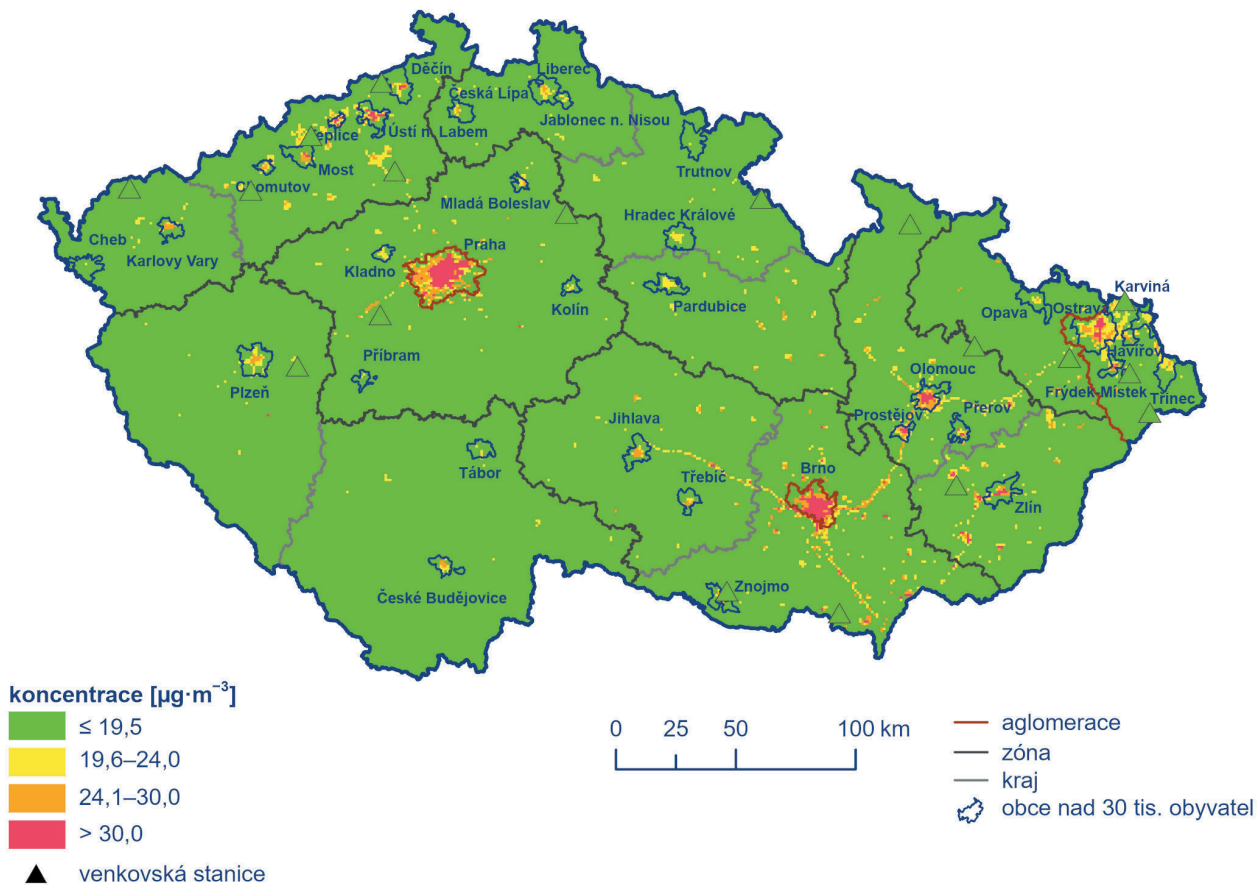
IV.3.2 Vývoj koncentrací oxidů dusíku

Vývoj koncentrací NO_2 a NO_x na stanicích je hodnocen za posledních 11 let, tj. 2012–2022 (Obr. IV.3.6, Obr. IV.3.7, Obr. IV.3.8 a Obr. IV.3.9). Dlouhodobý pokles emisí NO_x související s postupnou modernizací emisních zdrojů (velké zdroje, obnova vozového parku) se projevuje poklesem koncentrací NO_2 i NO_x v ovzduší. Nicméně průběh meziročních koncentrací NO_2 i NO_x , ale i dalších znečišťujících látek, je významně ovlivňován působením meteorologických a rozptylových podmínek v jednotlivých letech.

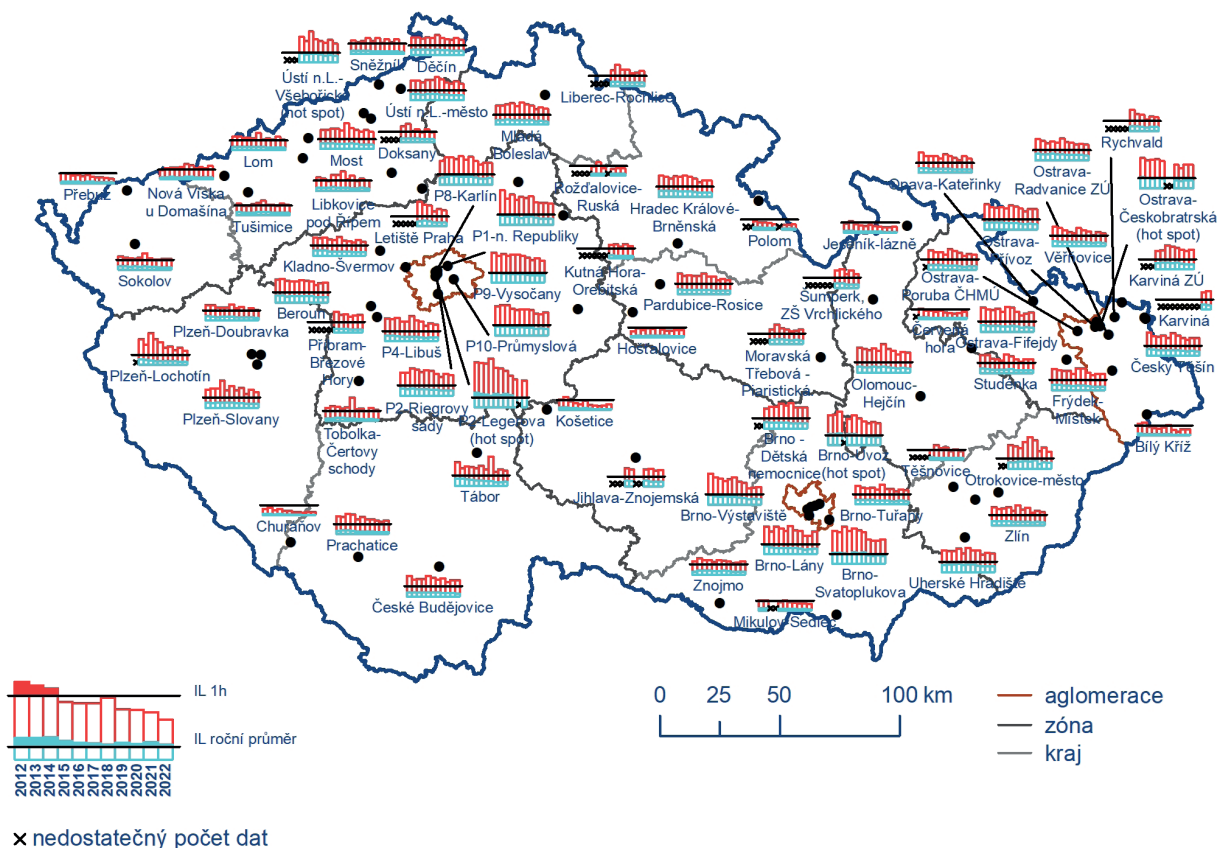
V hodnoceném období 2012–2022 byly zaznamenány nejvyšší koncentrace v roce 2012. V období 2012 až 2018 je možné pozorovat pozvolný pokles či ke konci období stagnaci koncentrací NO_2 . Během let 2019 a 2020 koncentrace NO_2 výrazně poklesly a dosáhly nejnižší hodnoty za hodnocené období. Na tuto mini-



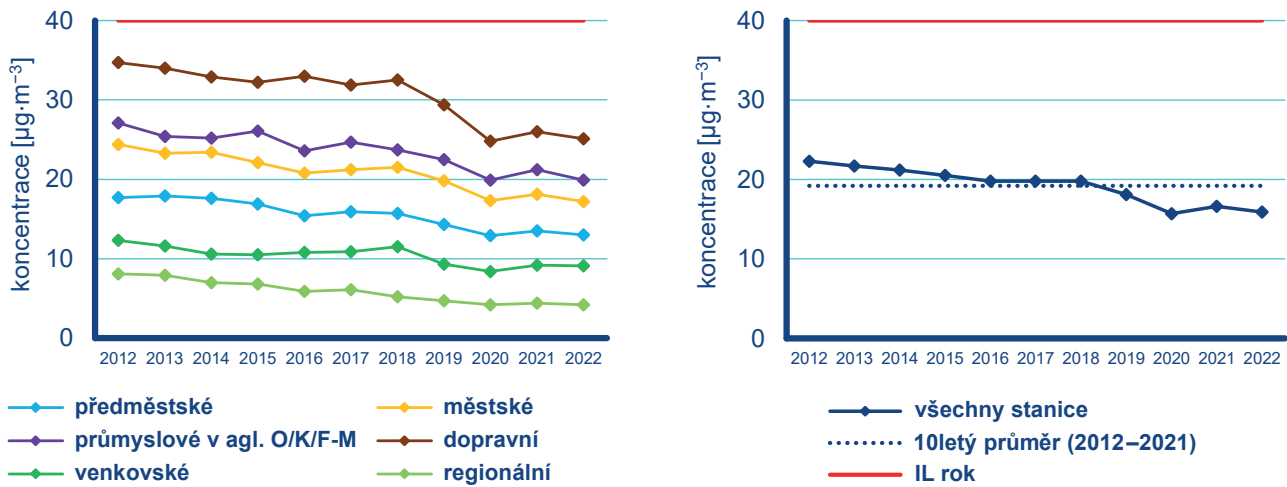
Obr. IV.3.4 Roční chod průměrných měsíčních koncentrací NO_2 (průměry pro daný typ stanice), 2022



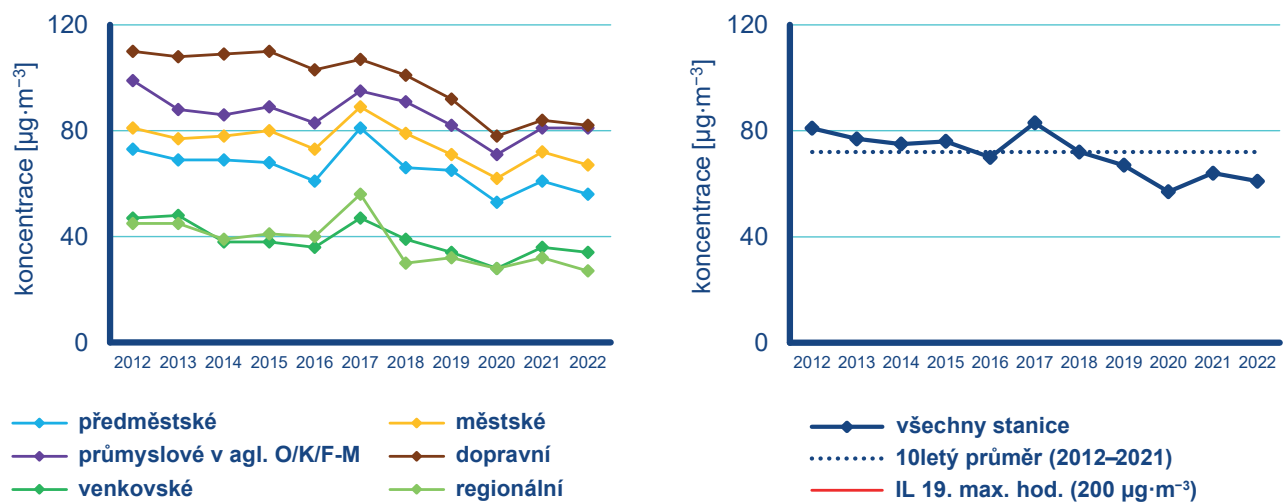
Obr. IV.3.5 Pole roční průměrné koncentrace NO_x , 2022



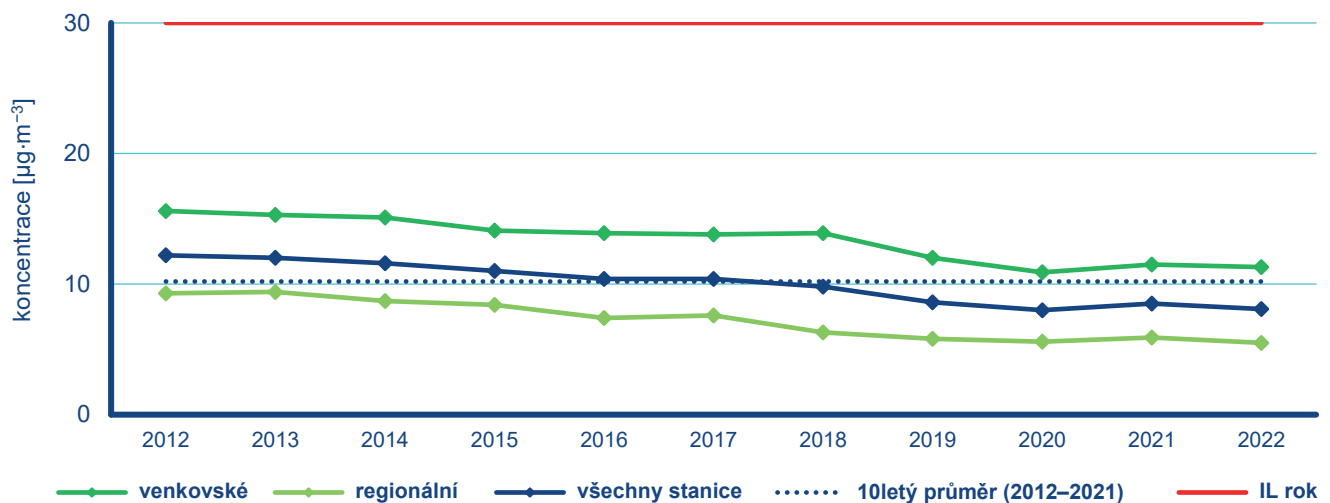
Obr. IV.3.6 19. nejvyšší hodinové koncentrace a roční průměrné koncentrace NO_2 na vybraných stanicích, 2012–2022



Obr. IV.3.7 Roční průměrné koncentrace NO₂ na jednotlivých typech stanic, 2012–2022

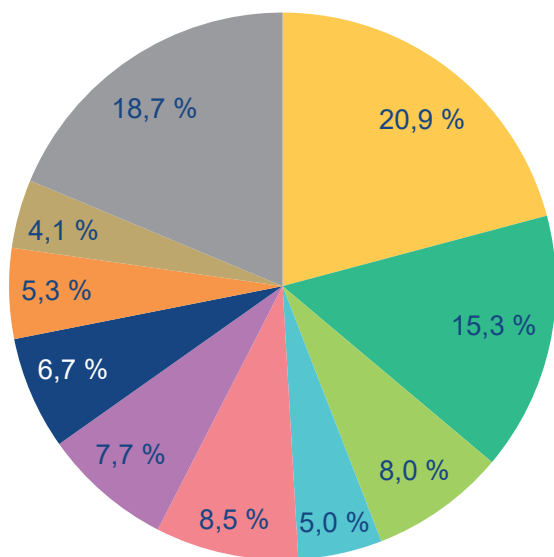


Obr. IV.3.8 19. nejvyšší hodinové NO₂ na jednotlivých typech stanic, 2012–2022



Obr. IV.3.9 Roční průměrné koncentrace NO_x na jednotlivých typech stanic, 2012–2022

mální hodnotu z roku 2020 se dostala i roční průměrná koncentrace NO_2 v roce 2022. V obou těchto letech s minimálními koncentracemi NO_2 byly shodně zaznamenány neobvykle nízké měsíční koncentrace v únoru i v lednu v souvislosti s výskytem atypických meteorologických podmínek (nadprůměrné teploty a silný vítr). Oproti desetiletému průměru koncentrací (2012–2021) ze všech stanic ($19,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) je roční průměrná koncentrace NO_2 v roce 2022 ($15,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) nižší o 17 %. Na nižších ročních koncentracích NO_2 oproti desetiletému průměru se vyjma již zmíněného přízni-



Obr. IV.3.10 Podíl sektorů NFR na celkových emisích NO_x , 2021

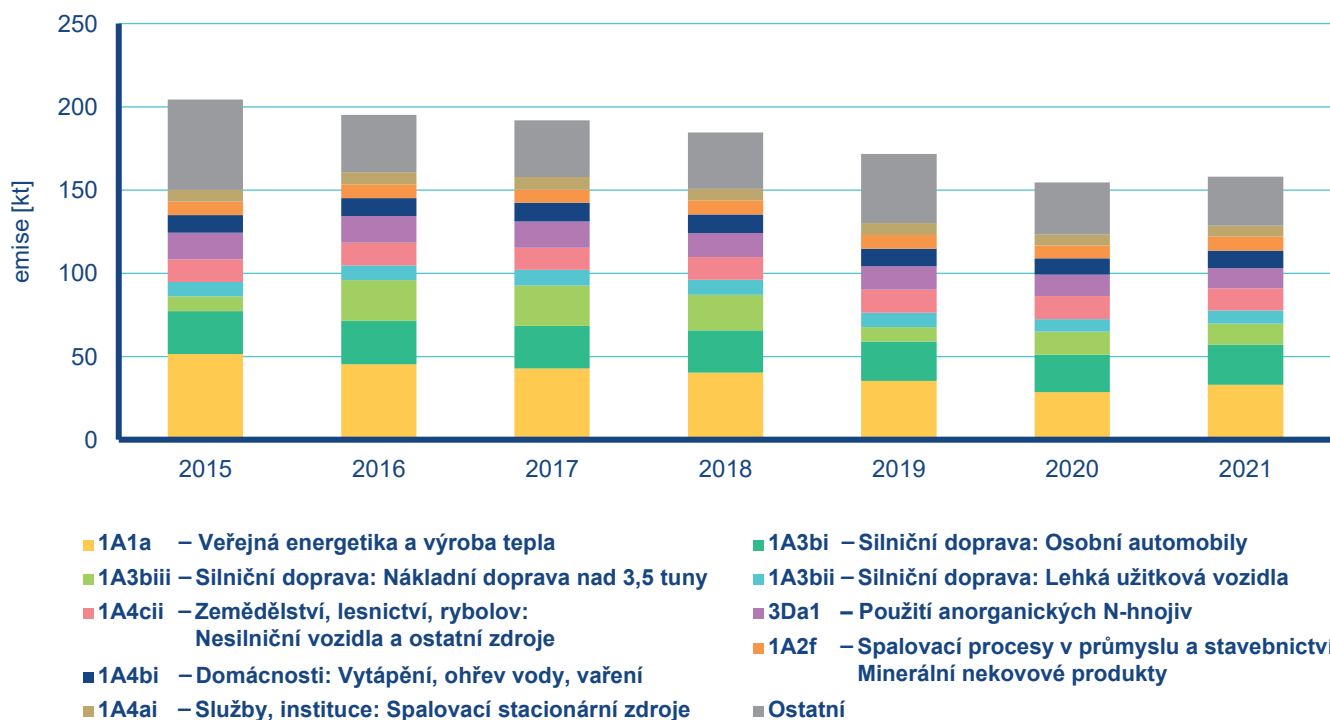
vého vlivu meteorologických podmínek podílí i snižování emisí v souvislosti s realizováním opatření pro zlepšení kvality ovzduší (výměna kotlů v domácnostech, opatření na významných zdrojích a obnova vozového parku).

IV.3.3 Emise oxidů dusíku

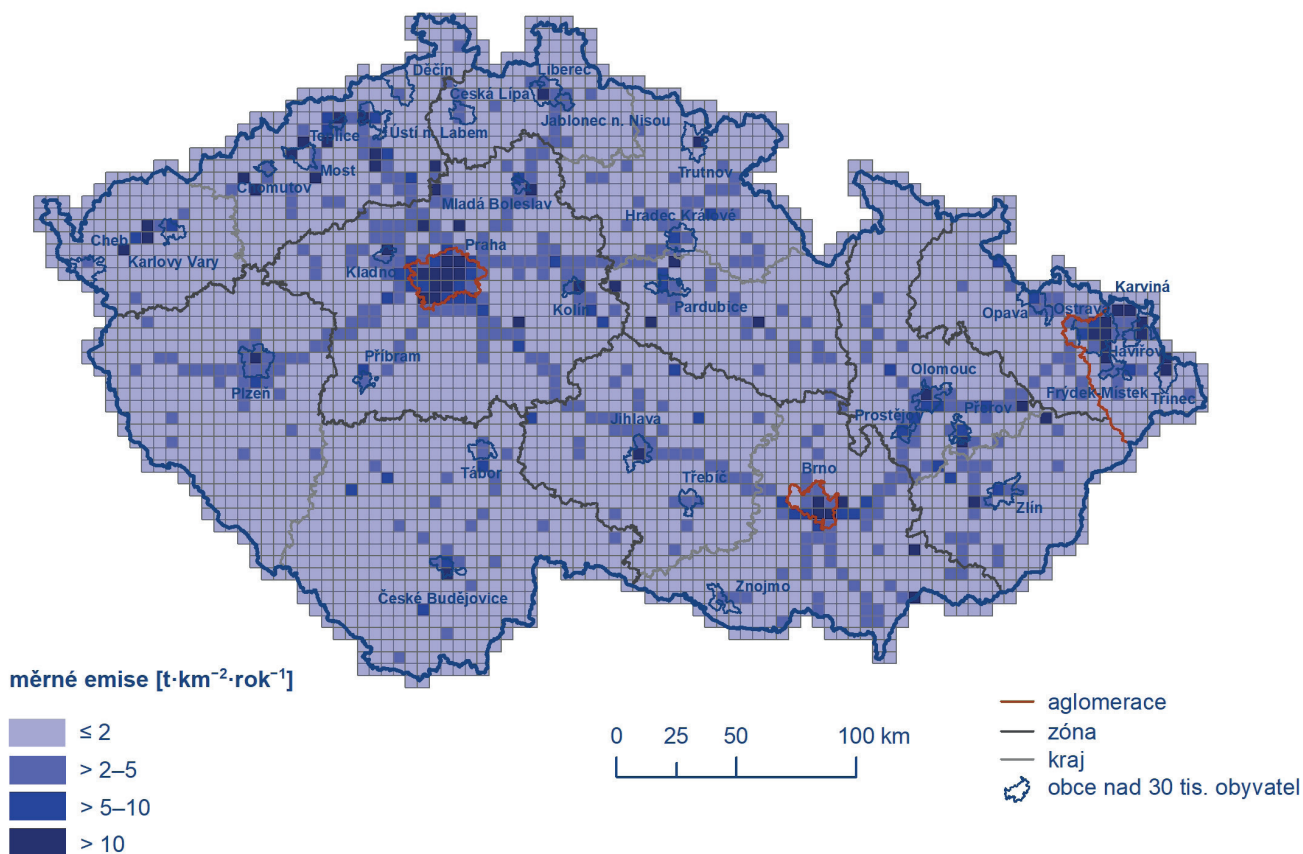
Oxidy dusíku (NO_x) se tvoří při spalování paliv v závislosti na teplotě spalování, obsahu dusíku v palivu a přebytku spalovacího vzduchu a vznikají i při některých chemicko-technologických procesech (výroba kyseliny dusičné, amoniaku, hnojiv apod.). Zatímco při spalování paliv v kotlích se podíl NO_2 v emisích NO_x pohybuje obvykle do 5 %, u některých chemicko-technologických procesů může podíl NO_2 představovat až 100 % emisí NO_x (Neužil 2012). Emise NO_x s vyšším podílem NO_2 (10–55 %) produkují dieselové motory (Carslaw et al. 2011).

Největší množství emisí NO_x pochází z mobilních zdrojů (ČHMÚ 2023d). Mobilní zdroje se v roce 2021 na celkových emisích NO_x podíleli 36,8 %. Sektor 1A3bi – Silniční doprava: Osobní automobily se podílel 15,3 %, sektor 1A4cii – Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní stroje se podílel 8,5 %, 1A3biii – Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5 t a 1A3bii – Silniční doprava: Lehká užitková vozidla a se na celorepublikových emisích NO_x v roce 2021 podílely 8 % a 5 %.

Ze sektoru 1A1a – Veřejná energetika a výroba tepla bylo do ovzduší vneseno 20,9 % emisí NO_x , ze sektoru 3Da1 – Použití anorganických N-hnojiv 7,7 %, a ze sektoru 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření 6,7 % (Obr. IV.3.10).



Obr. IV.3.11 Celkové emise NO_x , 2015–2021



Obr. IV.3.12 Celkové emise NO_x v rozlišení 5 × 5 km, 2021

Klesající trend emisí NO_x v období let 2015–2021 souvisí především s přirozenou obnovou vozového parku a se zavedením emisních stropů a přísnějších emisních limitů pro emise NO_x ze zdrojů v sektoru 1A1a – Veřejná energetika a výroba tepla (Obr. IV.3.11).

Podíl jednotlivých typů zdrojů na celkových emisích se liší podle konkrétní skladby zdrojů v dané oblasti. Produkce emisí NO_x je soustředěna především podél dálnic, komunikací s intenzivní dopravou, ve velkých městech a v krajích (Ústecký, Středočeský, Moravskoslezský), kde jsou umístěny významnější energetické výrobní celky (Obr. IV.3.12).

IV.4 Přízemní ozon

IV.4.1 Znečištění ovzduší přízemním ozonem v roce 2022

Znečištění ovzduší přízemním ozonem v roce 2022 vzhledem k imisním limitům pro ochranu lidského zdraví

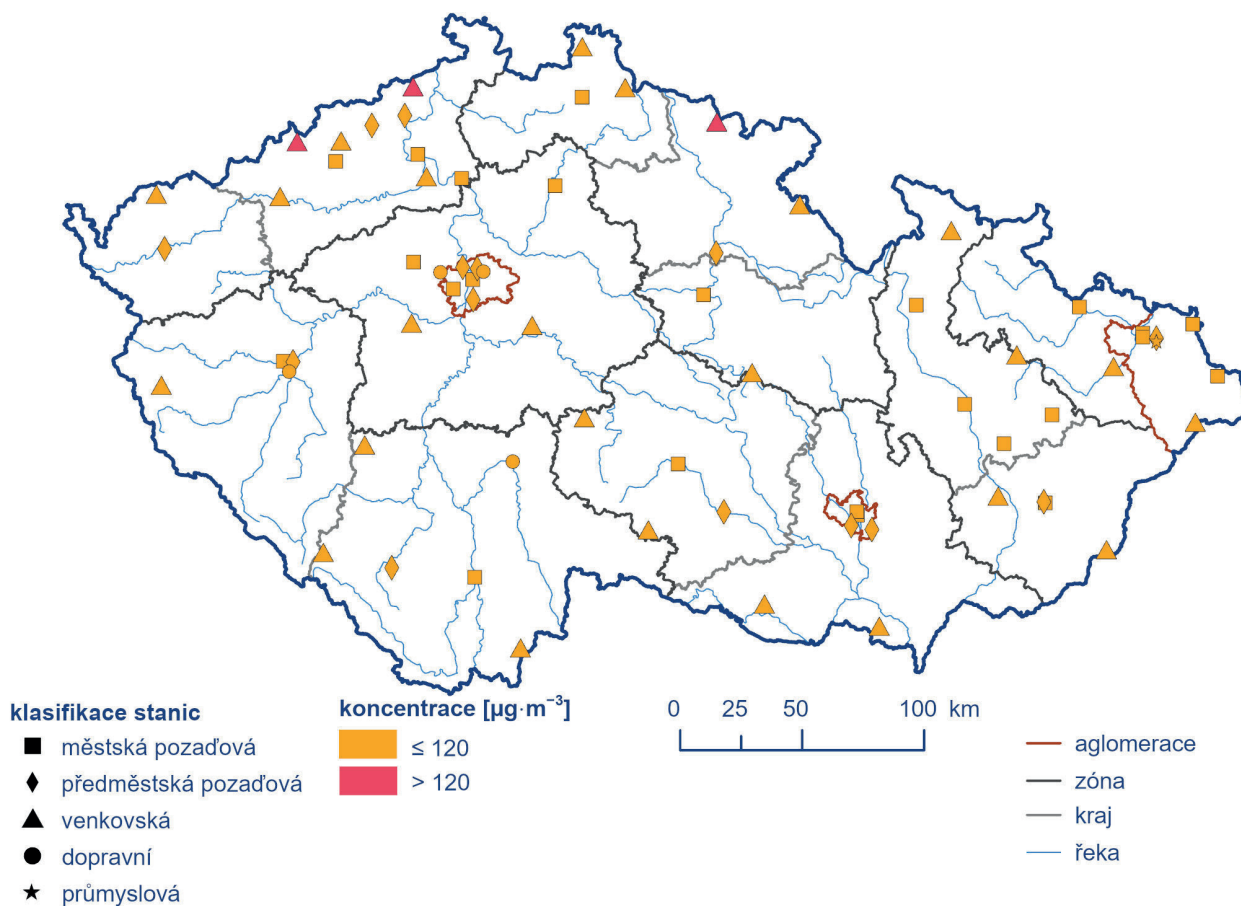
Imisní limit přízemního ozonu (O_3) byl za tříleté období 2020–2022¹ překročen pouze na 3 ze 68 stanic (4 %), na kterých byly koncentrace O_3 měřeny (Obr. IV.4.1 a IV.4.2). Jednalo se o tři regionální stanice (Sněžník, Rudolice v Horách a Krkonoše-Rýchory). Za předchozí tříleté období 2019–2021 byl imisní limit přízemního O_3 překročen na 4 z 66 (6 %), za období 2018–2020 na 34 z 67 stanic (51 %), za období 2017–2019 na 36 z 64 stanic (56 %) a za období 2016–2018 na 33 z 65 (51 %).

K překročení imisního limitu O_3 došlo ve tříletém období 2020–2022 na pouhých 0,2 % území ČR s 0,02 % obyvatel (Obr. IV.4.3). K překro-

čení imisního limitu O_3 došlo na stejně velkém území jako v předchozím tříletém období. V minulosti se jednalo o 62 % území za období 2018–2020, 71 % území za období 2017–2019 a 80 % území za období 2016–2018. V rámci jednotlivých let za období 2020–2022 došlo k nejvyššímu počtu překročení hodnoty imisního limitu v roce 2022, a to na 91 % stanic (Obr. IV.4.4).

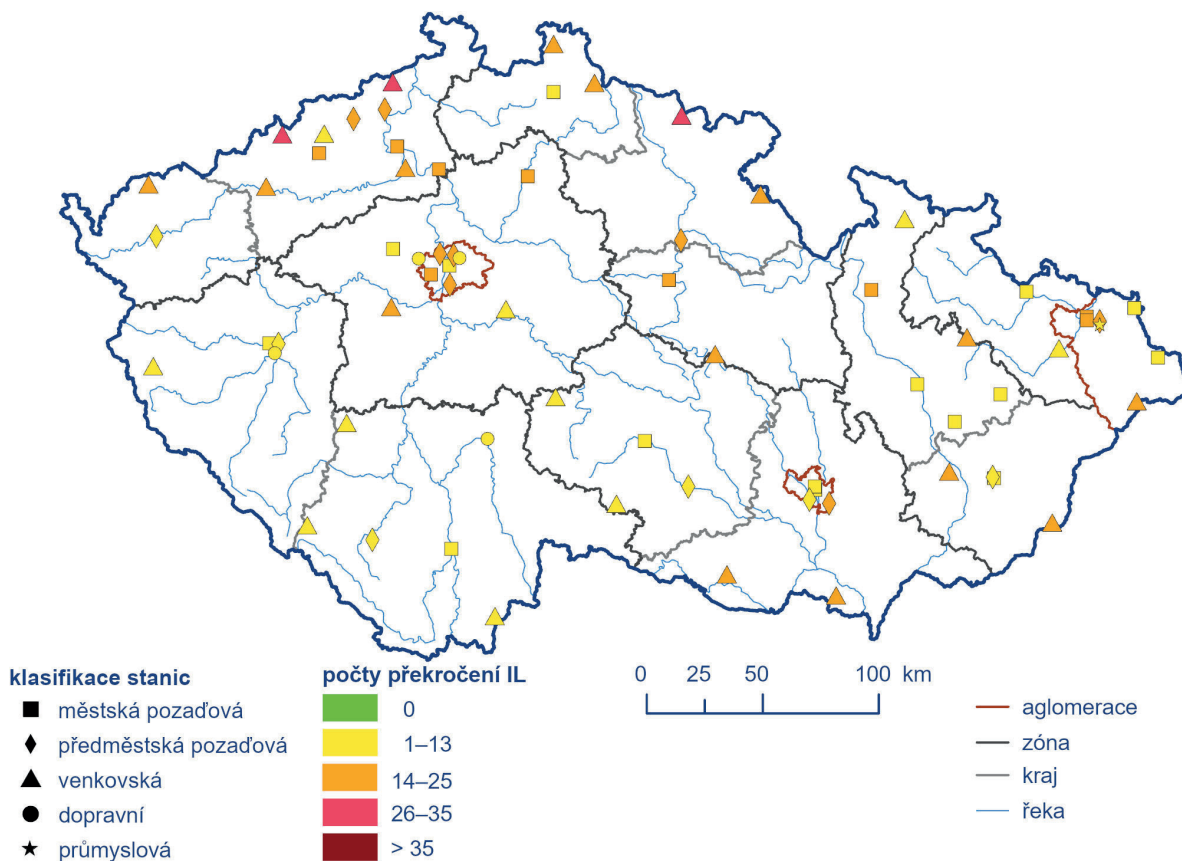
Roční chod průměrných měsíčních koncentrací O_3 (maximální 8hodinový průměr za daný měsíc, průměr pro jednotlivé typy stanic) je obecně charakterizován nárůstem koncentrací v letním období (duben–září) z důvodu výskytu příznivých meteorologických podmínek pro vznik O_3 .

Průměrné měsíční koncentrace O_3 se od května do července roku 2022 pohybovaly kolem hodnoty desetiletého průměru 2012–2021, v dubnu a září byly v porovnání s desetiletým průměrem nižší o 7 % a 15 %, v srpnu vyšší o 10 % (Obr. IV.4.5). V srpnu, tedy v nejteplejším měsíci roku 2022, který je teplotně charakterizován jako nadnormální (více viz kap. III), byly naměřeny i nejvyšší koncentrace O_3 . Druhé nejvyšší pak v červenci. V červenci a srpnu bylo z důvodu překročení prahových hodnot O_3 vyhlášeno celkem pět smogových situací a to pro území aglomerace O/K/F-M ve dnech 22.–23. 7. a pro aglomeraci Praha, zónu Středočeský kraj, Liberec-

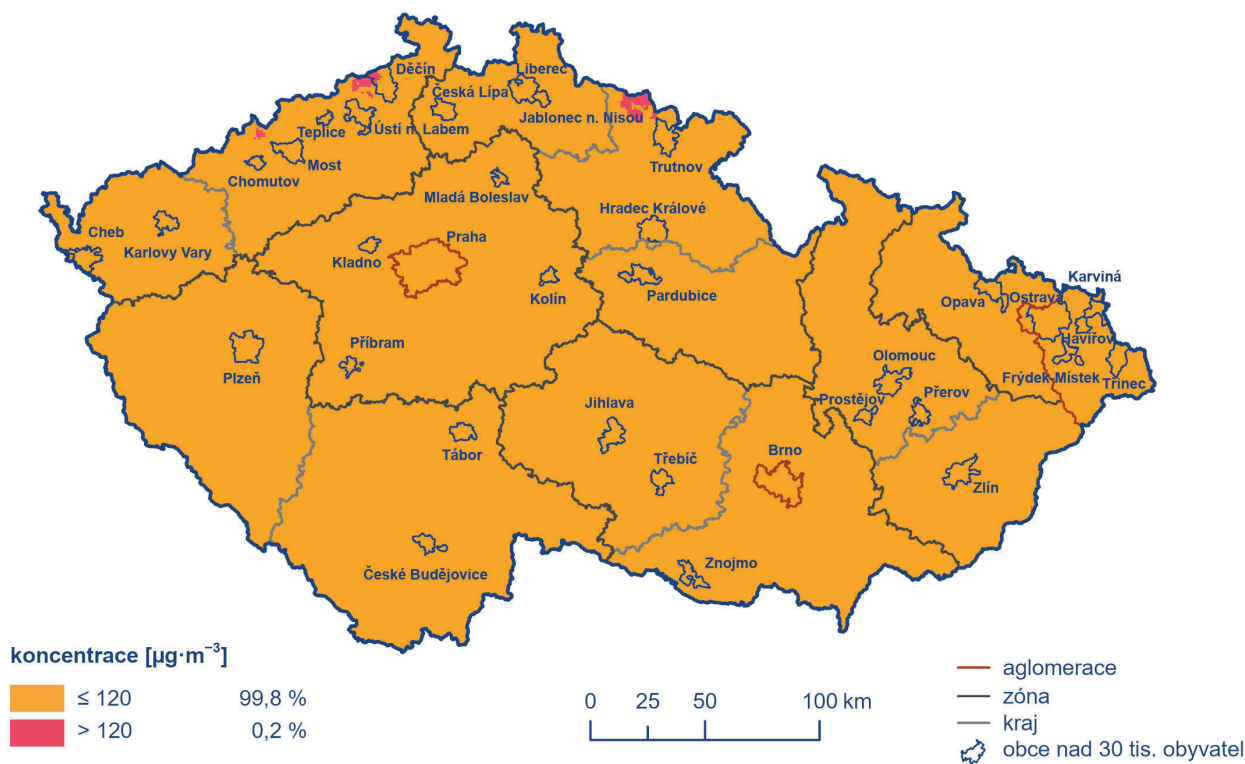


Obr. IV.4.1 26. nejvyšší hodnoty maximálního denního 8hod. klouzavého průměru koncentrací přízemního O_3 v průměru za 3 roky měřené na stanicích imisního monitoringu, 2020–2022

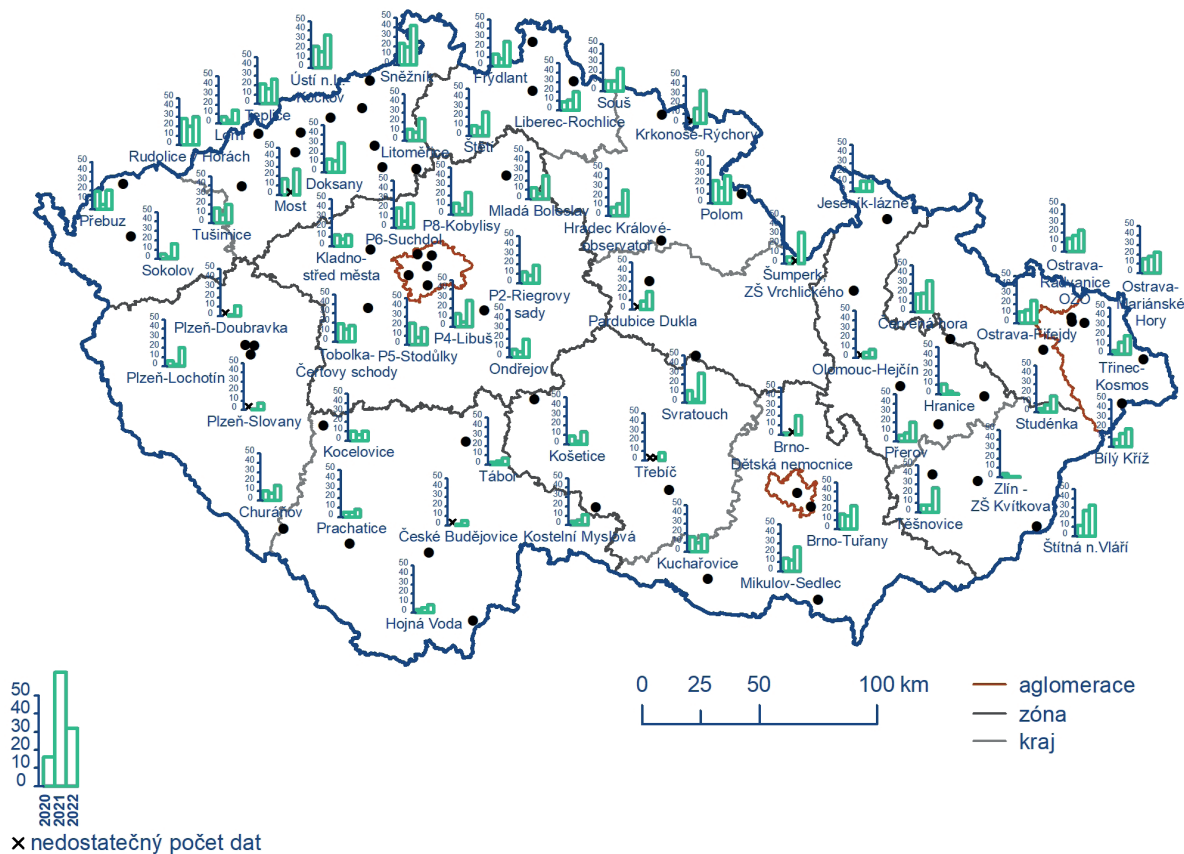
1 Imisní limit je překročen, jestliže byl maximální denní 8hodinový klouzavý průměr O_3 vyšší než $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ alespoň 26× v průměru za 3 roky.



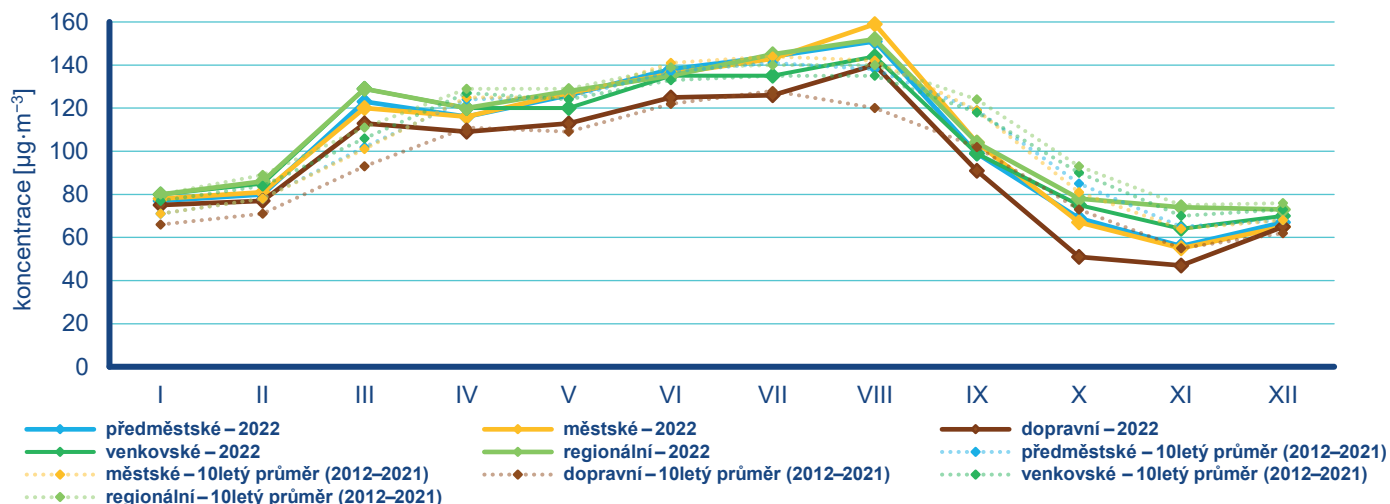
Obr. IV.4.2 Počty překročení hodnoty imisního limitu pro maximální denní 8hod. klouzavý průměr koncentrace přízemního O₃ v průměru za 3 roky, 2020–2022



Obr. IV.4.3 Pole 26. nejvyššího maximálního denního 8hod. klouzavého průměru koncentrace přízemního O₃ v průměru za 3 roky, 2020–2022



Obr. IV.4.4 Počet překročení hodnoty imisního limitu pro maximální denní 8hod. klouzavý průměr koncentrace přízemního O₃ za rok na vybraných stanicích, 2020–2022



Obr. IV.4.5 Roční chod průměrných měsíčních koncentrací max. 8hod. klouzavého průměru O₃ (průměry pro daný typ stanice), 2022

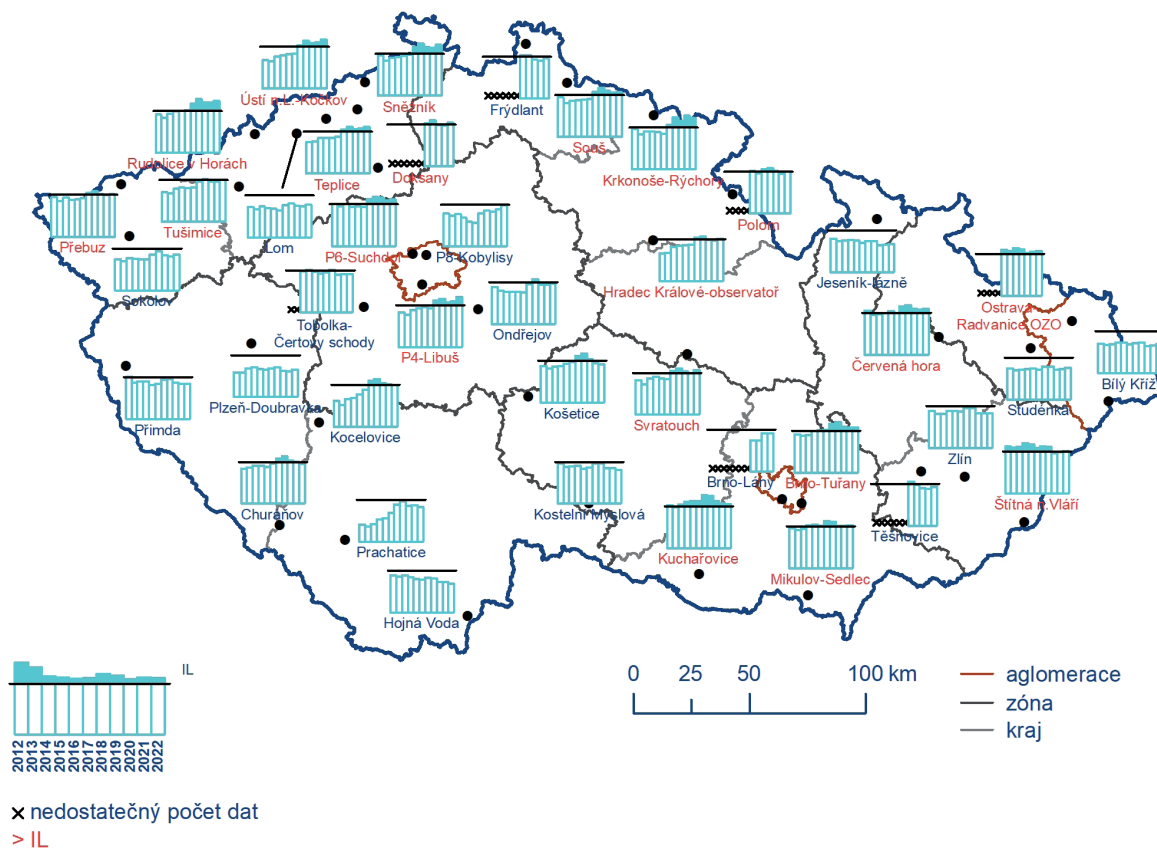
ký kraj a Ústecký kraj dne 5. 8. (více viz kap. VI). Naopak duben byl studený měsíc (teplotně silně podnormální), čemuž odpovídá i propad koncentrací v porovnání s desetiletým průměrem 2012–2021. Výraznější pokles koncentrací v září odpovídá nadnormálnímu úhrnu srážek v tomto měsíci. V roce 2022 byly naměřeny i výjimečně vysoké koncentrace v březnu – nejvyšší průměrné měsíční koncentrace za hodnocené období 2012–2022.

K výskytu zvýšených koncentrací O₃ v březnu došlo v jeho druhé polovině, kdy se průměrná teplota držela většinou nad normálem (zaznamenané denní maximum 22,7 °C, podrobnosti viz Škáchová (ed.), 2022). Navíc byl březen charakterizován jako srážkově podnormální.

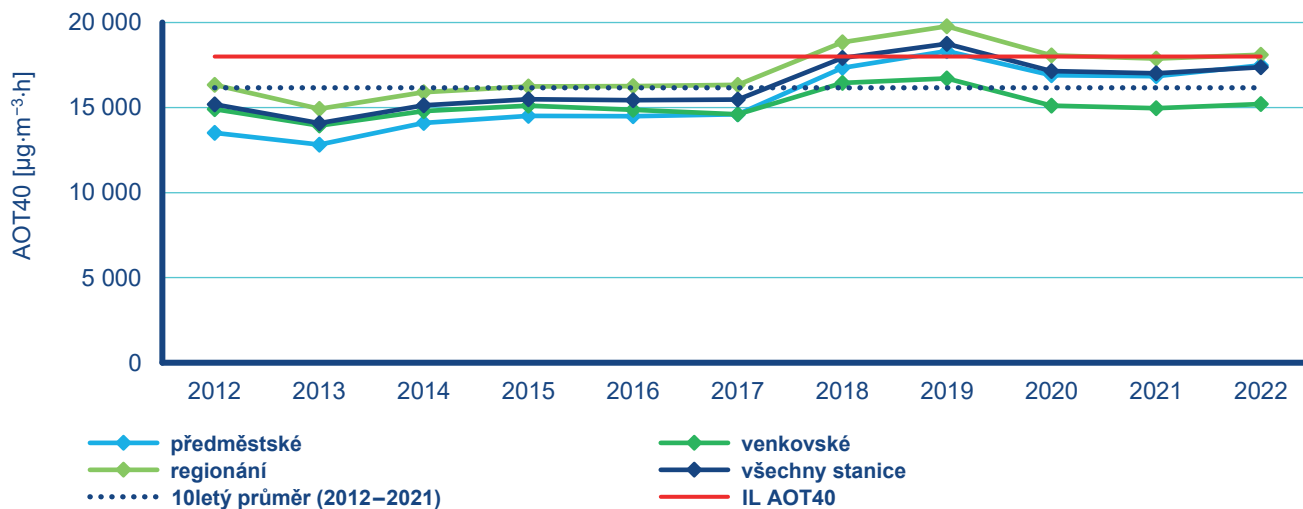
Nejnižší hodnoty koncentrací přízemního O₃ jsou měřeny na dopravně zatížených lokalitách (Obr. IV.4.5, IV.4.9), kde je přízemní

O₃ odbouráván chemickou reakcí s oxidem dusnatým (NO), který je součástí oxidů dusíku (NO_x). Lze předpokládat, že koncentrace O₃ jsou nižší až podlimitní i v dalších dopravně zatíženějších oblastech. Z důvodu absence měření nelze pomocí stávající metodiky tvorby map toto pravděpodobné snížení dokladovat. Hodnoty koncentrací přízemního O₃ na venkovských, předměstských a městských stanicích dosahují podobných úrovní a jsou v porovnání s koncentracemi na dopravních stanicích vyšší (Obr. IV.4.5). Toto potvrzuje i studie Paoletti et al. (2014), kdy v letech

1990–2010 bylo na stanicích v Evropě a USA pozorováno snížení rozdílů mezi koncentracemi měřenými na lokalitách venkovských a městských. Zároveň na těchto stanicích došlo ke snížení maximálních měřených hodnot. Zmiňovaný pokles koncentrací přízemního O₃ je mimo jiné připisován redukcí emisí jeho prekurzorů, zejména NO_x ve vyspělých státech. Snížení koncentrací v relativně čistých oblastech je přisuzováno snížení emisí jak NO_x, tak i volatilních organických látek (VOC) v širším (evropském až globálním) měřítku (Sicard et al. 2013).



Obr. IV.4.6 Hodnoty expozičního indexu AOT40 na vybraných stanicích, klouzavý 5letý průměr, 2012–2022



Obr. IV.4.7 Hodnoty expozičního indexu AOT 40, klouzavý 5letý průměr, 2012–2022

Znečištění ovzduší přízemním ozonem v roce 2022 vzhledem k imisním limitům pro ochranu ekosystémů a vegetace

Imisní limit přízemního O_3 pro ochranu vegetace $18\ 000\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$ (průměr za pět let, Tab. I.2) byl překročen na 20 stanicích (50 %) z celkového počtu 40 venkovských a předměstských stanic, pro které byl podle legislativy relevantní výpočet expozičního indexu AOT40² (jedná se o průměr za roky 2018–2022). Nejvyšší hodnoty indexu AOT40 byly za hodnocené období 2012–2022 zjištěny v letech 2018 a 2019 (v průměru pro 32 venkovských a předměstských stanic s úplnou časovou řadou 2012–2022). V roce 2022 byly hodnoty indexu AOT40 třetí nejvyšší za období 2012–2022 (Obr. IV.4.6, Obr. IV.4.7). Nejvyšší hodnoty indexu AOT40 byly v roce 2022 zjištěny na stanicích Rudolice v Horách, Krkonoše-Rýchory Sněžník, Praha 4-Libuš a Ústí nad Labem-Kočkov. K výskytu nadlimitních hodnot AOT40 došlo v roce 2022 na území téměř celého Libereckého kraje, ve významných částech Královehradeckého a Ústeckého kraje a Prahy, dále v menší části Středočeského a Pardubického kraje, Vysočiny a v menších územních celcích Moravy (Obr. IV.4.8).

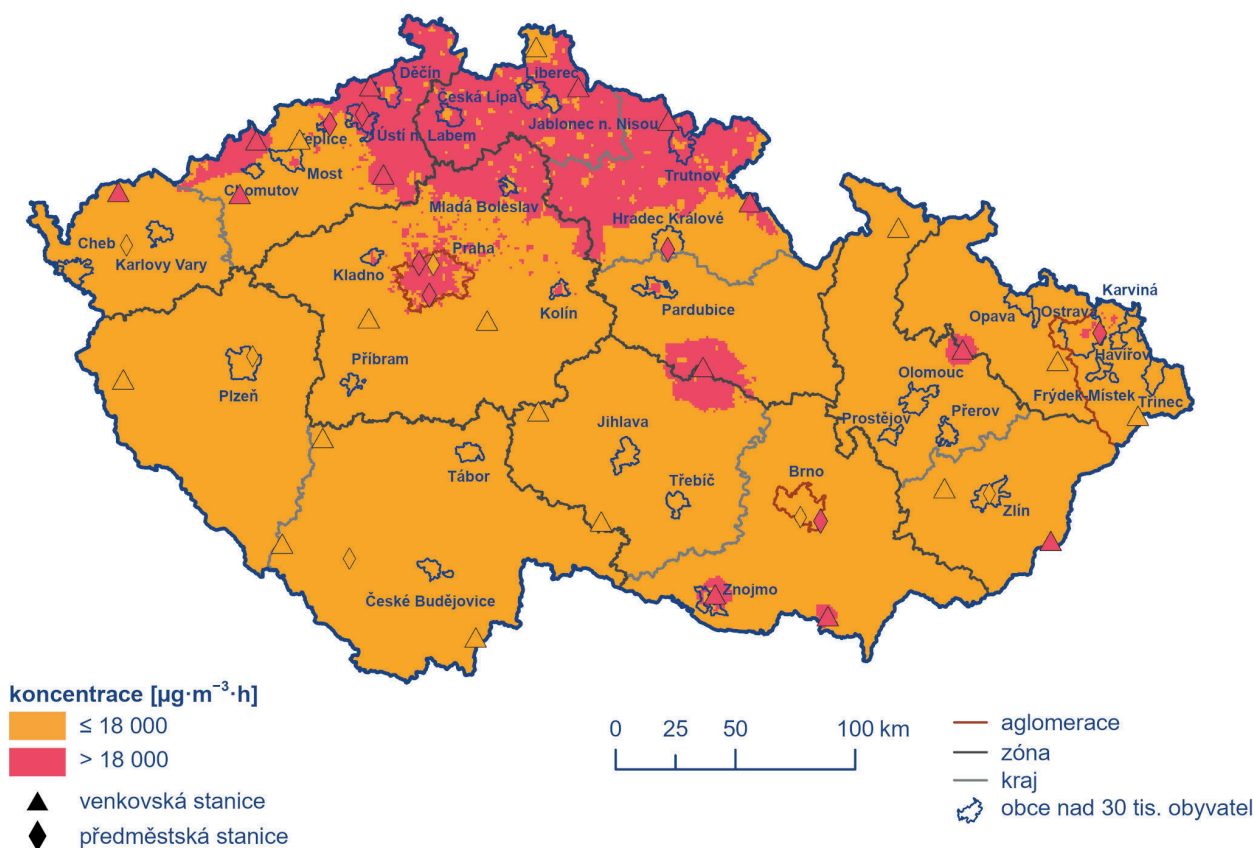
Roční hodnoty indexu AOT40 dlouhodobě překračují hodnotu dlouhodobého imisního limitu ($6\ 000\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$) na všech venkovských a předměstských stanicích (stejný soubor stanic pro posledních pět let, Obr. IV.4.9). V rámci hodnoceného pětiletí byly roční

hodnoty indexu AOT40 v roce 2022 na většině stanicích druhé nebo třetí nejvyšší.

IV.4.2 Vývoj koncentrací přízemního ozonu

Vývoj koncentrací přízemního O_3 , na rozdíl od přecházejícího hodnocení založeného převážně na tříletých obdobích, hodnotíme na základě maximální 8hod. průměrné koncentrace a 26. maximální 8hod. průměrné koncentrace v daném roce. První z těchto imisních charakteristik je možné porovnat s dlouhodobým imisním cílem pro přízemní O_3 resp. s hodnotou imisního limitu ($120\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Maximální roční 8hod. průměrná koncentrace (v průměru ze všech stanic, pro které je k dispozici měření za celé hodnocené období) se v letech 2012–2022 pohybovala v rozmezí od 135 do 173 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 26. maximální 8hod. průměrné koncentrace pak od cca 109 do 129 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Maximální denní 8hod. a 26. nejvyšší maximální 8hod. průměrné koncentrace O_3 nevykazují od roku 2012 výrazný vývoj (Obr. IV.4.9, Obr. IV.4.10), neboť koncentrace ozonu jsou silně závislé na meteorologických podmínkách. Nejvyšší maximální denní 8hod. koncentrace byly naměřeny v letech 2013, 2015 a 2018, v případě 26. nejvyšší maximální denní 8hod. koncentrace v le-



Obr. IV.4.8 Pole hodnot expozičního indexu AOT40, průměr za 5 let, 2018–2022

² AOT40 znamená součet rozdílů mezi hodinovou koncentrací větší než $80\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ($= 40\ \text{ppb}$) a hodnotou $80\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v dané periodě užitím pouze hodinových hodnot změřených každý den mezi 8:00 a 20:00 SEČ.



Obr. IV.4.9 Roční hodnoty expozičního indexu AOT40 na vybraných stanicích v porovnání s dlouhodobým imisním cílem (DIC), 2018–2022

tech 2015, 2018 a 2019. Všechny tyto roky jsou charakterizovány výskytem meteorologických podmínek vhodných pro vznik O_3 – v roce 2013 došlo k výskytu vysokých koncentrací O_3 zejména na přelomu července a srpna během řady tropických dnů. Roky 2015, 2018 a 2019 byly teplotně mimořádně nadprůměrné, roky 2015 a 2018 i srážkově silně podprůměrné (ČHMÚ 2016; ČHMÚ 2019 a ČHMÚ 2020). Koncentrace v roce 2022 ($152 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pro maximální denní 8hod. a $118 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pro 26. maximální denní 8hod. průměrnou koncentraci) byly v rámci jedenáctiletého období 2012–2022 čtvrté nejvyšší a mírně překračují desetileté průměry pro období 2012–2021 ($150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pro maximální denní 8hod. a $117 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pro 26. maximální denní 8hod. průměrnou koncentraci).

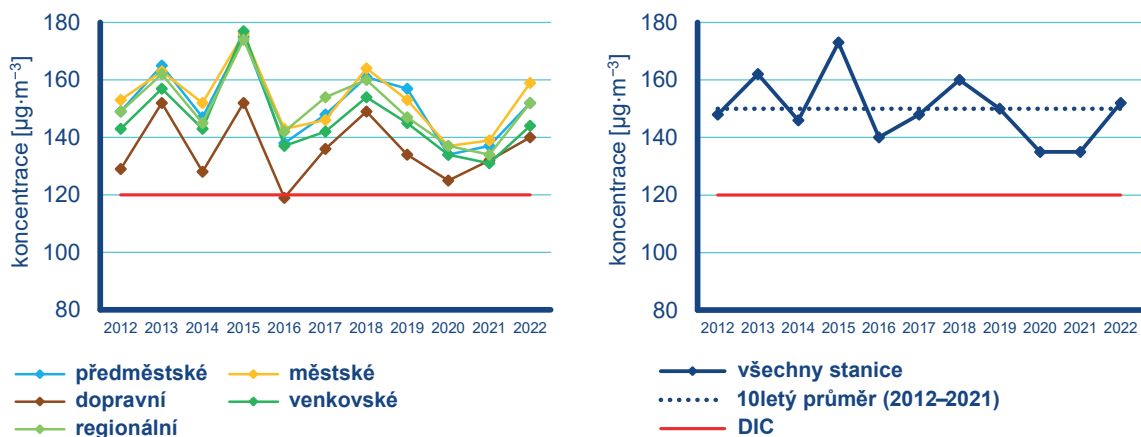
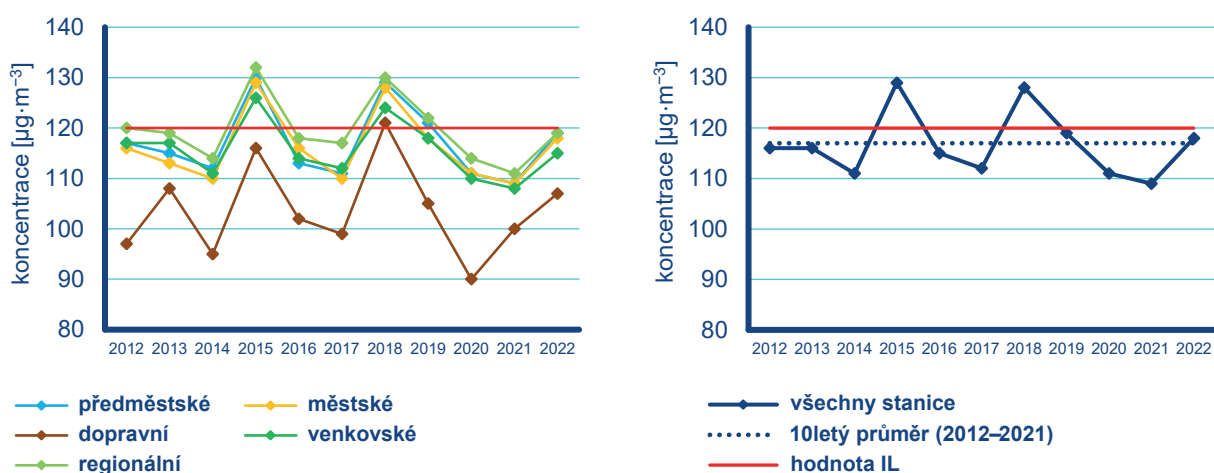
Ve srovnávání koncentrací hrají zásadní roli emise prekurzorů a meteorologické podmínky, tj. intenzita a délka slunečního svitu, teplota, rychlost větru a výskyt srážek, resp. relativní vlhkost vzduchu (Blanchard et al. 2010; Ooka et al. 2011). Vztah mezi množstvím emitovaných prekurzorů a koncentracemi přízemního O_3 však není lineární. Tato nelinearita je způsobena komplikovanou atmosférickou chemií vzniku a zániku O_3 , dálkovým přenosem O_3 a jeho prekurzorů a dalšími faktory, mezi které se řadí meteorologické podmínky, změna klimatu, emise nemetanických těkavých organických látek (NMVOC) z vegetace a požáry lesních porostů (EEA 2013b). Vzhledem k výše uvedeným faktorům nelze meziroční změny blíže komentovat.

Na základě výsledků dlouhodobého monitoringu v ČR, kdy je k dispozici na řadě stanic již 30letá řada imisních koncentrací pří-

zemního O_3 , je možné – navzdory vysoké meziroční variabilitě O_3 – smysluplně hodnotit jeho dlouhodobé trendy (Weatherhead et al. 1998). Detailní analýza časoprostorových trendů dlouhodobého měření 26 stanic různého typu (městské, venkovské, horské) za období 1994–2015 ukázala, že navzdory podstatnému snížení emisí prekurzorů i snížení imisních koncentrací přízemního O_3 na většině stanic představuje přízemní O_3 v ČR stále značný problém. Jasně se prokázalo, že pro žádoucí snížení imisních úrovní přízemního O_3 je kritický poměr NO/NO_2 , a samotný současný významný pokles celkových emisí NO_x není tedy pro snížení O_3 postačující (Hůnová, Baumelt 2018). Současně bylo z výsledků měření ČHMÚ zjištěno, že v posledních letech (přibližně od r. 2014) střední koncentrace O_3 na českých stanicích rostou, což patrně souvisí s probíhající klimatickou změnou (Hůnová et al. 2020).

IV.4.3 Vznik přízemního ozonu

Přízemní O_3 nemá v atmosféře vlastní významný zdroj. Jedná se o tzv. sekundární látku vznikající v celé řadě velmi komplikovaných nelineárních fotochemických reakcí (např. Seinfeld, Pandis 2006). Prekurzory O_3 jsou NO_x a nemetanické NMVOC, v globálním měřítku hrají roli i metan (CH_4) a oxid uhelnatý (CO). Důležitou reakcí je fotolýza oxidu dusičitého (NO_2) slunečním zářením o vlnové délce 280–430nm, při které vzniká NO a atomární kyslík (O). Reakcí atomárního a molekulárního kyslíku (O_2) pak za přítomnosti katalyzátoru dochází ke vzniku molekuly O_3 . Současně probíhá titrace O_3 oxidem dusnatým za vzniku NO_2 a O_2 . Pokud je při této reakci O_3 nahrazen radikály, jeho koncentrace v atmo-

Obr. IV.4.10 Koncentrace O₃ (max. denní 8hod. klouzavý průměr) na jednotlivých typech stanic, 2012–2022Obr. IV.4.11 Koncentrace O₃ (26. nejvyšší max. denní 8hod. klouzavý průměr), 2012–2022

sféře rostou. Důležitou úlohu při těchto reakcích hraje zejména hydroxilový radikál (OH) (podrobněji např. Hůnová, Bäumelt 2018). NO_x vznikají při veškerých spalovacích procesech. NMVOC jsou emitovány z celé řady zdrojů antropogenních (doprava, manipulace s ropou a jejími deriváty, rafinerie, použití barev a rozpouštědel atd.), ale i přirozených, např. biogenní emise z vegetace (Seinfeld, Pandis 2006).

Při vzniku přízemního O₃ nezáleží pouze na absolutním množství prekurzorů, ale i na jejich vzájemném poměru (Sillman et al. 1990; Fiala, Závodský 2003). Ve venkovských oblastech, kde je režim limitovaný NO_x, charakterizovaný relativně nízkými koncentracemi NO_x a vysokými koncentracemi VOC, narůstají koncentrace O₃ s rostoucími koncentracemi NO_x, zatímco se vzrůstajícími koncentracemi VOC se mění jen málo. Naopak v oblastech s režimem limitovaným VOC dochází k poklesu koncentrací O₃ s rostoucími koncentracemi NO_x a k nárůstu koncentrací O₃ s rostoucími koncentracemi VOC. Zvýšení koncentrací O₃ v důsledku poklesu emisí NO_x, respektive rostoucího poměru NO₂/NO (modernizace a denitrifikace velkých emisních zdrojů) bylo pozorováno v severozápadních Čechách (Hůnová, Bäumelt 2018).

Oblasti s vysokým poměrem NO_x/VOC jsou typicky znečištěné oblasti okolo center velkých měst. Závislost vzniku přízemního O₃ na počátečních koncentracích VOC a NO_x se často vyjadřují na diagramech ozonových isopleť. Jedná se o zobrazení maximální dosažené koncentrace přízemního O₃ jako funkce počáteční koncentrace NO_x a VOC (Moldanová 2009). Významnou roli při vzniku přízemního O₃ hrají nejen koncentrace prekurzorů, ale i meteorologické podmínky (Colbeck, Mackenzie 1994). Imisní koncentrace přízemního O₃ narůstají s rostoucím ultrafialovým zářením a teplotou vzduchu, naopak klesají s rostoucí relativní vlhkostí vzduchu. Tyto závislosti byly prokázány i na výsledcích dlouhodobých měření ČHMÚ (Hůnová et al. 2019b). Vysoké koncentrace bývají spojeny s déletrvající anticiklonální situací. Kromě výše popsaného fotochemického mechanismu se koncentrace přízemního O₃ mohou zvyšovat i epizodicky v důsledku průniku stratosférického ozonu do troposféry a také při bouřkách. V poslední době se rovněž zvyšuje význam dálkového přenosu přízemního O₃ v rámci proudění na severní polokouli do Evropy a Severní Ameriky ze zdrojových oblastí jihovýchodní Asie. Přízemní O₃ je z atmosféry odstraňován reakcí s NO, mechanismem suché či mokré depozice a interakcí s rostlinami (stomatárním tokem).

IV.5 Benzen

IV.5.1 Znečištění ovzduší benzenem v roce 2022

Roční imisní limit benzenu ($5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) nebyl v roce 2022 překročen na žádné z 40 stanic s platným ročním průměrem (Obr. IV.5.1). Nejvyšší roční průměr ($4,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) byl, stejně jako v roce 2021, naměřen na průmyslové stanici Ostrava-Přívoz. Oproti roku 2021 ($3,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) se jedná o nárůst o 31 %. K výskytu vysokých krátkodobých koncentrací benzenu na několika lokalitách v Ostravě docházelo pravděpodobně i v souvislosti s likvidací starých ekologických zátěží na území města. Nejvyššími koncentracemi benzenu byla celkově zatížena aglomerace O/K/F-M (Obr. IV.5.2).

Dlouhodobě jsou koncentrace benzenu na území ČR, s výjimkou aglomerace O/K/F-M, velmi nízké a nedosahují ani poloviny hodnoty imisního limitu (Obr. IV.5.3). Z celkového počtu 35 stanic, které na území ČR měřily koncentrace benzenu v roce 2020 i 2021, byly roční průměrné koncentrace v roce 2022 vyšší na 14 stanicích (tj. 40 %), zatímco nižší na 11 stanicích (31 %). Koncentrace se nezměnily na 10 stanicích (29 %).

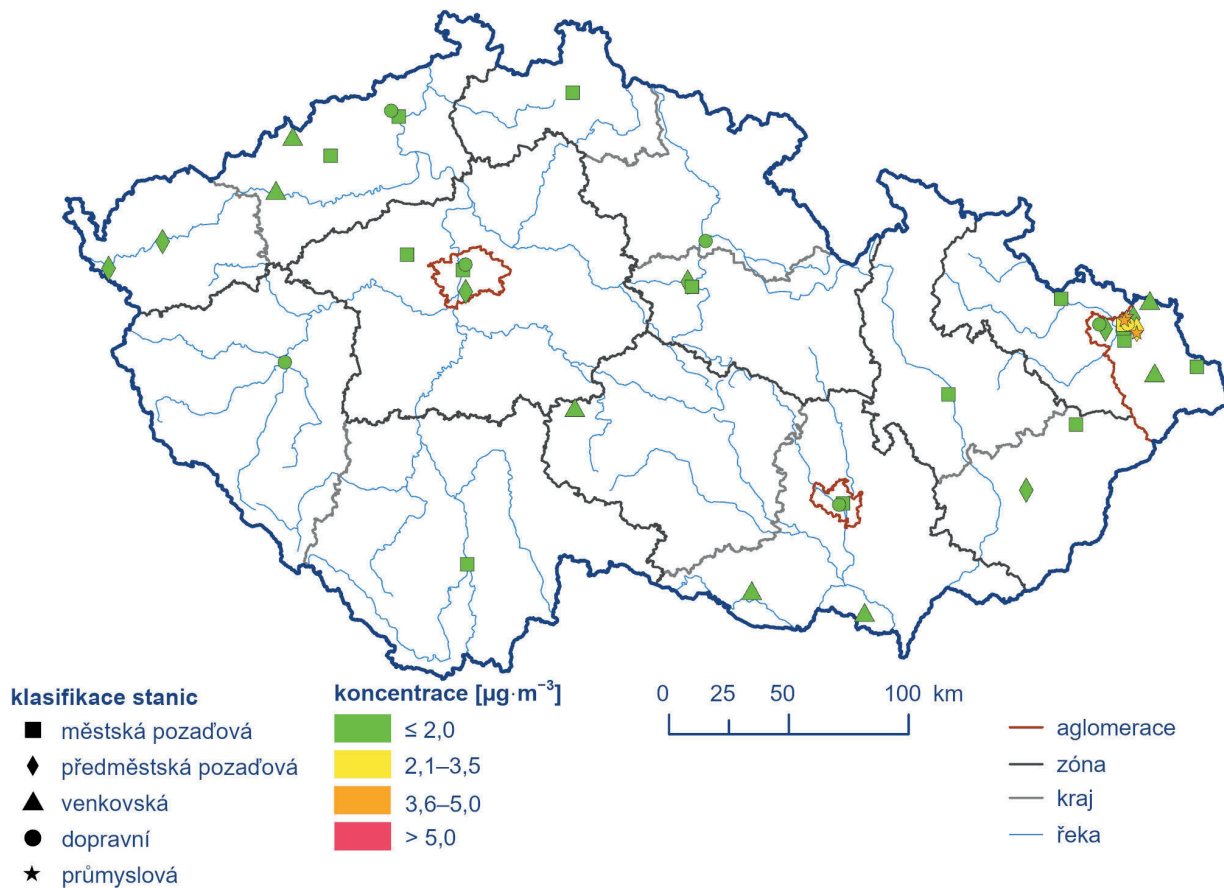
IV.5.2 Vývoj koncentrací benzenu

Vývoj ročních průměrných koncentrací benzenu zprůměrovaných pro všechny typy stanic lze do roku 2016 označit jako klesající, od roku 2017 pak jako stagnující. Průměrné koncentrace se od roku 2012 pohybují pod polovinou hodnoty imisního limitu, od roku 2016 pak na hodnotě až pod hodnotou desetiletého průměru 2012–2021. Roky 2020 a 2022 byly roky s druhou nejnižší roční průměrnou koncentrací benzenu. Nejnižší koncentrace byly zaznamenány v letech 2016, 2019 a 2021 (Obr. IV.5.4).

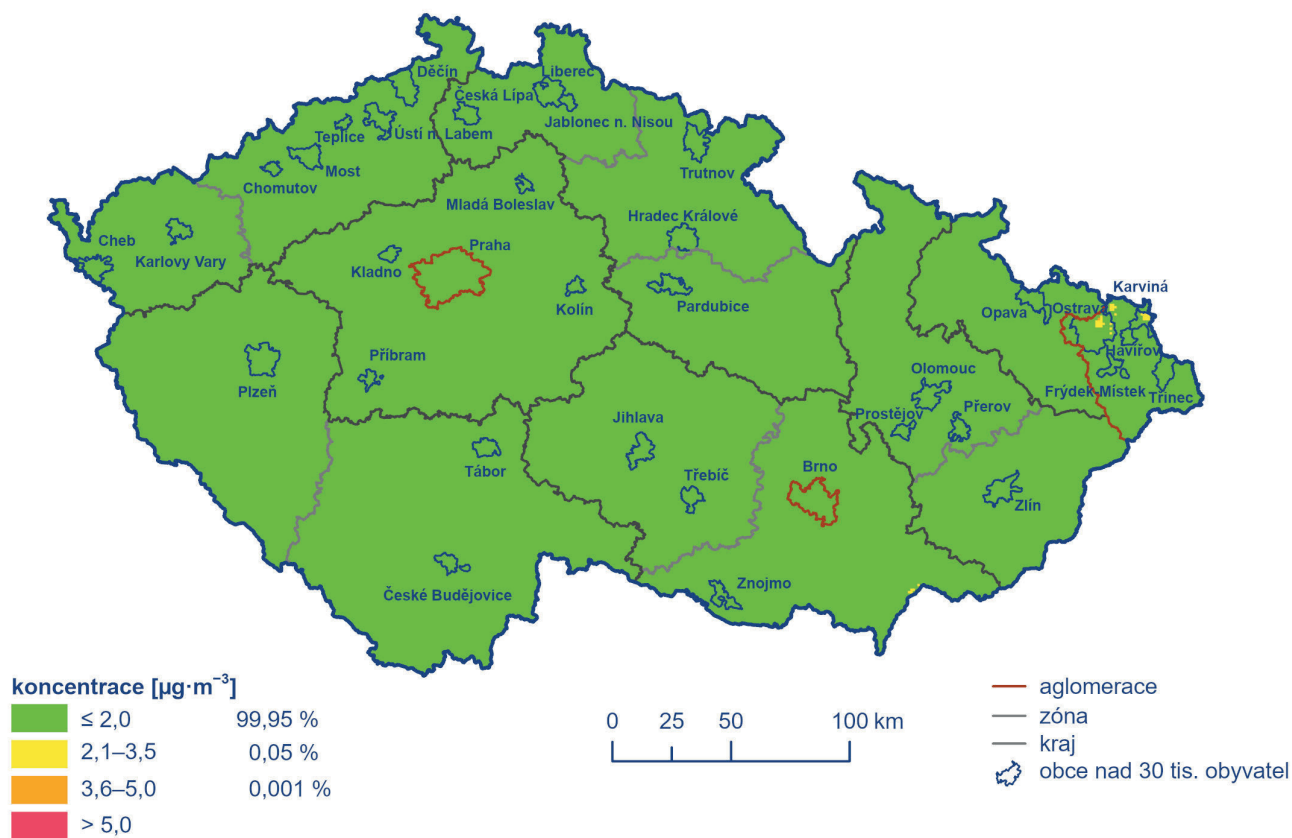
Hodnoceno podle jednotlivých typů stanic, jsou nejvyšší roční průměrné koncentrace měřeny na průmyslových stanicích, které se vyskytují převážně v aglomeraci O/K/F-M, přičemž od roku 2012 nedochází, až na výjimky, k překročení hodnoty imisního limitu. Nejnižší roční průměrné koncentrace jsou měřeny na venkovských a regionálních stanicích, které jsou málo ovlivněné zdroji emisí (Obr. IV.5.5).

IV.5.3 Emise benzenu

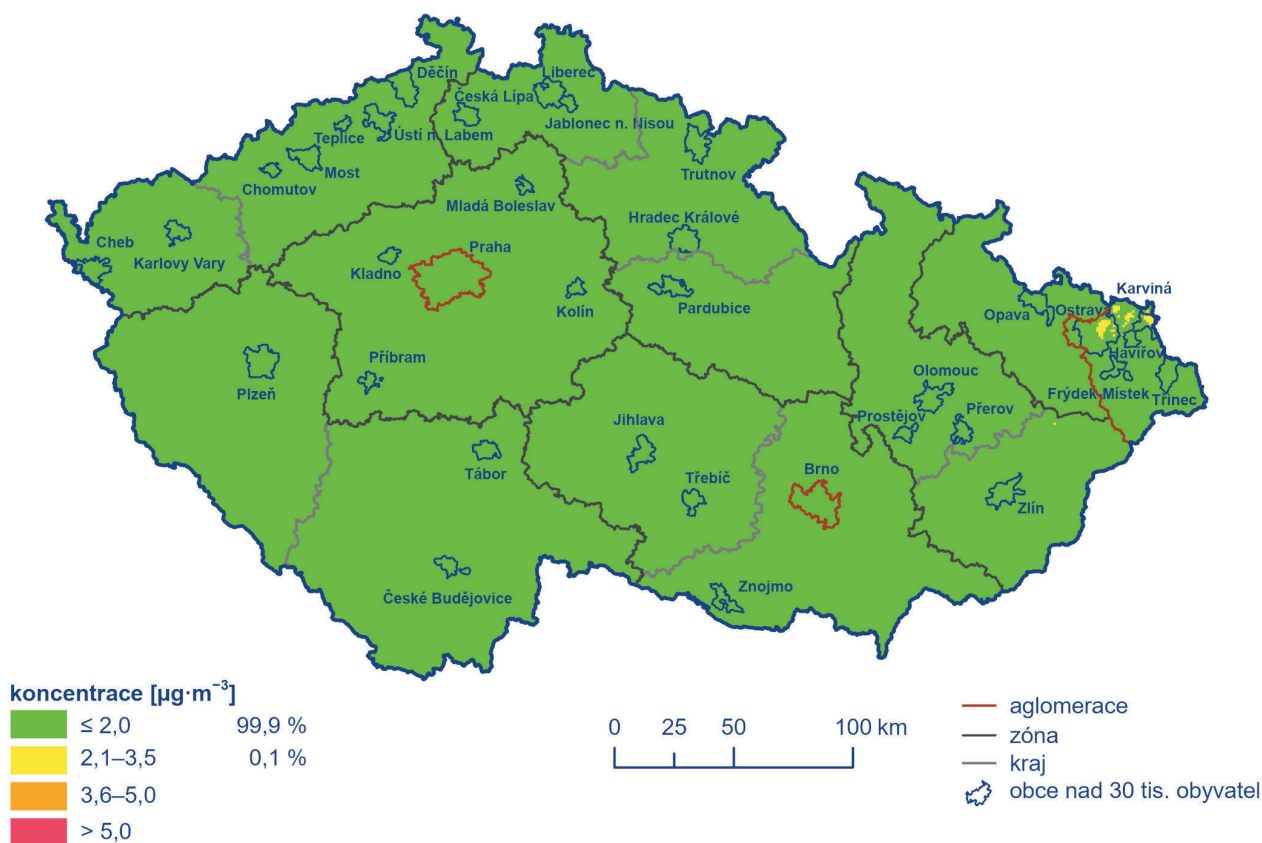
Benzen patří do skupiny organických sloučenin a používá se v průmyslu jako rozpouštědlo nebo jako surovina pro výrobu celé řady chemických látek. Benzen je součástí ropy a přidává se v malém množství do automobilového benzínu pro zlepšení oktanového čísla. Vyrábí se především zpracováním ropy a z uhelného dehtu vznikajícího při výrobě koksů. Společně s dalšími VOC vzniká také při nedokonalém spalování.



Obr. IV.5.1 Roční průměrné koncentrace benzenu měřené na stanicích imisního monitoringu, 2022



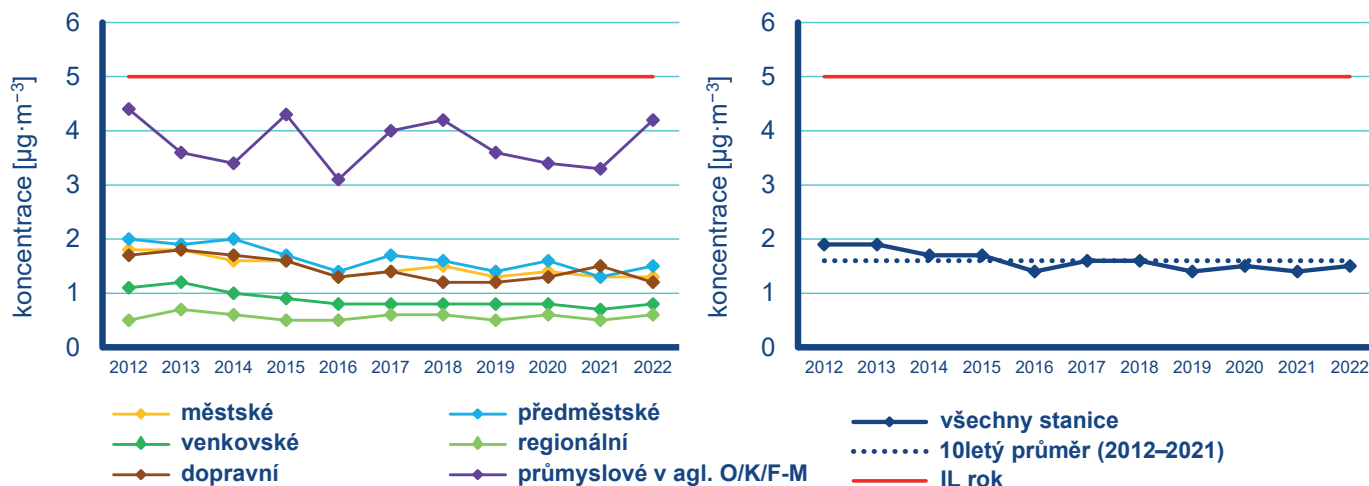
Obr. IV.5.2 Pole roční průměrné koncentrace benzenu, 2022



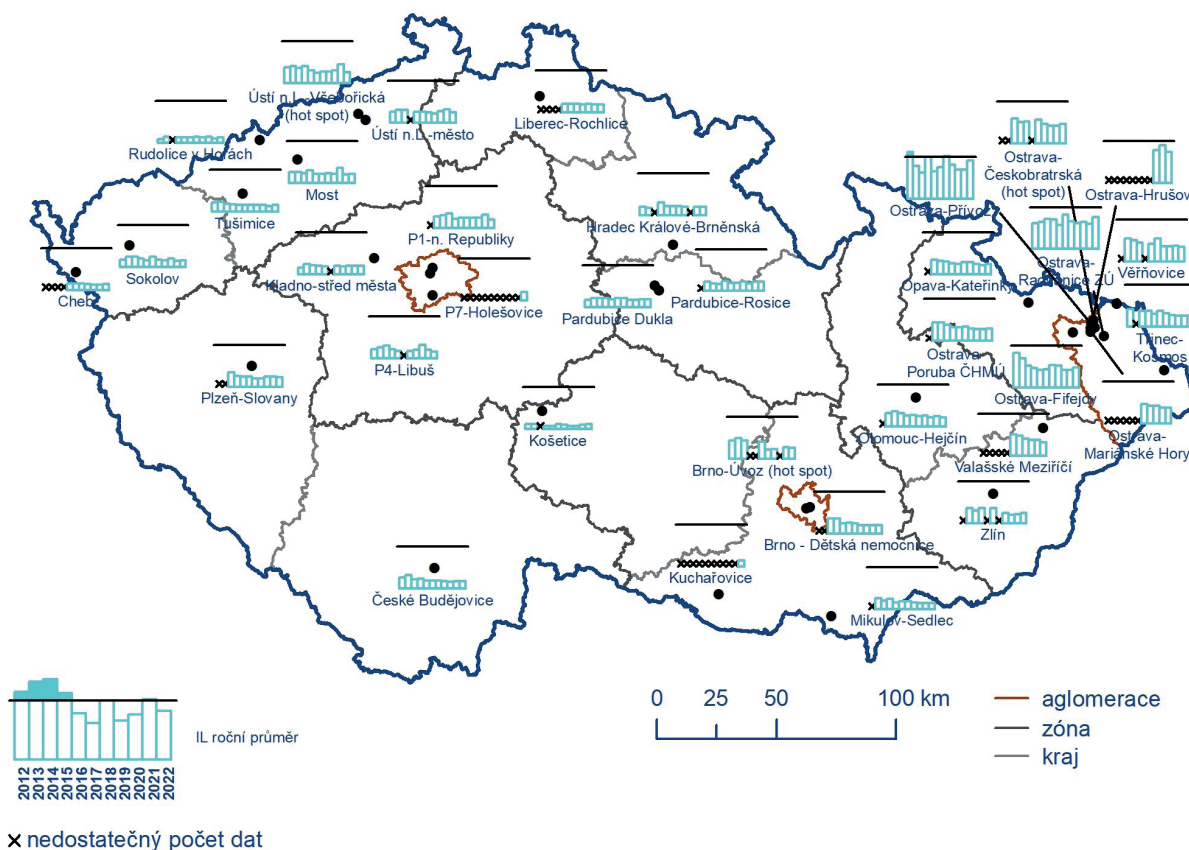
Obr. IV.5.3 Pětiletý průměr ročních průměrných koncentrací benzenu, 2018–2022

Benzen nespadá mezi znečišťující látky sledované Úmluvou LRTAP, a proto není jeho inventura k dispozici v členění podle sektorů NFR, ale pouze podle kategorií REZZO. Podle vyhodnocení provedeného pro potřeby aktualizace PZKO bylo v roce 2016 do ovzduší vypuštěno 672,6 tun benzenu. Nejvíce se na emisích benzenu podílely zdroje kategorie REZZO 4 (75 %), ze kterých je benzen do ovzduší vnášen výfukovými plyny i odpařováním z palivových systémů vozidel. Významné množství emisí benzenu vznikalo u zdrojů kategorie REZZO 3 při spalování pevných paliv v domácnostech (13 %), při plošném použití organických rozpouštědel (5 %) nebo při těžbě

paliv (3 %). Příspěvek zdrojů kategorie REZZO 1 a REZZO 2 činil 4 % na celkových emisích benzenu, z toho nejvýznamnější podíl připadal zdrojům v sektoru Energetika – spalování paliv (kódy 1.1.–1.4. přílohy č. 2 zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší) s podílem 2,2 % a sektoru Použití rozpouštědel (kódy 9.1.–9.24. přílohy č. 2 zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší) s podílem 0,7 %. Celkové množství benzenu ohlášeného v souhrnné provozní evidenci za rok 2022 (zdroje REZZO 1) bylo cca 7,6 tun. Celkové množství ohlášeného a dopočetného benzenu zdrojů REZZO 1 a 2 bylo cca 30 tun.



Obr. IV.5.4 Roční průměrné koncentrace benzenu, 2012–2022



Obr. IV.5.5 Roční průměrné koncentrace benzenu na vybraných stanicích, 2012–2022

IV.6 Těžké kovy

IV. 6.1 Znečištění ovzduší těžkými kovy v roce 2022

Arsen

Roční imisní limit arsenu ($6 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) nebyl v roce 2022 překročen na žádné ze 40 stanic s platným ročním průměrem (Obr. IV.6.1). Nejvyšší roční průměr ($5,3 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) byl naměřen na předměstské požadové stanici Kladno-Vrapice. Oproti roku 2021 ($1,6 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) se jedná o nárůst o 231 %. V roce 2022 byly roční průměrné koncentrace arsenu v ČR nízké a na většině území (98,65 %) se pohybovaly pod dolní mezí pro posuzování ($2,4 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$). Vyšší koncentrace byly zaznamenány na 1,32 % území ČR, a to zejména v Ústeckém a Libereckém kraji, na Kladensku a v aglomeracích Praha a O/K/F-M. Horní mez pro posuzování ($3,6 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) byla překročena pouze na Kladensku (0,03 %; Obr. IV.6.2).

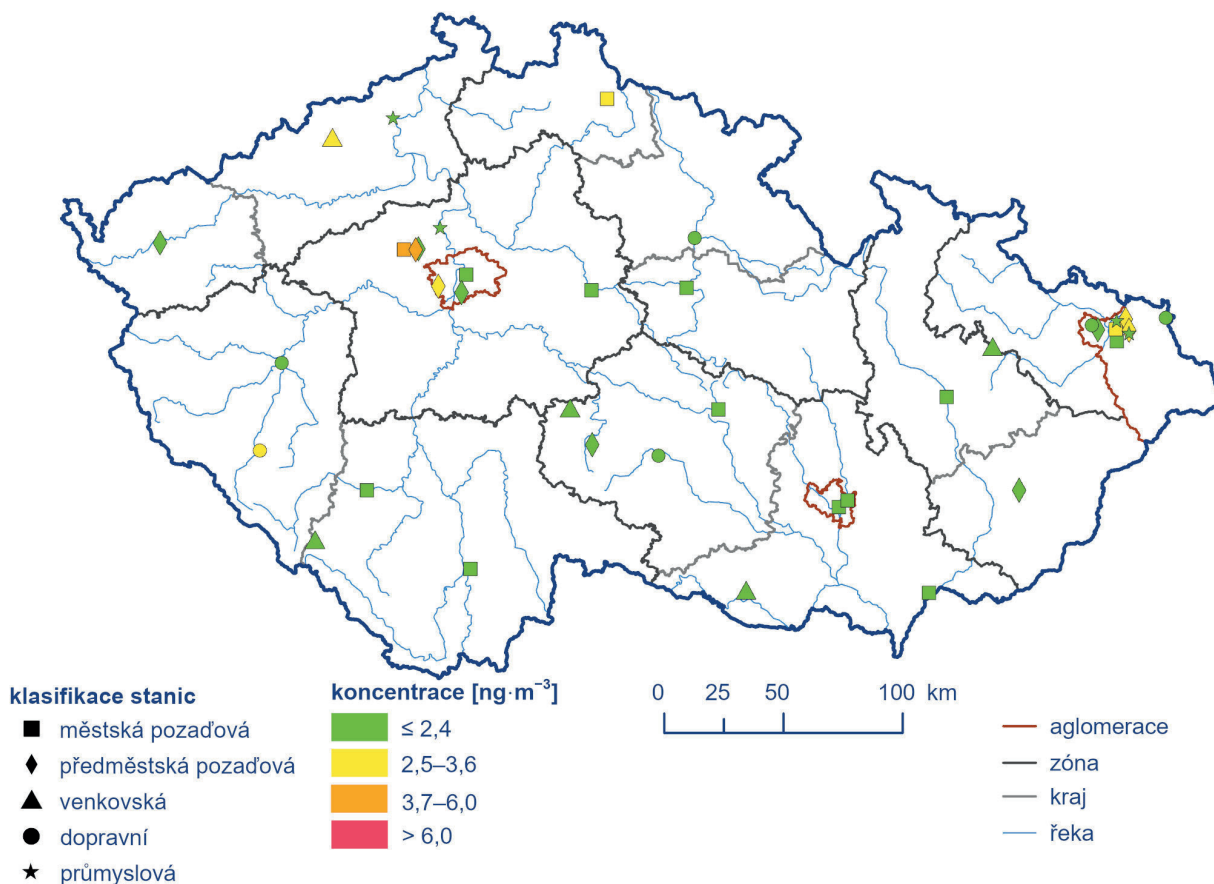
Dlouhodobě jsou koncentrace arsenu na území ČR podlimitní, s výjimkou oblastí Kladna, Prahy a Mostecka (Obr. IV.6.3). V nezaťažených oblastech (99,93 % území ČR) se koncentrace pohybují pod dolní mezí pro posuzování. Z celkového počtu 32 stanic, které

měřily koncentrace arsenu v roce 2021 i 2022, došlo ke zvýšení roční průměrné koncentrace na 30 stanicích (94 %), naopak ke snížení nedošlo na žádné stanici. Koncentrace se nezměnila na dvou stanicích (6 %).

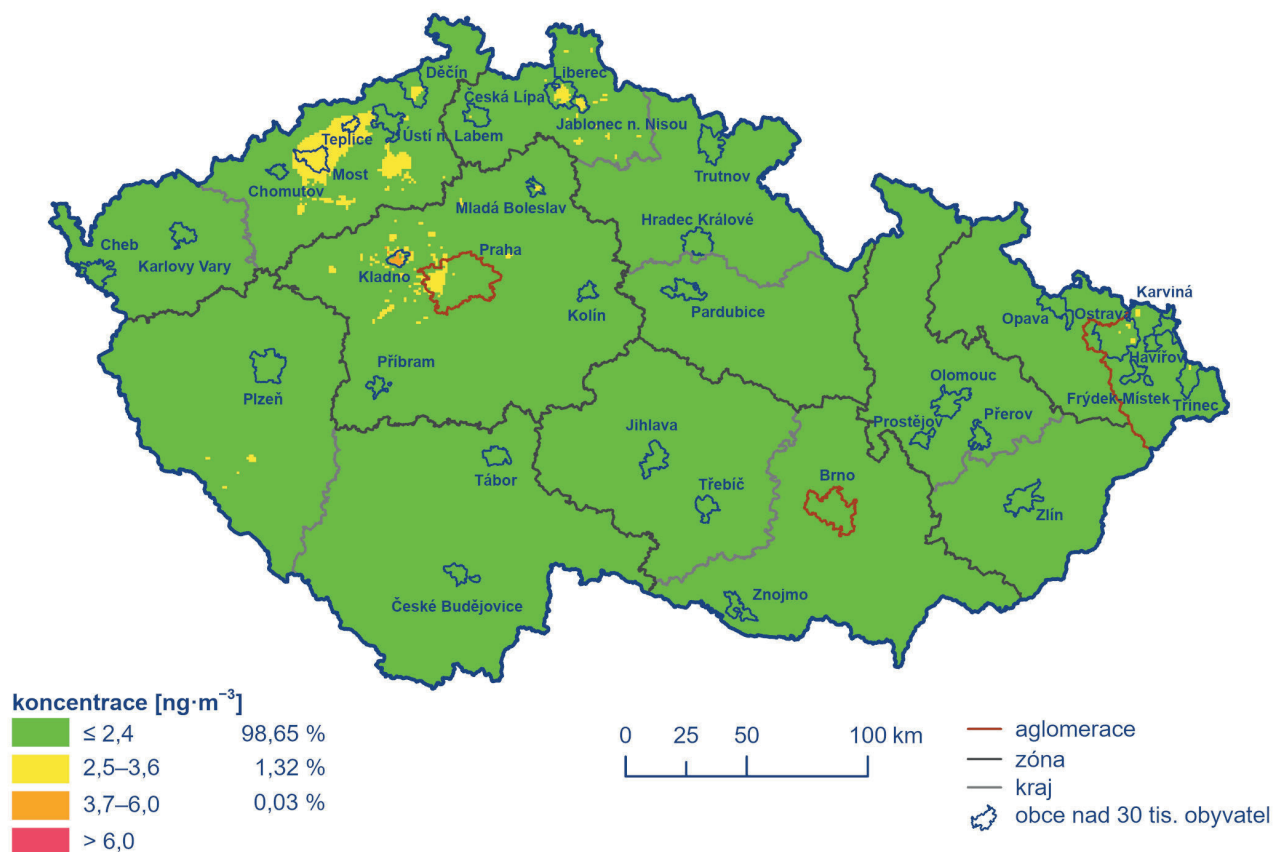
Kadmium

Roční imisní limit kadmia ($5 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) nebyl v roce 2022 překročen na žádné ze 40 stanic s platným ročním průměrem (Obr. IV.6.4). Nejvyšší roční průměr byl naměřen na městské požadové stanici Tanvald-školka ($2,2 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$). Oproti roku 2021 ($1,9 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) se jedná o nárůst o 16 %. V roce 2022 byly roční průměrné koncentrace kadmia v ČR nízké a pohybovaly se pod dolní mezí pro posuzování ($2 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$; Obr. IV.6.5).

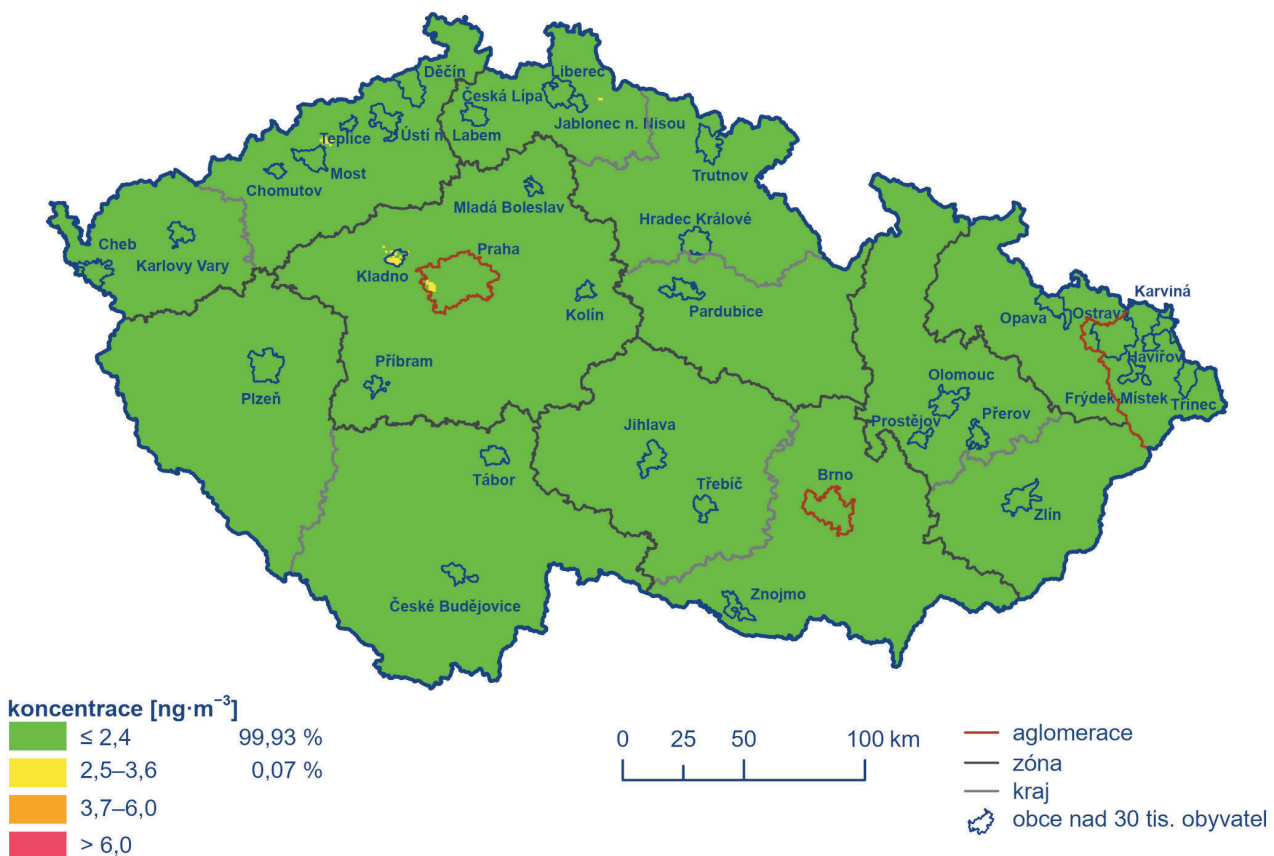
Koncentrace kadmia jsou na území ČR dlouhodobě podlimitní a pohybují se pod dolní mezí pro posuzování ($2 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$; Obr. IV.6.6). Výjimkou je okolí Tanvaldska (0,01 % území ČR) s vysokým zastoupením sklářského průmyslu a koncentrace se zde pohybují nad hodnotou dolní meze pro posuzování. Z celkového počtu 32 stanic, které měřily koncentrace kadmia v roce 2021 i 2022, došlo ke zvýšení roční průměrné koncentrace na šesti stanicích (19 %) a ke snížení na třech stanicích (9 %). Koncentrace se nezměnila na 23 stanicích (72 %).



Obr. IV.6.1 Roční průměrné koncentrace arsenu měřené na stanicích imisního monitoringu, 2022



Obr. IV.6.2 Pole roční průměrné koncentrace arsenu, 2022



Obr. IV.6.3 Pětiletý průměr ročních průměrných koncentrací arsenu, 2018–2022

Nikl

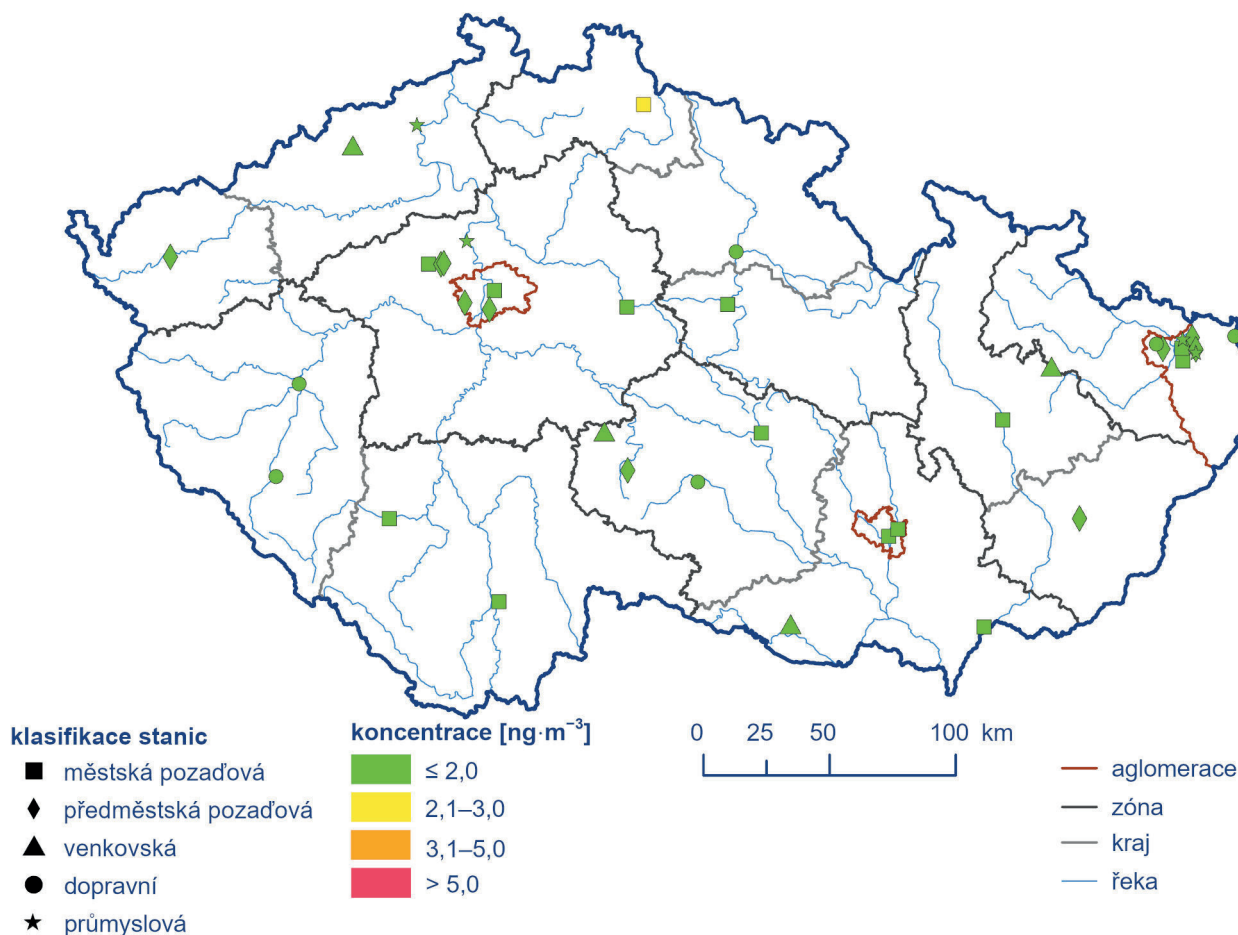
Roční imisní limit niklu ($20 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) nebyl v roce 2022 překročen na žádné ze 40 stanic s platným ročním průměrem. Nejvyšší roční průměr byl naměřen na předměstské pozadové stanici Ostrava-Heřmanice ($6,6 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$). Nejvyšší roční průměr na stanici, pro kterou jsou k dispozici i údaje z roku 2021, byl zaznamenán na městské pozadové stanici Ostrava-Mariánské hory ($4,1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$). Oproti roku 2021 ($3,2 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) se jedná o nárůst koncentrací o 28 %.

Dlouhodobě jsou koncentrace niklu velmi nízké na celém území ČR. Nejvyšší koncentrace jsou opakovaně měřeny v aglomeraci O/K/F-M, ale ani zde nedosahují ani hodnoty dolní meze pro posuzování ($10 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$). Z celkového počtu 32 stanic, které měřily koncentrace niklu v roce 2021 i 2022, došlo ke zvýšení roční průměrné koncentrace na 16 stanicích (50 %), zatímco ke snížení na pěti stanicích (16 %). Koncentrace se nezměnila na 11 stanicích (34 %).

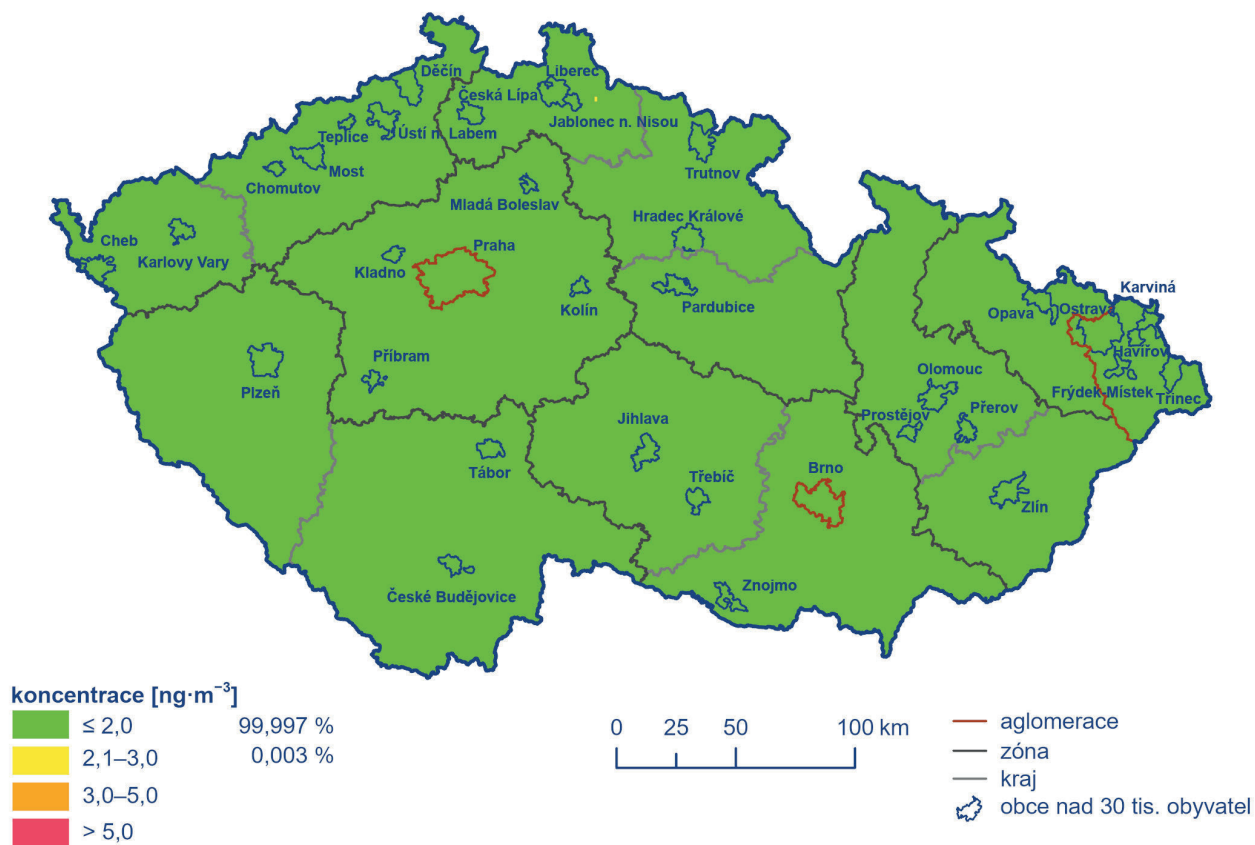
Olovo

Roční imisní limit olova ($500 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) nebyl v roce 2022 překročen na žádné ze 40 stanic s platným ročním průměrem. Nejvyšší roční průměr byl, stejně jako v loňském roce, naměřen na průmyslové stanici Ostrava-Radvanice ZÚ ($58 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$). Oproti roku 2021 ($50 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) se jedná o nárůst o 14 %.

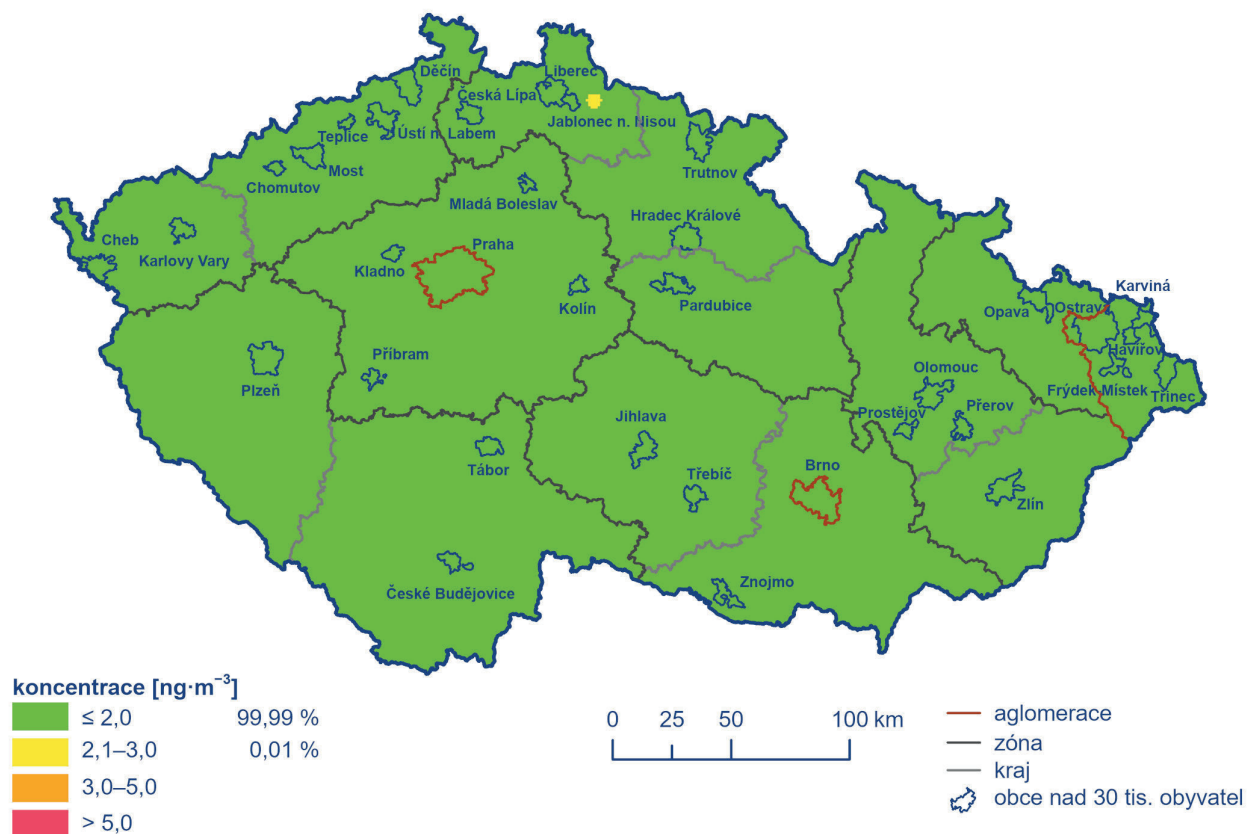
Dlouhodobě jsou koncentrace olova na celém území ČR velmi nízké. Nejvyšší koncentrace jsou opakovaně měřeny v aglomeraci O/K/F-M, ale ani zde nedosahují ani hodnoty dolní meze pro posuzování ($250 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$). Z celkového počtu 32 stanic, které měřily koncentrace olova v roce 2021 i 2022, došlo ke zvýšení roční průměrné koncentrace na 20 stanicích (63 %), zatímco ke snížení na 10 stanicích (31 %). Koncentrace se nezměnila na dvou stanicích (6 %).



Obr. IV.6.4 Roční průměrné koncentrace kadmia měřené na stanicích imisního monitoringu, 2022



Obr. IV.6.5 Pole roční průměrné koncentrace kadmia, 2022

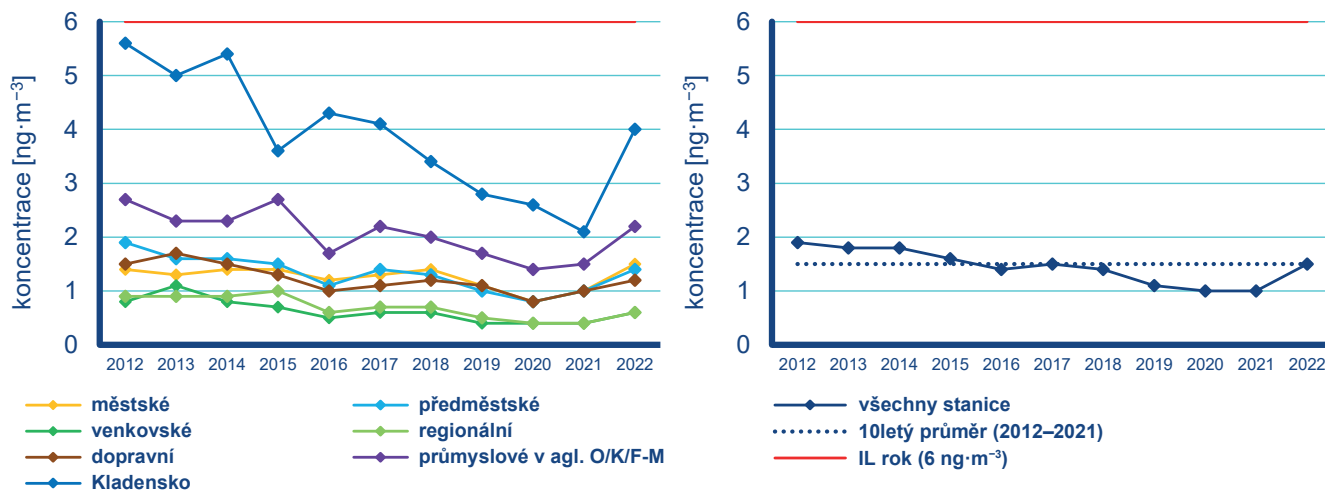


Obr. IV.6.6 Pětiletý průměr ročních průměrných koncentrací kadmia, 2018–2022

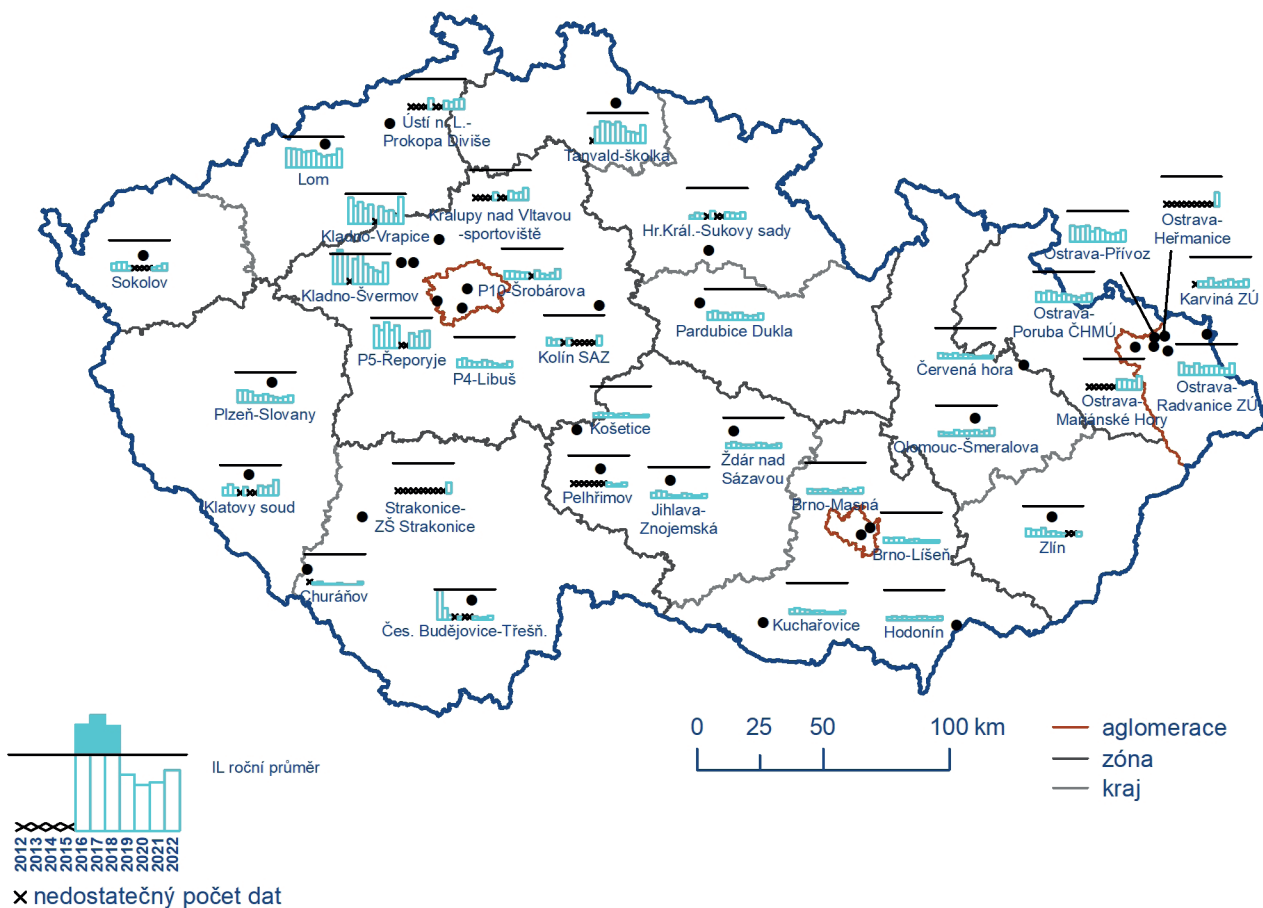
IV.6.2 Vývoj koncentrací těžkých kovů

Celorepublikový průměr koncentrací arsenu vykazuje do roku 2021 velmi pozvolný pokles. V roce 2022 byl zaznamenán opětovný nárůst koncentrací na všech typech stanic (Obr. IV.6.7).

Průměrné roční koncentrace se na všech typech stanic pohybují pod hodnotou imisního limitu, i pod dolní mezí posuzování. Výjimku tvoří oblast Kladensko, která je dlouhodobě nejzatíženější oblastí. Do roku 2014 zde byly zaznamenány vysoké roční koncentrace, blížíící se hodnotě imisního limitu. Od roku 2014 se roční koncentrace pohybují nad hodnotou horní meze posuzování, od roku 2018 pak nepřekračují ani tuto hodnotu. V roce 2022 je však zaznamenán výrazný nárůst koncentrací (Obr. IV.6.8).



Obr. IV.6.7 Roční průměrné koncentrace arsenu, 2012–2022

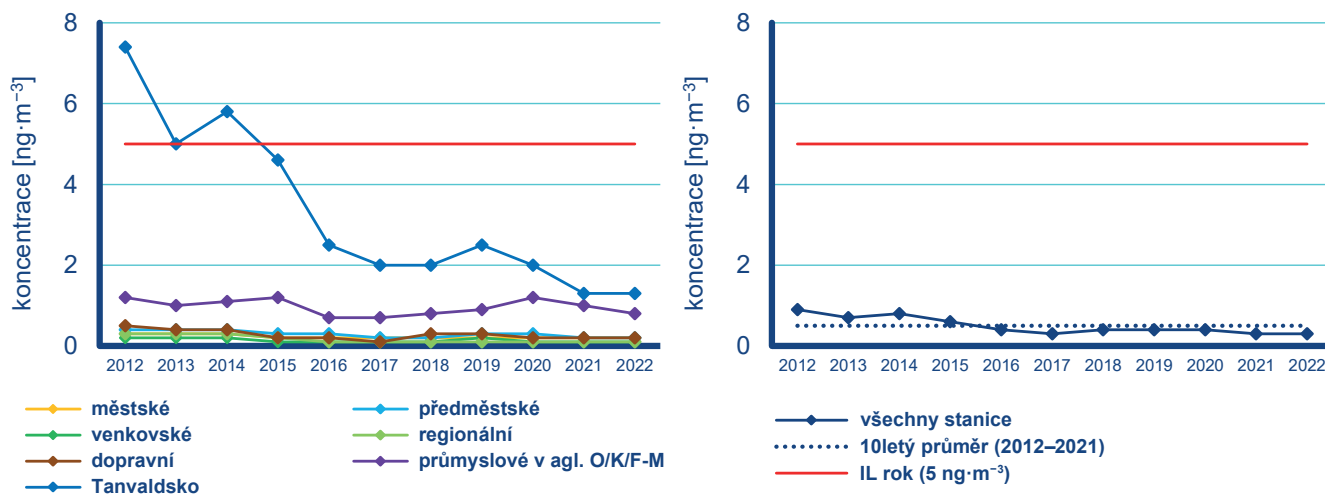


Obr. IV.6.8 Roční průměrné koncentrace arsenu na vybraných stanicích, 2012–2022

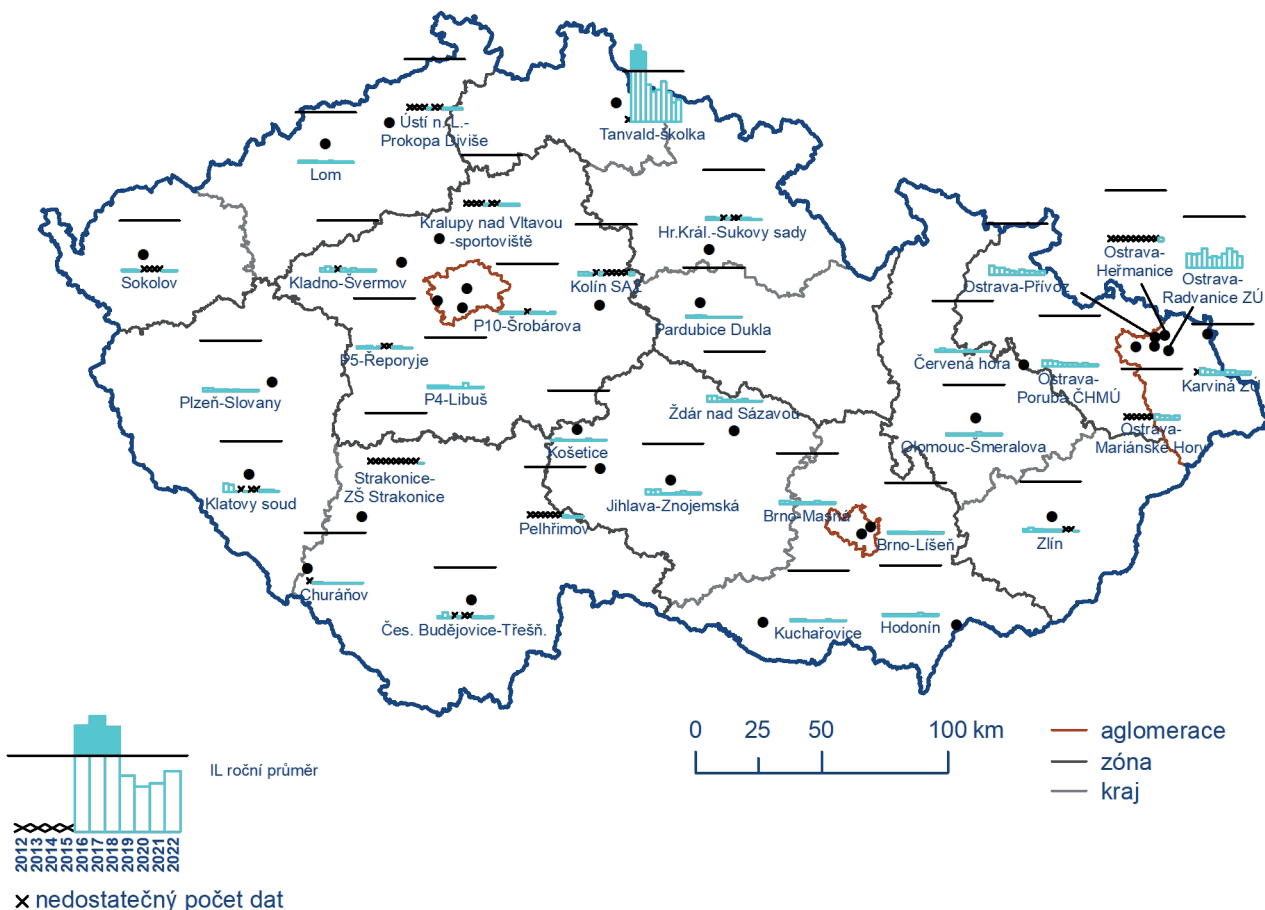
Kladensko je jednou z oblastí, kde probíhalo kampaňové měření koncentrací těžkých kovů v rámci projektu TAČR (č. TITSMZP704). Výsledky ukazují, že zvýšené koncentrace arsenu v tomto regionu jsou způsobeny používáním specifického uhlí pro individuální vytápění domácností. Nárůst průměrných ročních koncentrací nejen na Kladensku je pravděpodobně zapříčiněn vyšším obsahem

arsenu v hnědém uhlí, používanému k vytápění. Problematika je předmětem dalšího zkoumání.

Celorepublikový průměr koncentrací kadmia dosáhl v roce 2022, stejně jako v letech 2017 a 2021, nejnižší hodnoty za hodnocené období 2012–2022. (Obr. IV.6.9). Od roku 2016 se celore-



Obr. IV.6.9 Roční průměrné koncentrace kadmia, 2012–2022

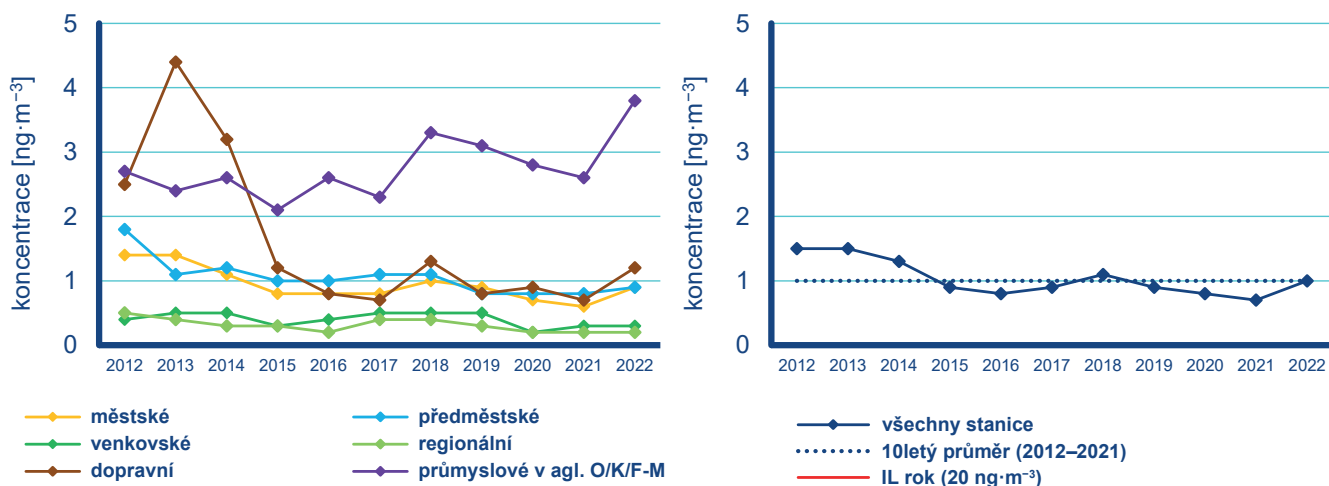


Obr. IV.6.10 Roční průměrné koncentrace kadmia na vybraných stanicích, 2012–2022

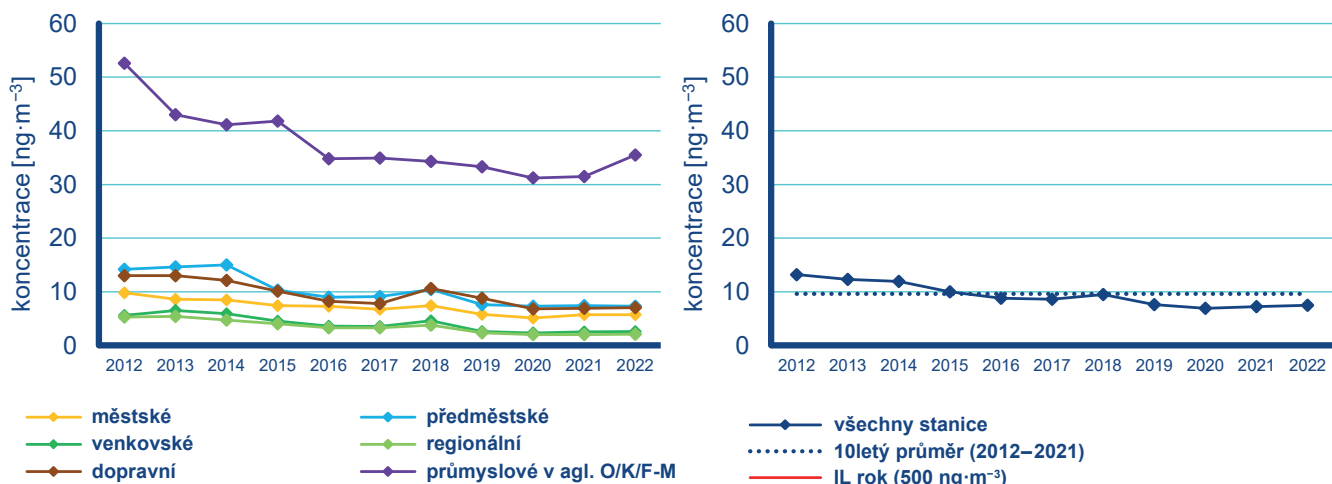
publikový průměr koncentrací pohybuje pod 10letým průměrem 2012–2021. Roční koncentrace na jednotlivých typech stanic se pohybují pod hodnotou imisního limitu, i pod hodnotou dolní meze pro posuzování bez výrazného chodu. Výjimku tvoří Tanvaldsko, které je dlouhodobě nejzatíženější oblastí. V letech 2012 až 2015 zde byly zaznamenány vysoké až nadlimitní koncentrace, nicméně v posledních letech dochází k výraznému poklesu koncentrací (Obr. IV.6.10). Tanvaldsko je charakteristické vysokým zastoupením sklářského průmyslu (ASKPCR 2014), který je významným zdrojem emisí kadmia z používaných barev a tavidel (Beranová 2013). V letech 2015 a 2016 proběhla ekologizace provozu, což vedlo ke snížení ročních průměrných koncentrací kadmia pod hranici imisního limitu. I nadále je však potřeba každoroční vyhodnocení měření na stanici Tanvald-školka a sledování výsledků pro posouzení účinnosti jednotlivých opatření.

Celorepublikový průměr koncentrací niklu dosáhl v roce 2022 sedmé nejnižší hodnoty, vyšší hodnoty se vyskytly v letech 2012–2014 a v roce 2018 (Obr. IV.6.11). Od roku 2015 se celorepublikový průměr koncentrací pohybuje pod 10letým průměrem 2012–2021, s výjimkou právě roku 2018. V roce 2022 je koncentrace rovna 10letému průměru. Na dopravních stanicích došlo v roce 2013 k výraznému nárůstu koncentrací, k méně výraznému pak v letech 2018 a 2022. Na průmyslových stanicích byla v roce 2022 zaznamenána nejvyšší koncentrace od roku 2012. Příčina jednotlivých nárůstů koncentrací není zatím dostatečně objasněna.

Koncentrace olova vykazují v posledních 11 letech klesající vývoj s výjimkou roku 2018, kdy došlo k mírnému navýšení koncentrací na všech typech stanic (Obr. IV.6.12). V roce 2022 byl zaznamenán mírný nárůst koncentrací na průmyslových stanicích.



Obr. IV.6.11 Roční průměrné koncentrace niklu, 2012–2022



Obr. IV.6.12 Roční průměrné koncentrace olova, 2012–2022

IV.6.3 Emise těžkých kovů

Do skupiny těžkých kovů jsou řazeny kovy se specifickou měrnou hmotností větší než $4,5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ a jejich sloučeniny. Těžké kovy jsou přirozenou součástí fosilních paliv a jejich obsah v palivu se liší podle lokality těžby. Množství emisí těžkých kovů při spalování fosilních paliv závisí především na druhu paliva, typu spalovacího zařízení a na teplotě spalování, která ovlivňuje těkavost těžkých kovů. Emise těžkých kovů vznikají i při některých technologických procesech, protože je obsahují vstupní suroviny (např. železná ruda, kovový šrot, sklářský kmen, barviva, skleněné střepy). Vedle uvedených procesů existuje i řada zdrojů fugitivních emisí obsahujících těžké kovy (např. částice z otěrů brzd a pneumatik nebo obtížně odhadnutelné emise související se starými ekologickými zátěžemi po těžební a hutnické činnosti).

Spalovací procesy mají převažující význam především u emisí arsenu a niklu. Mezi nejvýznamnější sektory v celorepublikovém měřítku patří 1A1a – Veřejná energetika a výroba tepla, jejíž podíl v roce 2021 na emisích niklu činil 38,7 % a na emisích arsenu 24 % (Obr. IV.6.17 a IV.6.13). Vliv sektoru 1A4bi – Lokální vytápění domácností převažoval u emisí kadmia s podílem 52,1 % (Obr. IV.6.14) a významně se projevoval i u emisí arsenu 30,7 % (Obr. IV.6.13). Podíl sektoru – Výroba železa a oceli (2C1) byl významný v roce 2021 především u emisí olova 24,2 % (Obr. IV.6.18) a také kadmia 9,4 % (Obr. IV.6.14). Významný podíl na celkových emisích olova tvořily emise z odpalování ohňostrojů a pyrotechniky 15,9 % (Obr. IV.6.18), které se řadí do sektoru 2G – Ostatní zdroje. Na emisích kadmia se sektor 2G podílel 8,3 % (Obr. IV.6.14), kde hlavním zdrojem emisí byl tabákový kouř.

Klesající trend emisí těžkých kovů v období 2015–2021 souvisí s vývojem emisí suspendovaných částic (kap. IV.1.3), na které jsou tyto látky vázány (Obr. IV.6.15, IV.6.16, IV.6.19 a IV.6.20). K poklesu emisí těžkých kovů významně přispěla opatření v sektoru výroby železa a oceli, zejména zlepšení systému odprášení spékacích pásů aglomerace železných rud. Technickými opatřeními se rovněž podařilo snížit emise těžkých kovů při výrobě skla. V posledních letech dochází k nárůstu objemu sekundární výroby neželezných kovů, zejména hliníku a olova, i když se tento nárůst např. u výroby hliníku v letech 2020–2021 pravděpodobně v důsledku pandemie COVID19 zastavil. Emise těžkých kovů z těchto zdrojů jsou velice proměnlivé v závislosti na kvalitě zpracovávaného kovového odpadu.

Vzhledem k převažujícímu podílu sektoru Veřejné energetiky a výroby tepla a sektoru Výroby železa a oceli je i územní rozložení emisí těžkých kovů (bez zahrnutí emisí ze sektoru 2G – Ostatní zdroje) dané především rozmístěním podniků spadajících do těchto sektorů. Emise arsenu a niklu jsou soustředěny v oblastech, ve kterých se nacházejí tepelné elektrárny a teplárny spalující uhlí. Jedná se především o podniky v Ústeckém, Středočeském a Pardubickém kraji. Emise kadmia a olova územně převažují v aglomeraci O/K/F-M vlivem koncentrace podniků na výrobu železa a oceli. Ve Středočeském kraji je významné množství emisí olova do ovzduší vnášeno ze sekundární výroby olova v Kovohutích Příbram (Obr. IV.6.21, IV.6. 22, IV.6.23 a IV.6.24).

■ 1A1a – Veřejná energetika a výroba tepla

■ 1A2c – Spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví: Chemický průmysl

■ 1A2f – Spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví: Minerální nekovové produkty

■ 1A3aii(i) – Vnitrostátní civilní letectví

■ 1A3bvi – Silniční doprava: Otěry pneumatik a brzd

■ 1A4ai – Služby, instituce: Spalovací stacionární zdroje

■ 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření

■ 2A3 – Výroba skla

■ 2C1 – Výroba železa a oceli

■ 2C5 – Výroba olova

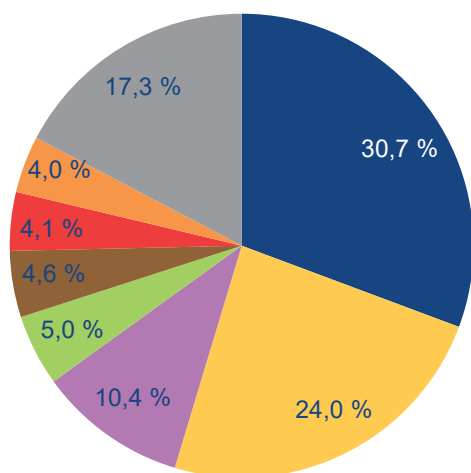
■ 2C6 – Výroba zinku

■ 2G – Ostatní zdroje

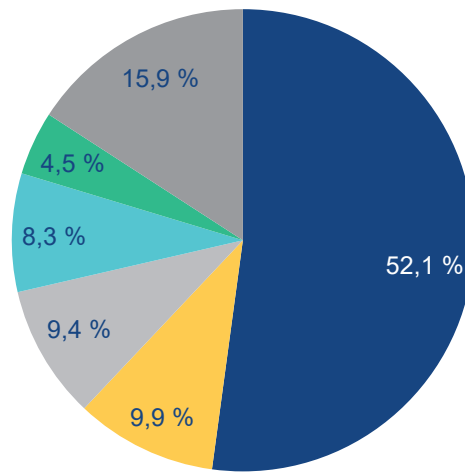
■ 5C2 – Spalování rostlinného materiálu

■ Ostatní

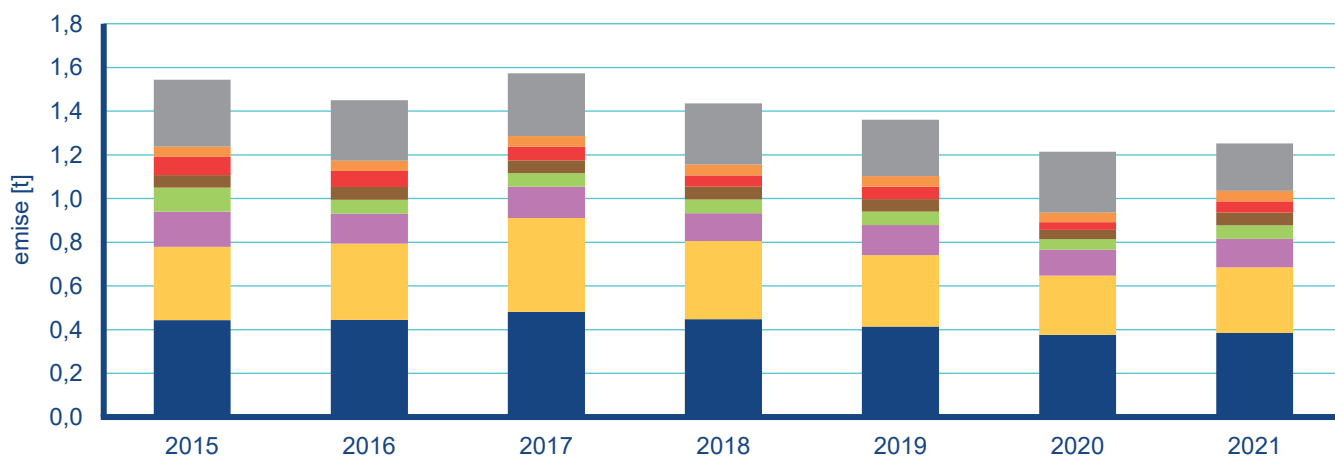
Legenda k obrázkům IV.6.13 až IV.6.20



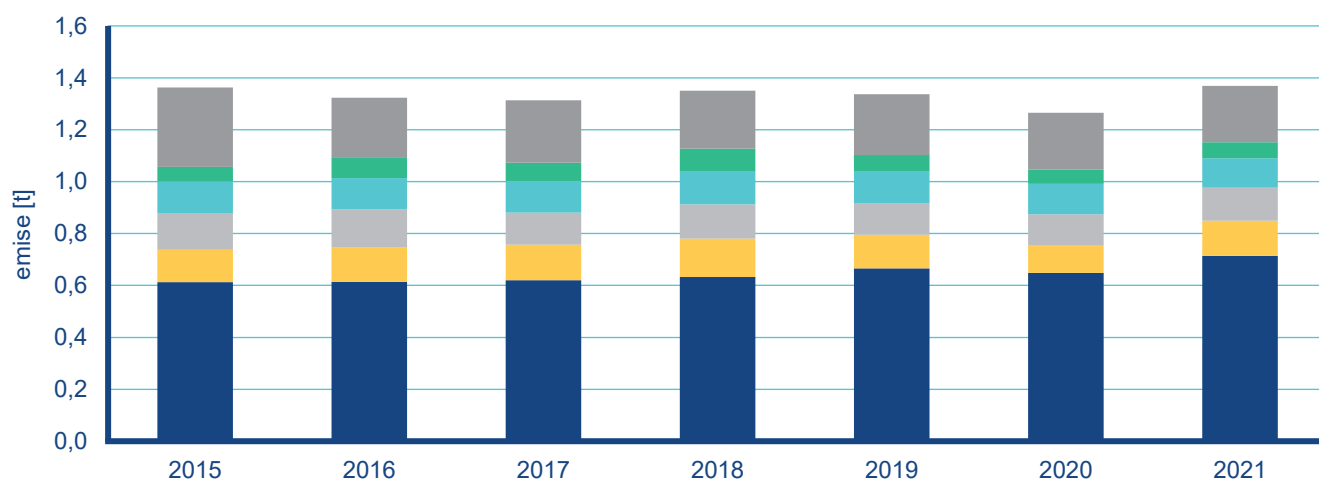
Obr. IV.6.13 Podíl sektorů NFR na celkových emisích arsenu, 2021



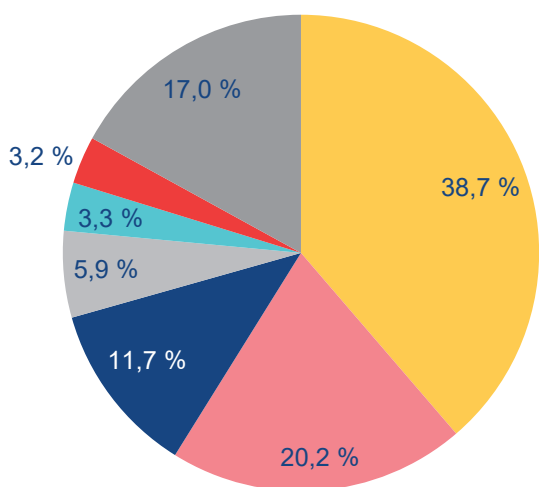
Obr. IV.6.14 Podíl sektorů NFR na celkových emisích kadmia, 2021



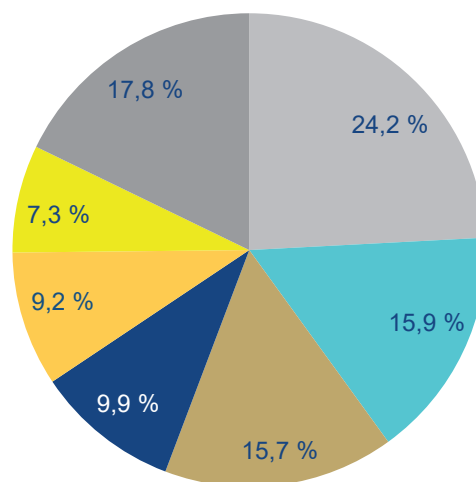
Obr. IV.6.15 Celkové emise arsenu, 2015–2021



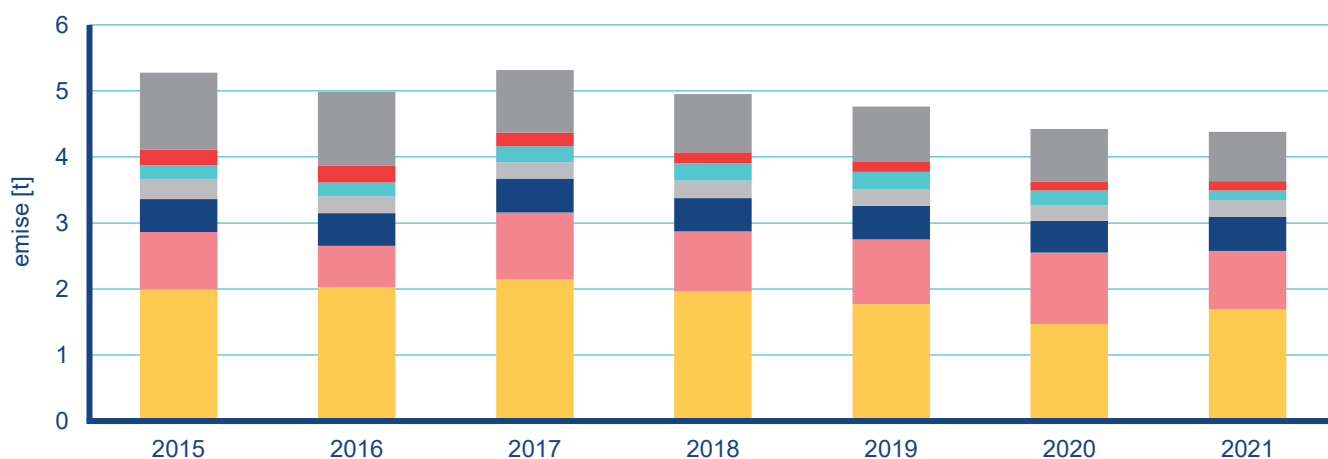
Obr. IV.6.16 Celkové emise kadmia, 2015–2021



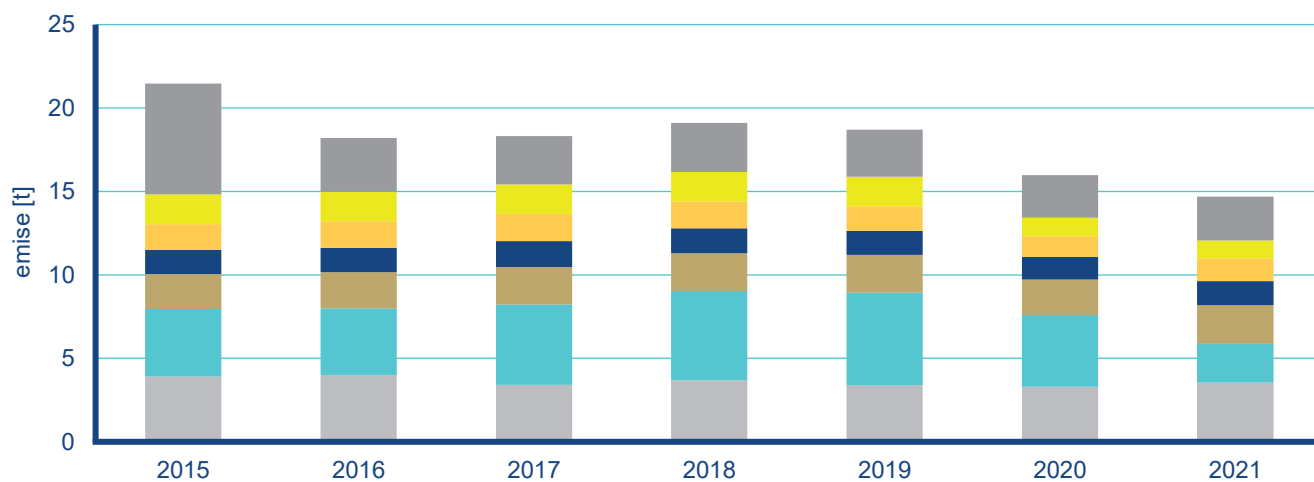
Obr. IV.6.17 Podíl sektorů NFR na celkových emisích niklu, 2021



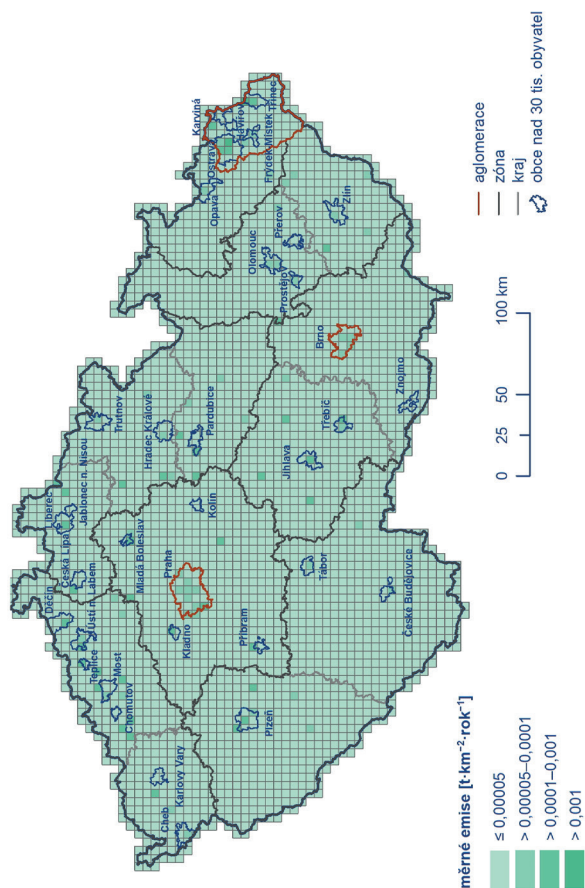
Obr. IV.6.18 Podíl sektorů NFR na celkových emisích olova, 2021



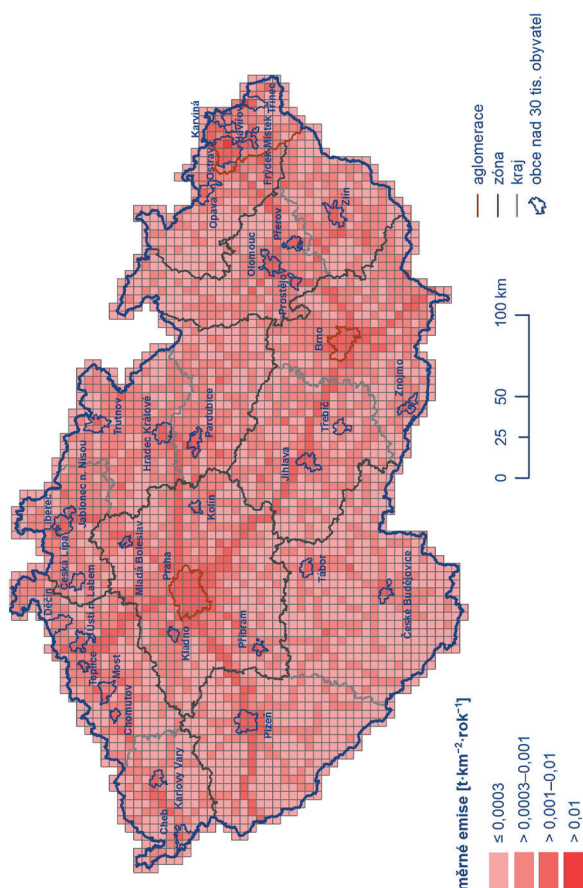
Obr. IV.6.19 Celkové emise niklu, 2015–2021



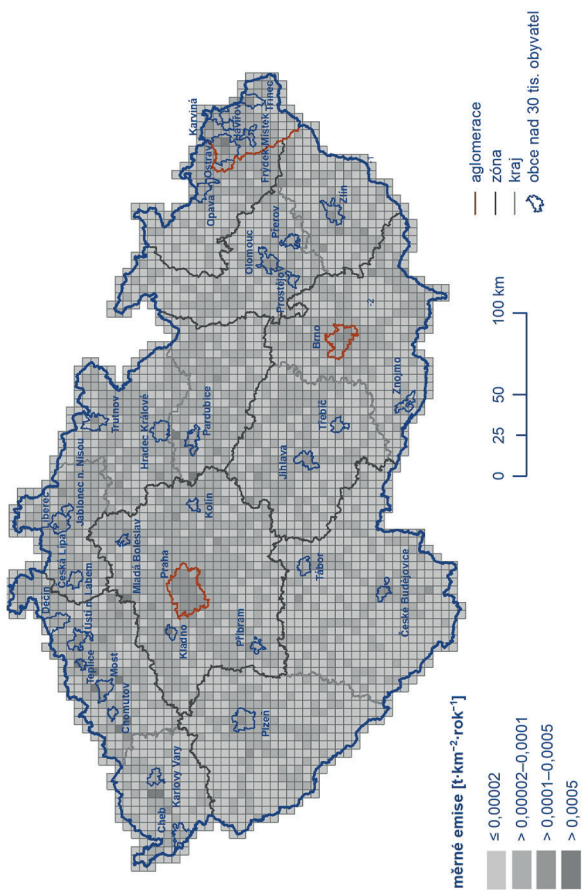
Obr. IV.6.20 Celkové emise olova, 2015–2021



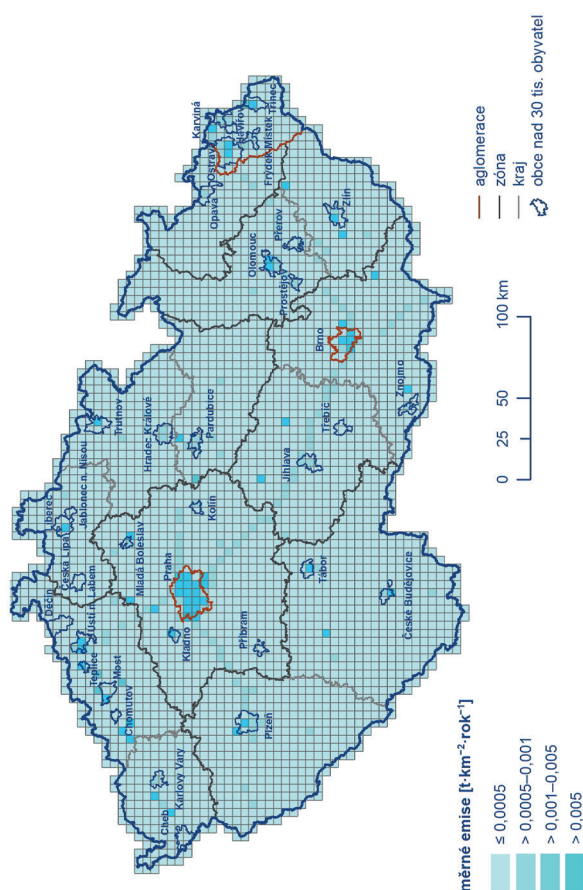
Obr. IV.6.22 Celkové emise kadmia v rozlišení 5 x 5 km, 2021



Obr. IV.6.24 Celkové emise olova v rozlišení 5 x 5 km, 2021



Obr. IV.6.21 Celkové emise arsenu v rozlišení 5 x 5 km, 2021



Obr. IV.6.23 Celkové emise niklu v rozlišení 5 x 5 km, 2021

IV.7 Oxid siřičitý

IV.7.1 Znečištění ovzduší oxidem siřičitým v roce 2022

Znečištění ovzduší oxidem siřičitým vzhledem k imisním limitům pro ochranu zdraví

V roce 2022 nebyl v ČR překročen hodinový ani 24hodinový imisní limit pro oxid siřičitý (SO_2) na žádné měřicí stanici, takže oba imisní limity byly splněny.

Pouze na stanici Nová Víska u Domašína v Ústeckém kraji byla naměřena dne 7. 9. 2022 jedna hodinová koncentrace SO_2 ($420 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) přesahující hodnotu imisního limitu $350 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, přičemž povolený počet překročení je 24. Další nejvyšší hodinové koncentrace SO_2 byly naměřeny na stanicích Měděnec ($313 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a Lom ($280 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

25. nejvyšší hodinová koncentrace SO_2 dosahovala nejvyšších hodnot na stanicích Ostrava-Radvanice ZÚ ($122 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Český Těšín ($97 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Lom ($88 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Karviná ($71 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Sokolov

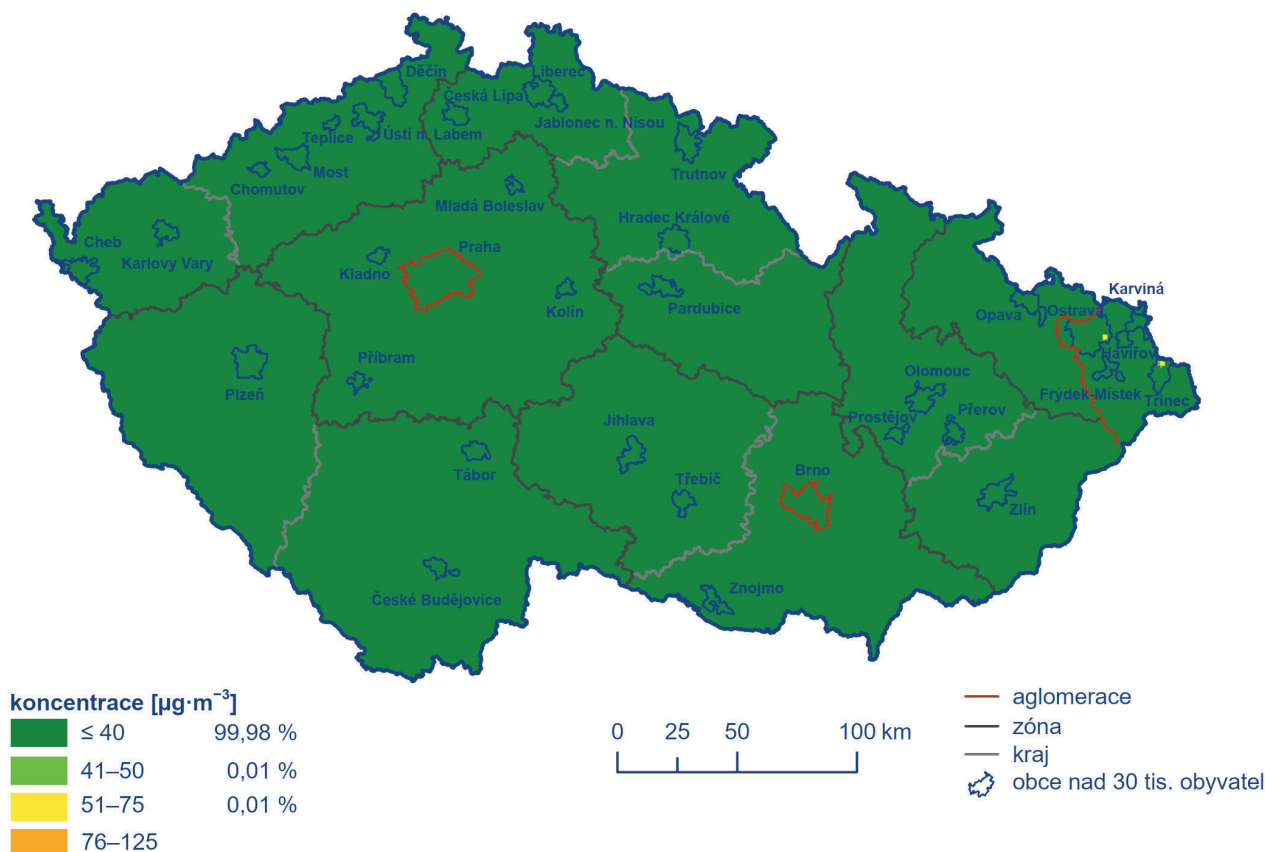
($69 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Most ($62 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Ostrava-Radvanice OZO ($62 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a Krupka ($51 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Čtvrtá nejvyšší 24hodinová koncentrace SO_2 dosáhla nejvyšších hodnot téměř na stejných stanicích – Ostrava-Radvanice ZÚ ($66 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Lom ($31 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Český Těšín ($30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Ostrava-Hrabůvka ($28 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Ostrava-Radvanice OZO ($26 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a Most ($25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

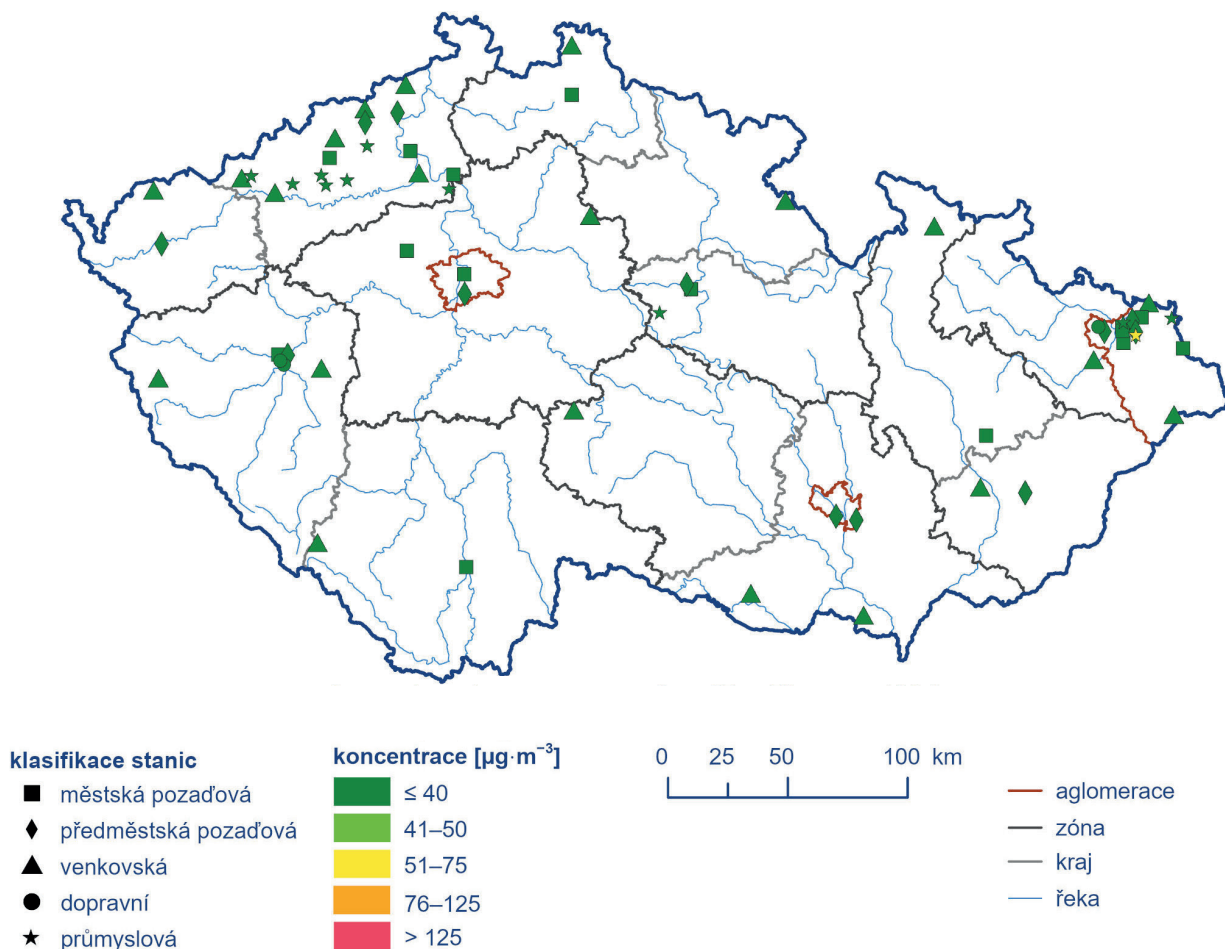
Na stanicích Nová Víska u Domašína, Měděnec a Lom lze předpokládat převážně vliv průmyslových zdrojů, u stanice Lom nelze při určitém směru větru vyloučit vliv lokálního vytápění z okolních obcí. Na stanicích Ostrava-Radvanice ZÚ a Ostrava-Radvanice OZO se zvýšené koncentrace SO_2 vyskytují zejména v souvislosti s lokálními zdroji emisí v okolí stanic. V případě stanice Český Těšín i další příhraniční stanice – Věřňovice, jde o emise SO_2 z lokálních zdrojů v česko-polském příhraničí.

Na 99,99 % plochy ČR byly 4. nejvyšší 24hodinové koncentrace SO_2 pod dolní mezí pro posuzování ($50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Pouze na 0,01 % území byla dolní mez pro posuzování překročena. Týká se to pouze měst Ostravy a Třince (Obr. IV.7.1).

Bodovými značkami jsou na stanicích znázorněny 4. nejvyšší 24hodinové koncentrace SO_2 měřené na stanicích imisního monitoringu (Obr. IV.7.2).



Obr. IV.7.1 Pole 4. nejvyšší 24hod. koncentrace SO_2 , 2022

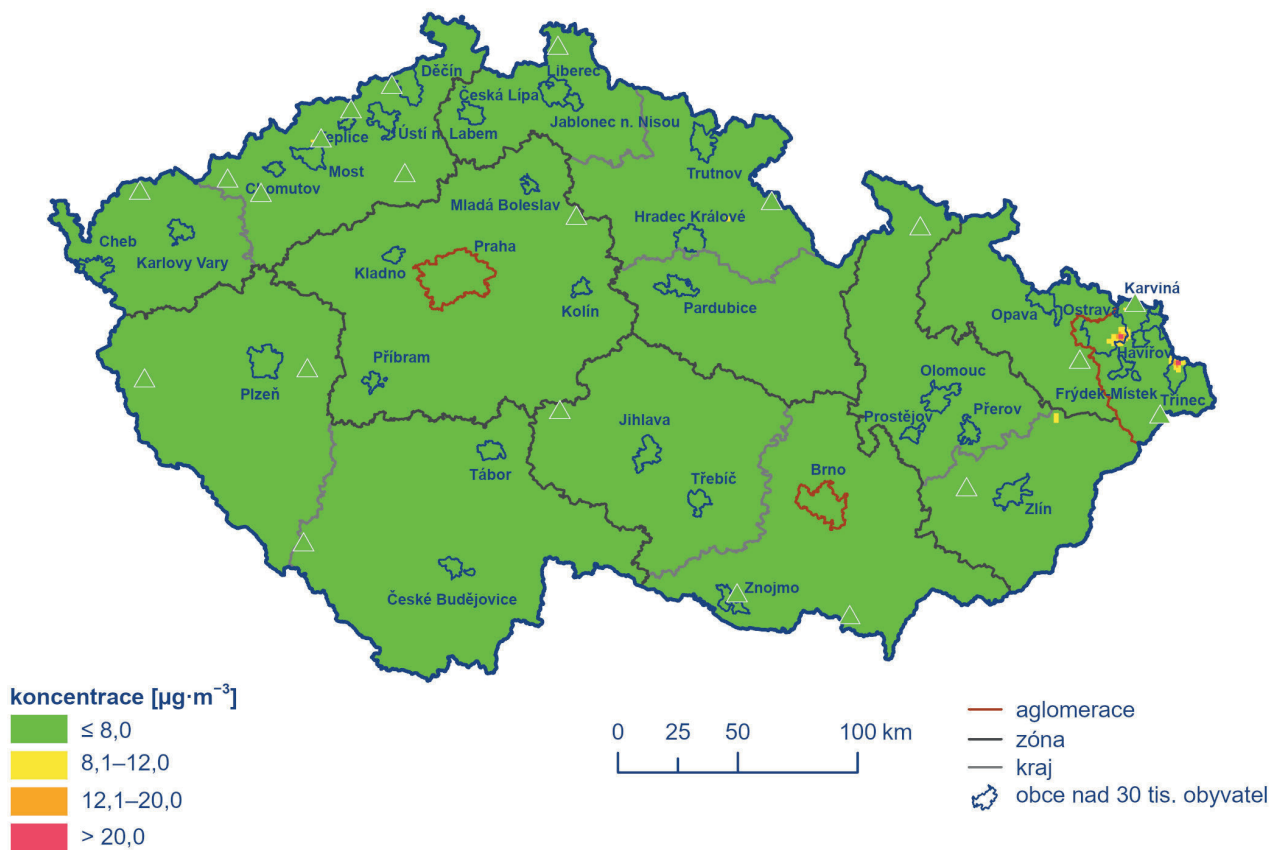
Obr. IV.7.2 4. nejvyšší 24hod. koncentrace SO_2 měřené na stanicích imisního monitoringu, 2022

Znečištění ovzduší oxidem siřičitým v roce 2022 vzhledem k imisním limitům pro ochranu ekosystémů a vegetace

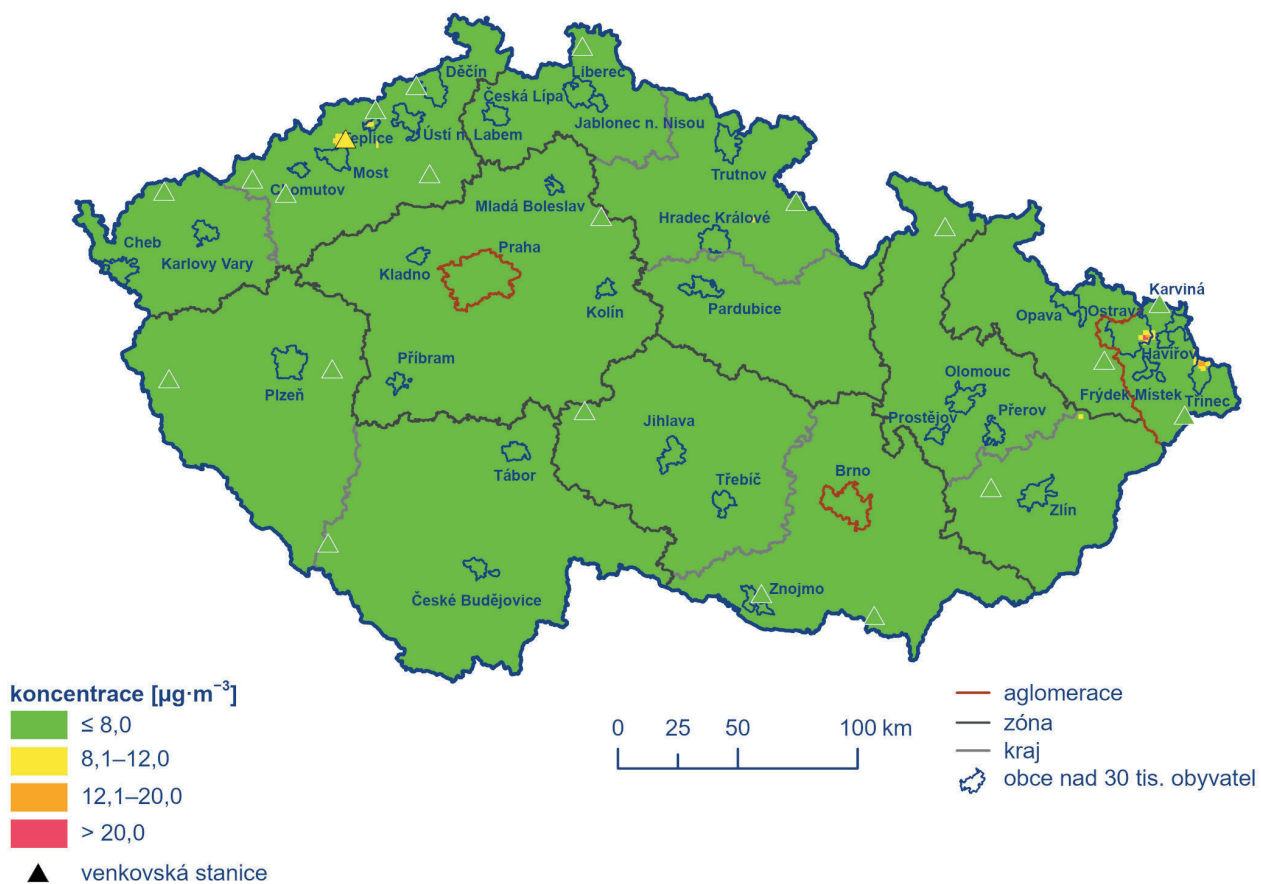
Na venkovských lokalitách nebyl v roce 2022 překročen imisní limit pro roční ani zimní průměrnou koncentraci. Nejvyšší zimní průměrná koncentrace 2022/2023 byla zaznamenána na stanicích Lom ($8,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Krupka ($7,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Sněžník ($5,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Věřňovice ($5,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Studénka ($4,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Rožďalovice-Ruská ($4,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Těšnovice ($3,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a Měděnec ($3,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Roční průměrná koncentrace dosáhla maxima na téměř stejných stanicích – Krupka ($5,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Lom ($5,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Věřňovice ($5,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Studénka ($4,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Měděnec ($3,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Sněžník ($3,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Rožďalovice-Ruská ($3,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a Doksany ($3,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Na venkovském území ČR nedošlo v roce 2022 k překročení horní meze pro posuzování ($12 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) jak u roční průměrné koncentrace SO_2 , tak ani v případě průměrné koncentrace za zimní období 2022/2023. K překročení této horní meze pro posuzování roční i zimní průměrné koncentrace SO_2 došlo pouze ve městech Ostrava a Třinec, kde také došlo v obou uvedených imisních charakteristikách k překročení imisního limitu $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Obr. IV.7.3 a IV.7.4). Toto překročení vychází při konstrukci mapy z modelového výpočtu.

Pro konstrukci obou map (Obr. IV.7.3 a IV.7.4) byly použity všechny pozad'ové stanice měřící SO_2 s přihlédnutím k jejich klasifikaci. Bodovými značkami jsou v mapách vyznačeny jen stanice venkovské, jelikož pouze na těchto lokalitách se hodnotí zimní a roční průměrné koncentrace SO_2 vzhledem k imisnímu limitu pro ochranu ekosystémů a vegetace.



Obr. IV.7.3 Pole roční průměrné koncentrace SO_2 , 2022



Obr. IV.7.4 Pole průměrné koncentrace SO_2 v zimním období 2022/2023

IV.7.2 Vývoj koncentrací oxidu siřičitého

K výraznému snížení imisních koncentrací SO_2 došlo po roce 1998 v souvislosti s nabytím účinnosti zákona č. 309/1991 Sb. a splněním předepsaných emisních limitů.

V období 2012–2022 je do roku 2016 zřetelný téměř na všech stanicích další klesající průběh (Obr. IV.7.5). V roce 2017 byl pokles přerušen a v roce 2018 opět obnoven na většině lokalit. V letech 2019–2022 pokračoval mírný pokles imisních charakteristik SO_2 . Tento pokles je patrný u většiny stanic jak u 4. nejvyšší 24hodinové, tak u 25. nejvyšší hodinové koncentrace SO_2 . Naopak vzestup je zřetelný v roce 2020 na stanici Lom a v roce 2022 na stanici Sokolov a Nová Víska u Domašína (Obr. IV.7.5). Jak již bylo uvedeno, na stanicích Nová Víska u Domašína a Lom lze předpokládat převážně vliv průmyslových zdrojů, totéž platí i pro stanici Sokolov.

V případě hodnocení vývoje hodinových a 24hodinových koncentrací SO_2 na jednotlivých typech stanic ČR dle klasifikace (Tab. IV.2), došlo v roce a 2018 k výraznému vzestupu koncentrací této látky

v obou charakteristikách na průmyslových stanicích v aglomeraci Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek (Obr. IV.7.6 a IV.7.7)¹. Tento vzestup ovlivnily koncentrace naměřené na stanicích v Ostravě, vznikající při sanačních pracích na odpadních lagunách bývalého podniku OSTRAMO. V roce 2019 již vzestup nepokračoval, došlo naopak ke snížení koncentrací SO_2 , které se v roce 2021 projevilo téměř u všech typů stanic i celkově v průměru na všech stanicích (Obr. IV.7.6 a IV.7.7). V roce 2022 byl pokles patrný u venkovských a regionálních stanic, naopak mírný vzestup koncentrací SO_2 byl zřetelný na dopravních stanicích (Obr. IV.7.6 a IV.7.7).

V ročním a zimním průměru byl zřetelný pokles koncentrací SO_2 od roku 2017 do roku 2021 (Obr. IV.7.8). Tento pokles je viditelný jak u všech venkovských lokalit, tak i u kategorie regionálních lokalit. V roce 2022 pokles pokračoval pouze u venkovských lokalit. 11letý roční i zimní průměr (2012–2022) má vyrovnaný chod, zimní průměr je v o něco vyšší hladině (Obr. IV.7.8).

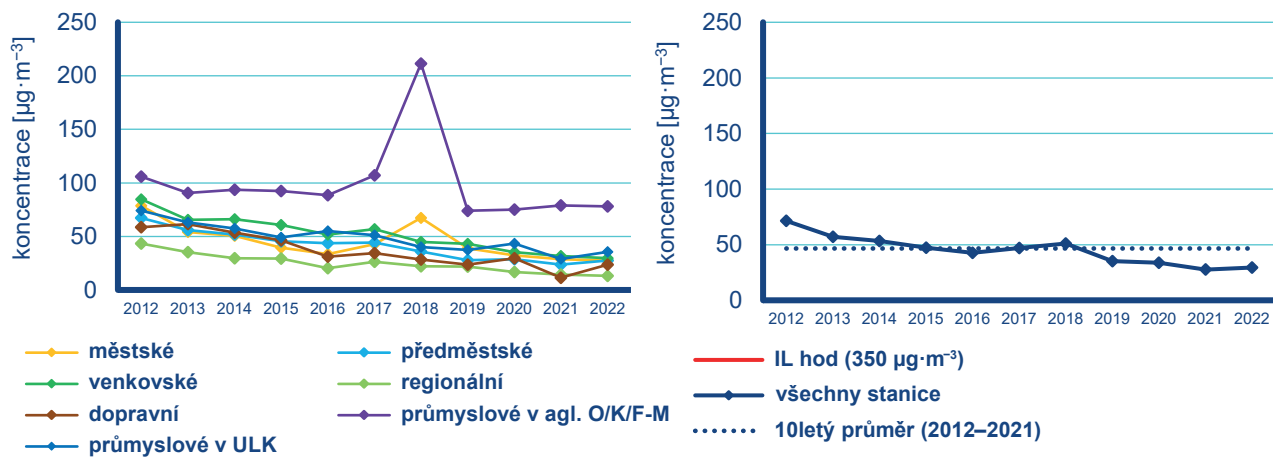
Celkový klesající průběh koncentrací SO_2 je způsoben poklesem emisí v důsledku odsíření uhelných elektráren a změnou používaných paliv (viz vývoj emisí v kap. II). Vliv na meziroční kolísání koncentrací této látky mají rovněž v jednotlivých letech odlišné meteorologické a rozptylové podmínky.



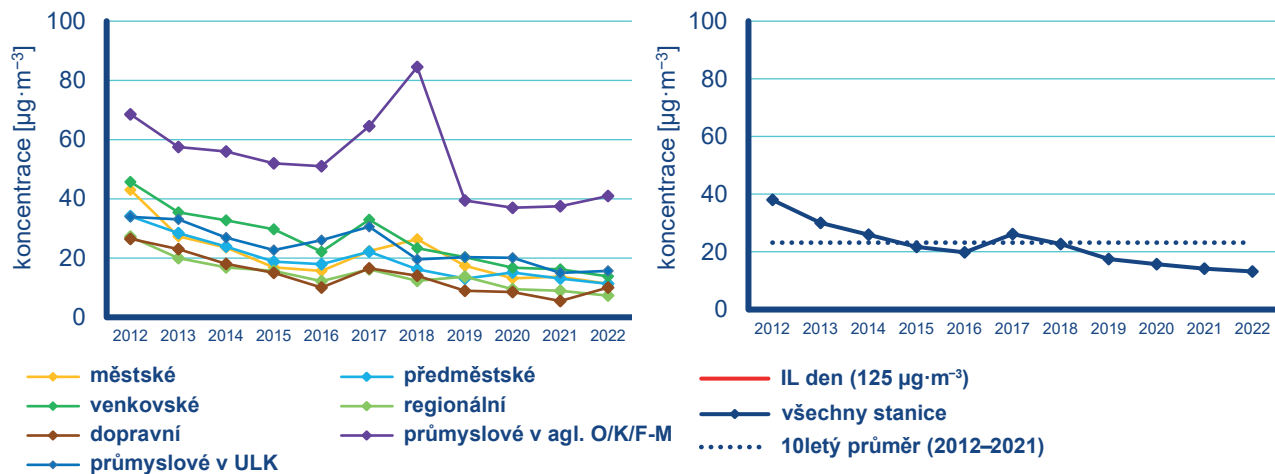
× nedostatečný počet dat

Obr. IV.7.5 4. nejvyšší 24hod. koncentrace a 25. nejvyšší hodinová koncentrace SO_2 na vybraných stanicích, 2012–2022

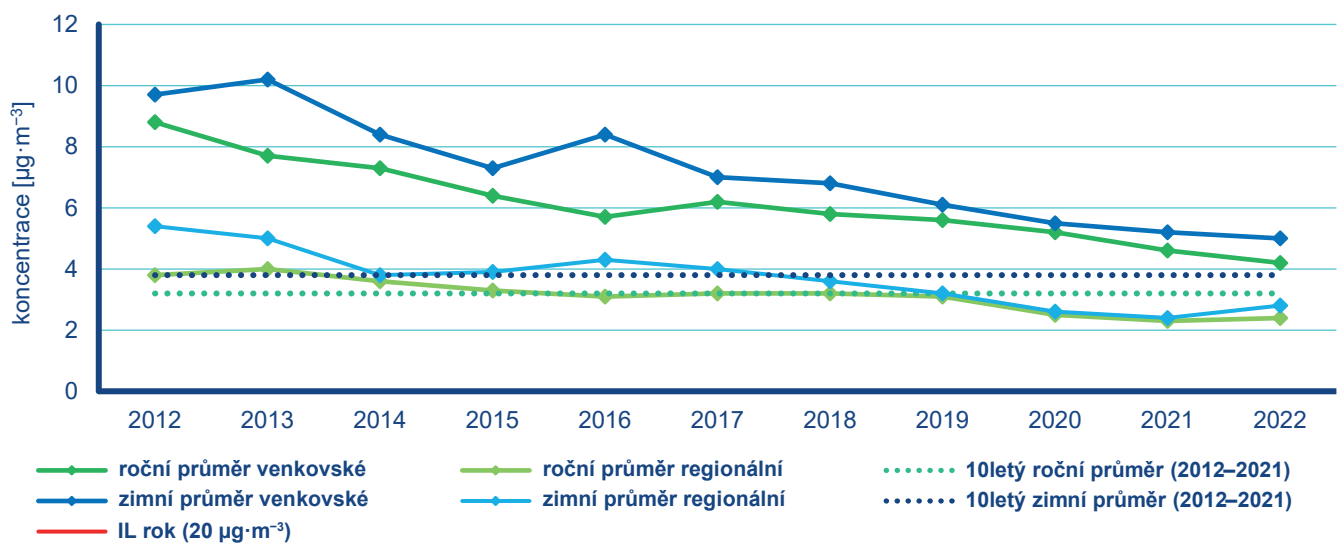
1 U typů stanic průmyslových byly rozlišeny průmyslové stanice v aglomeraci O/K/F-M od průmyslových stanic v Ústeckém kraji (ULK), které provozuje ČEZ a.s., a jsou umístěny na okraji malých obcí a v místech mimo osídlení. Zejména stanice v Ostravě bývají průmyslem značně ovlivněny, zatímco stanice v Ústeckém kraji vystihují spíše průmyslové pozadí oblasti Podkrusnohoří.



Obr. IV.7.6 25. nejvyšší 1hod. koncentrace SO_2 na jednotlivých typech stanic, 2012–2022



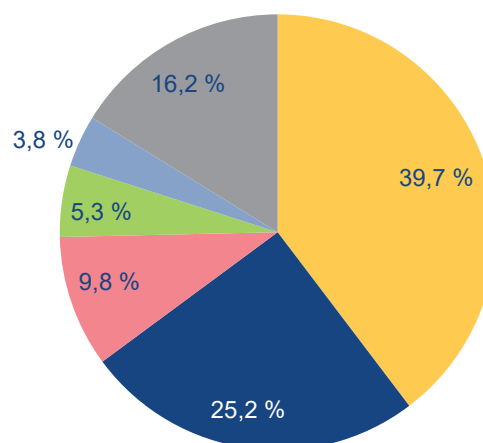
Obr. IV.7.7 4. nejvyšší 24hod. koncentrace SO_2 na jednotlivých typech stanic, 2012–2022



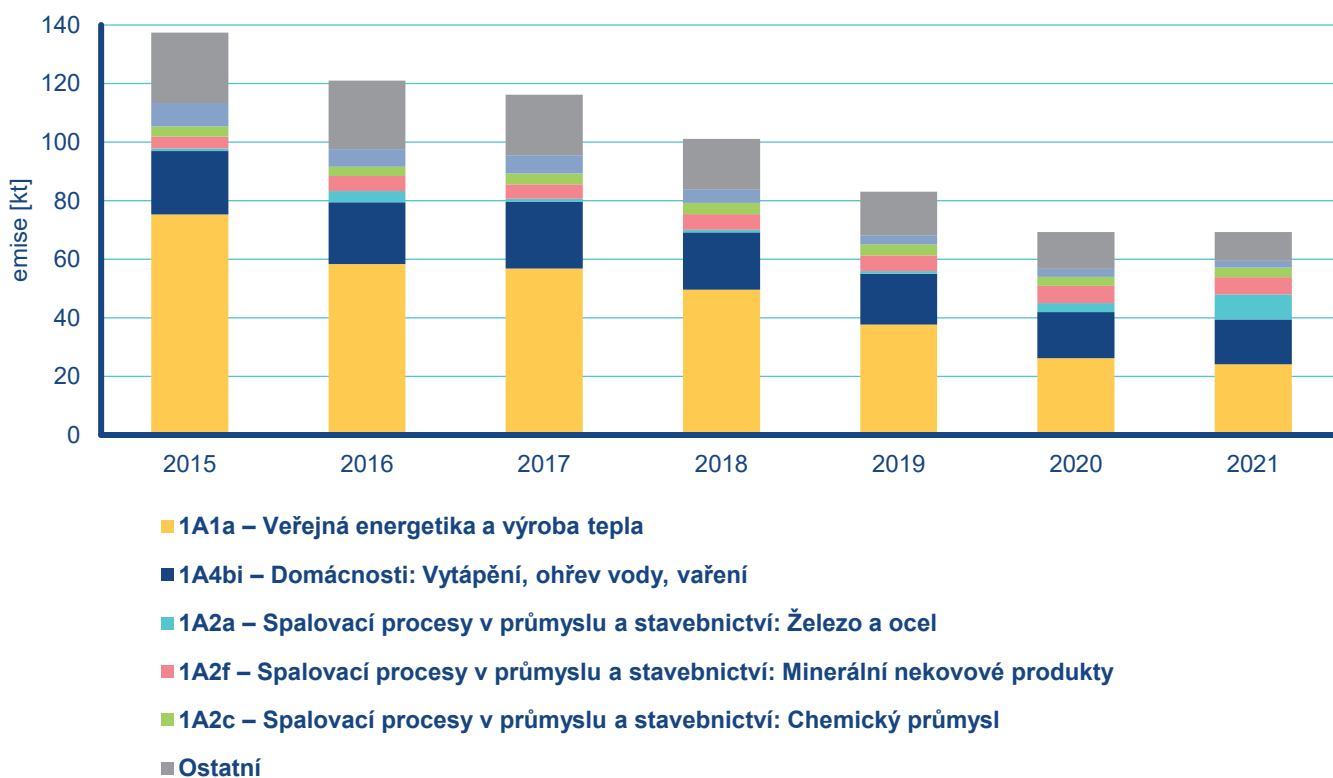
Obr. IV.7.8 Koncentrace SO_2 na jednotlivých typech stanic, 2012–2022

IV.7.3 Emise oxidů síry

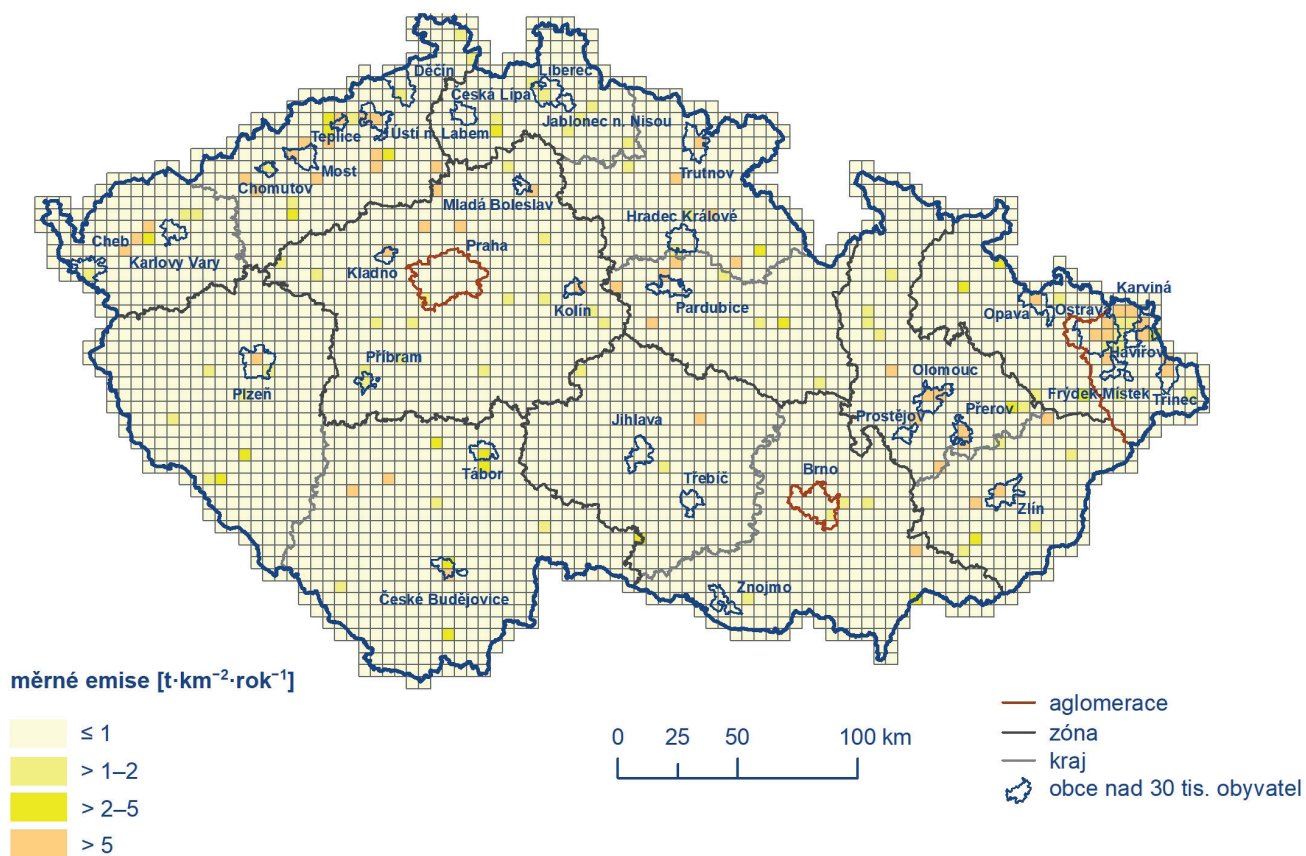
Zdrojem emisí oxidů síry je především spalování pevných fosilních paliv, která síru obsahují. V roce 2021 pocházelo v celorepublikovém měřítku ze sektoru 1A1a – Veřejná energetika a výroba tepla 39,7 % emisí SO_x a ze sektoru 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření 25,2 % (Obr. IV.7.9). Mezi další významnější sektory patří spalovací procesy v průmyslu (zpracování nerostných surovin, chemický průmysl, zpracování pevných paliv nebo výroba potravin), nebo sektor 2B10a – Chemický průmysl, ostatní, který mj. zahrnuje velmi proměnlivé emise z provozu flér v rafinériích. K poklesu emisí SO_x v období 2010–2020 došlo po roce 2012 v důsledku přípravy zdrojů na plnění přísnějších emisních limitů (Obr. IV.7.10). Vzhledem k převažujícímu vlivu sektoru Veřejná energetika a výroba tepla jsou emise SO_x koncentrovány do Ústeckého, Moravskoslezského a Středočeského kraje, ve kterých se nacházejí větší energetické výrobní celky (Obr. IV.7.11).



Obr. IV.7.9 Podíl sektorů NFR na celkových emisích SO_x , 2021



Obr. IV.7.10 Celkové emise SO_x , 2015–2021



Obr. IV.7.11 Celkové emise SO_x v rozlišení 5×5 km, 2021

IV.8 Oxid uhelnatý

IV.8.1 Znečištění ovzduší oxidem uhelnatým v roce 2022

V roce 2022 nedošlo, stejně jako v předchozích letech, k překročení 8hodinového imisního limitu oxidu uhelnatého (CO) na žádné z celkového počtu 22 stanic, na kterých byl k dispozici dostatečný počet naměřených dat pro hodnocení kvality ovzduší.

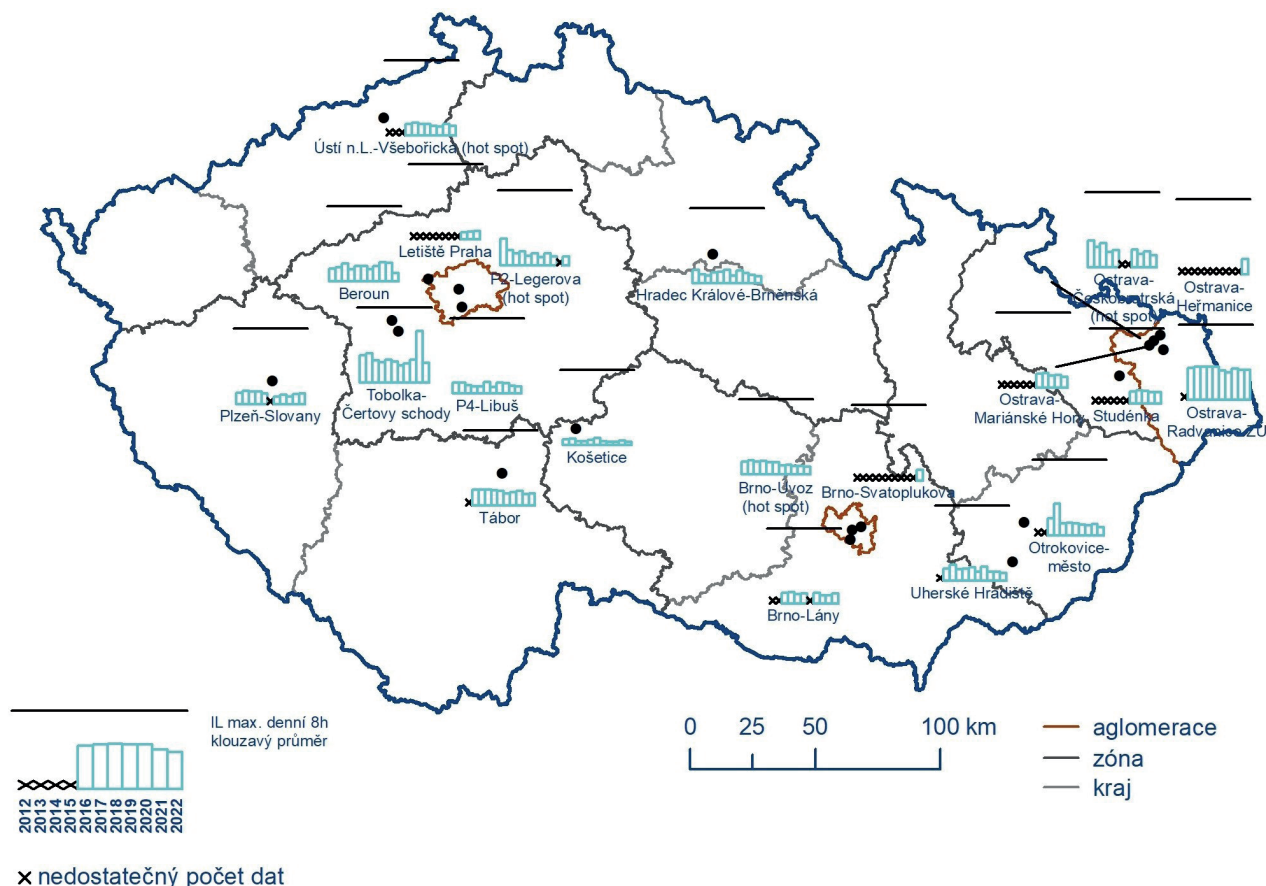
Nejvyšší denní 8hodinová průměrná koncentrace CO byla naměřena na stanici Ostrava-Radvanice ZÚ (3 994 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), která je klasifikovaná jako průmyslová. Jde o velmi exponovanou lokalitu ovlivněnou nejen průmyslem, ale také lokálními zdroji a dopravou. Pokud se uvádí pouze první maximum na konkrétní stanici, pak v pořadí druhá nejvyšší 8hodinová koncentrace CO byla naměřena na venkovské stanici Tobolka-Čertovy schody (2 582 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Tato lokalita je již dlouhodobě ovlivněna emisemi z blízké vápenky Čertovy schody. Třetí nejvyšší 8hodinová koncentrace CO byla naměřena na stanici Ostrava-Heřmanice (1 998 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Tato lokalita by mohla být ovlivněna průmyslem i lokálními zdroji. Čtvrtá nejvyšší 8hodinová koncentrace CO byla

naměřena na dopravní stanici Tábor (1 635 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a pátá nejvyšší 8hodinová koncentrace této látky na dopravní hot-spot stanici Ostrava-Českobratrská (1 578 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

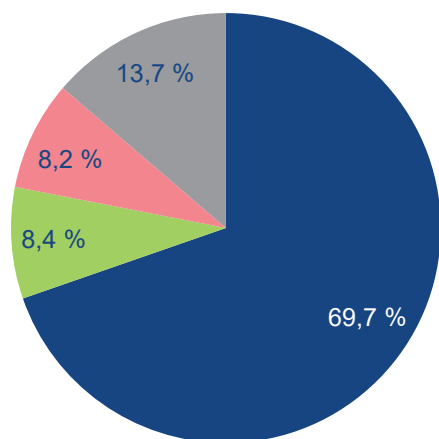
Zvýšené koncentrace CO se vyskytují především na městských lokalitách významně ovlivněných dopravou, průmyslem a lokálními zdroji emisí z vytápění domácností. Na městských a venkovských pozadových lokalitách se pohybují koncentrace CO hluboko pod imisním limitem. Výjimkou je stanice Tobolka-Čertovy schody, kde dochází k ovlivnění z blízké vápenky.

IV.8.2 Vývoj koncentrací oxidu uhelnatého

Na Obr. IV.8.1 je patrný klesající průběh maximální denní 8hodinové koncentrace CO na většině stanic v ČR. V roce 2022 pokles koncentrací CO na většině stanic pokračoval (Tobolka-Čertovy schody, Beroun, Ostrava-Českobratrská (hot spot), Ostrava-Mariánské Hory, Ústí n.L.-Všebořická (hot spot), Otrokovice-město, Uherské Hradiště, Hradec Králové-Brněnská). Na některých stanicích došlo naopak v roce 2022 k vzestupu koncentrací CO proti předchozímu roku (Tábor, Plzeň-Slovany, Brno-Lány, Letiště Praha).



Obr. IV.8.1 Maximální denní 8hod. klouzavá průměrná koncentrace CO na vybraných stanicích, 2012–2022

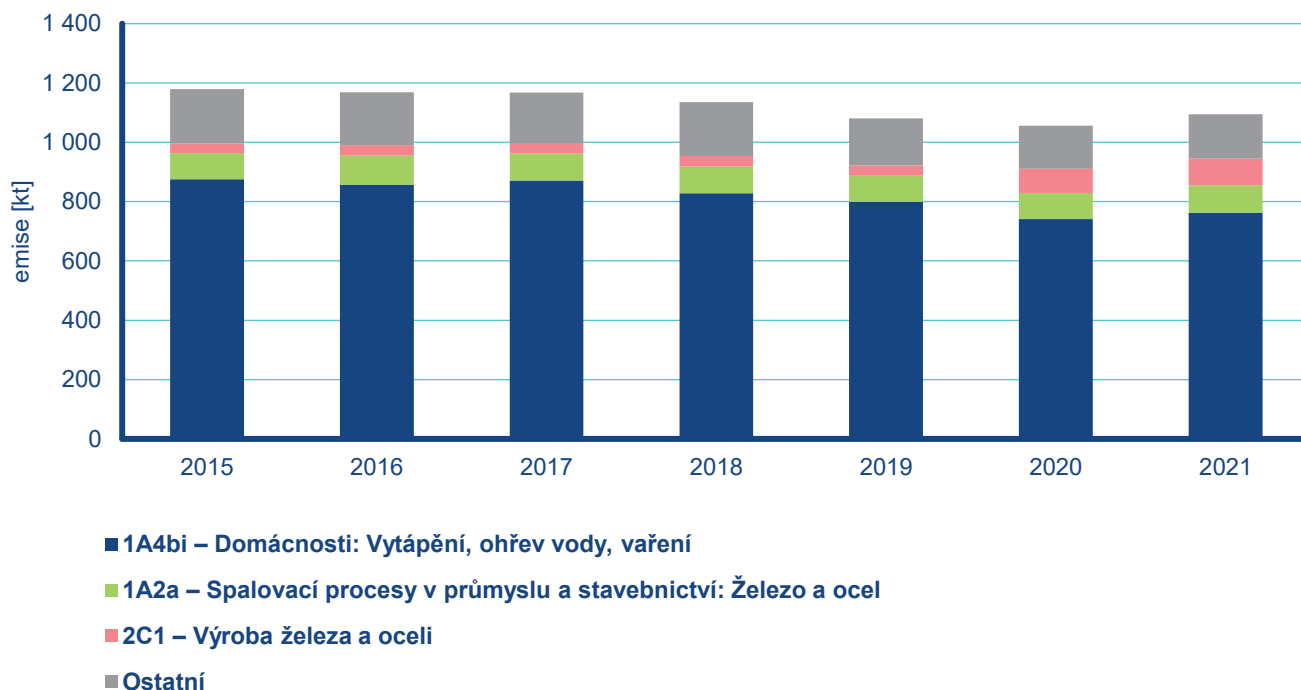


Obr. IV.8.2 Podíl sektorů NRF na celkových emisích CO₂, 2021

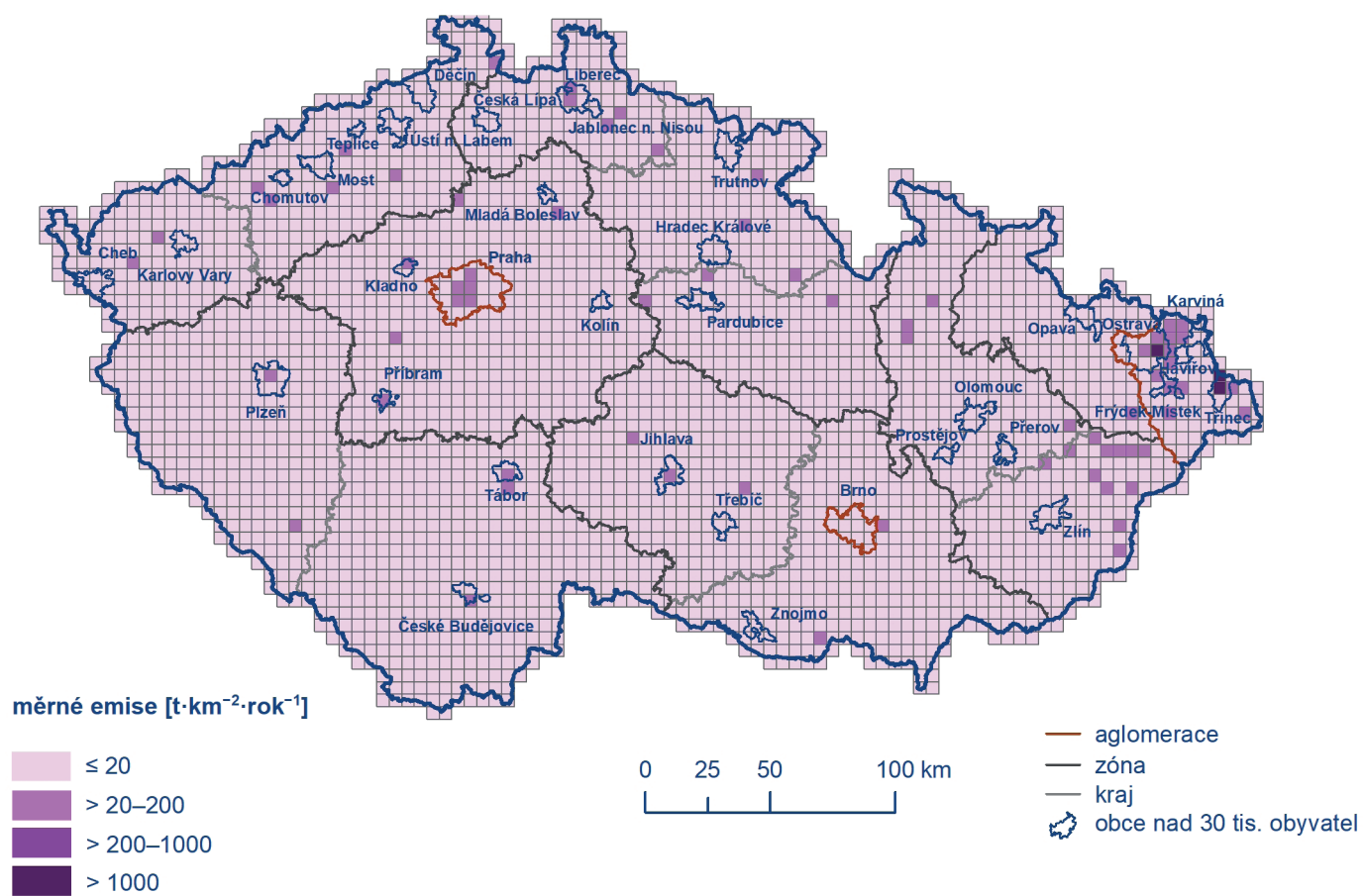
IV.8.3 Emise oxidu uhelnatého

Oxid uhelnatý je produktem spalování paliv obsahujících uhlík za nízké teploty a nedostatku spalovacího vzduchu. Největší množství emisí CO vzniká v sektoru 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření, který se v roce 2021 podílel na celorepublikových emisích 69,7 %. Mezi další významné zdroje patřily sektory 1A2a – Spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví: Železo a ocel (8,4 %) a sektor 2C1 – Výroba železa a oceli (8,2 %) (Obr. IV.8.2). Průběh emisí CO v letech 2015–2021 (Obr. IV.8.3) kopíruje především vývoj spotřeby pevných paliv v domácnostech (Obr. II.7).

V jednotlivých oblastech ČR se podíl sektorů na celkových emisích liší podle konkrétní skladby zdrojů v dané oblasti. Vlivem převládajícího podílu lokálního vytápění jsou emise CO v ČR rozloženy po celém území obydlené zástavby. Vliv dopravy převládá podél dálnic, komunikací s intenzivní dopravou a ve větších městských celcích. Velké množství emisí CO v aglomeraci O/K/F-M pochází z výroby železa a oceli (Obr. IV.8.4).



Obr. IV.8.3 Celkové emise CO₂, 2015–2021



Obr. IV.8.4 Celkové emise CO v rozlišení 5 × 5 km, 2021

IV.9 Látky bez imisního limitu

IV.9.1 Těkavé organické látky

Těkavou organickou látkou je, podle zákona o ochraně ovzduší, jakákoli organická sloučenina nebo směs organických sloučenin, s výjimkou metanu, která má při 20 °C tlak par 0,01 kPa nebo více, nebo má odpovídající těkavost za konkrétních podmínek jejího použití. Těkavé organické látky (VOC) hrají důležitou úlohu v chemii ovzduší a tedy i v oxidační síle atmosféry, což ovlivňuje stav a kvalitu ovzduší. Spolu s oxidy dusíku se VOC významně podílí na procesu tvorby přízemního ozonu a dalších fotooxidačních znečišťujících látek. Přeměny a odbourávání VOC zpravidla začínají reakcí s hydroxylovým radikálem (Víden 2005). Vzhledem k rozsahu různě dlouhé reaktivity jednotlivých VOC a k jejich množství nebyl u těchto látek stanoven imisní limit.

Monitoring VOC byl do programu EMEP zařazen na základě rozhodnutí EMEP Workshop on Measurements of Hydrocarbons/VOC v Lindau 1989 (EMEP 1990). Vlastní měření bylo na Observatoři Košetice zahájeno v průběhu roku 1992, o tři roky později jej pak doplnilo identické měření na stanici Praha 4-Libuš. V rámci EMEP

byl zpočátku monitoring realizován na pěti stanicích, ale v průběhu 20 let se počet stanic i rozsah měřených uhlovodíků několikrát změnil. Na Observatoři Košetice se podařilo udržet homogenní řadu měření až do současnosti. Od roku 2011 byla Observatoř Košetice zapojena do projektu ACTRIS, realizovaného v rámci EU 7th Framework Programme INFRA-2010-1-1.1.16: Research Infrastructures for Atmospheric Research. Na tento projekt navázal nástupnický projekt ACTRIS-2 pod H2020-INFRAIA-20142015, realizovaný v období květen/2015–duben/2019. Problematika VOC byla řešena v pracovní skupině Trace gases networking: Volatile organic carbon and nitrogen oxides s cílem zkvalitnit a harmonizovat měření VOC v Evropě. V rámci projektu byly vyvinuty standardní operační postupy a testovány nejlepší měřicí techniky pro zajištění kvality. Laboratoř ČHMÚ se pravidelně účastnila roundrobin testu, kde v oblasti vlastní analýzy VOC výsledky potvrdily, že laboratoř vyhovuje doporučeným parametrům GC systému a splňuje u většiny látek požadované nejistoty jak ve standardech, tak v reálných vzorcích. Projekt ACTRIS-2 byl v roce 2019 ukončen. Aktivity v oblasti monitoringu a výzkumu VOC pokračují v rámci panevropské výzkumné infrastruktury ACTRIS, která je od roku 2016 součástí evropské cestovní mapy ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructures).

Průměrné roční koncentrace většiny VOC na stanicích Observatoř Košetice i Praha 4-Libuš vykazují během 26 let monitoringu statisticky významný sestupný trend, který reflektuje pokles emisí

Tab. IV.9.1.1 Průměrné roční koncentrace VOC v ovzduší na stanicích Košetice a Praha 4-Libuš

Těkavá organická látka		Roční průměr [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]									
		Košetice					Praha 4-Libuš				
		1995	2005	2010	2015	2022	1995	2005	2010	2015	2022
Alkany	etan	2,34	2,07	2,51	2,20	1,90	3,62	2,43	1,94	1,97	2,28
	propan	1,80	1,21	1,28	1,10	0,90	2,15	1,65	1,82	1,06	1,38
	butan	1,16	0,60	0,71	1,04	0,44	1,76	1,02	1,15	1,15	0,94
	2-methylpropan	0,68	0,37	0,47	0,32	0,30	1,14	0,80	1,03	0,45	0,71
	pentan		0,29	0,35	0,30	0,22	1,21	0,52	1,74	0,32	0,44
	2+3 - methylpentan		0,03	0,06	0,06	0,10	0,90	0,47	0,31	0,22	0,22
	hexan		0,09	0,11	0,07	0,09	0,60	0,16	0,18	0,09	0,18
	heptan		0,03	0,06	0,06	0,09	0,30	0,07	0,14	0,08	0,17
	oktan		0,02	0,05	0,10	0,08		0,06	0,09	0,11	0,10
Alkeny	eten	1,28	0,77	0,55	0,55	0,53	2,52	1,32	0,45	0,62	0,78
	propen	0,32	0,15	0,16	0,12	0,24	0,68	0,34	0,30	0,14	0,30
	suma buteny		0,14	0,20	0,18	0,16	0,87	0,42	0,38	0,26	0,31
	suma penteny		0,05	0,07	0,02	0,09		0,27	0,14	0,04	0,10
	isopren	0,14	0,09	0,13	0,17	0,37		0,38	0,47	0,37	0,78
Aromatické uhlovodíky	benzen	1,05	0,42	0,58	0,41	0,59	1,51	0,62	0,72	0,42	0,64
	toluen	0,99	0,31	0,40	0,30	0,57	2,07	0,86	0,94	0,53	0,97
	ethylbenzen		0,06	0,06	0,19	0,19	0,42	0,19	0,18	0,27	0,29
	m,p-xylen		0,78	0,55	0,55	0,43	1,42	0,55	0,57	0,71	0,63
	o-xylen		0,05	0,04	0,29	0,20		0,16	0,14	0,35	0,30

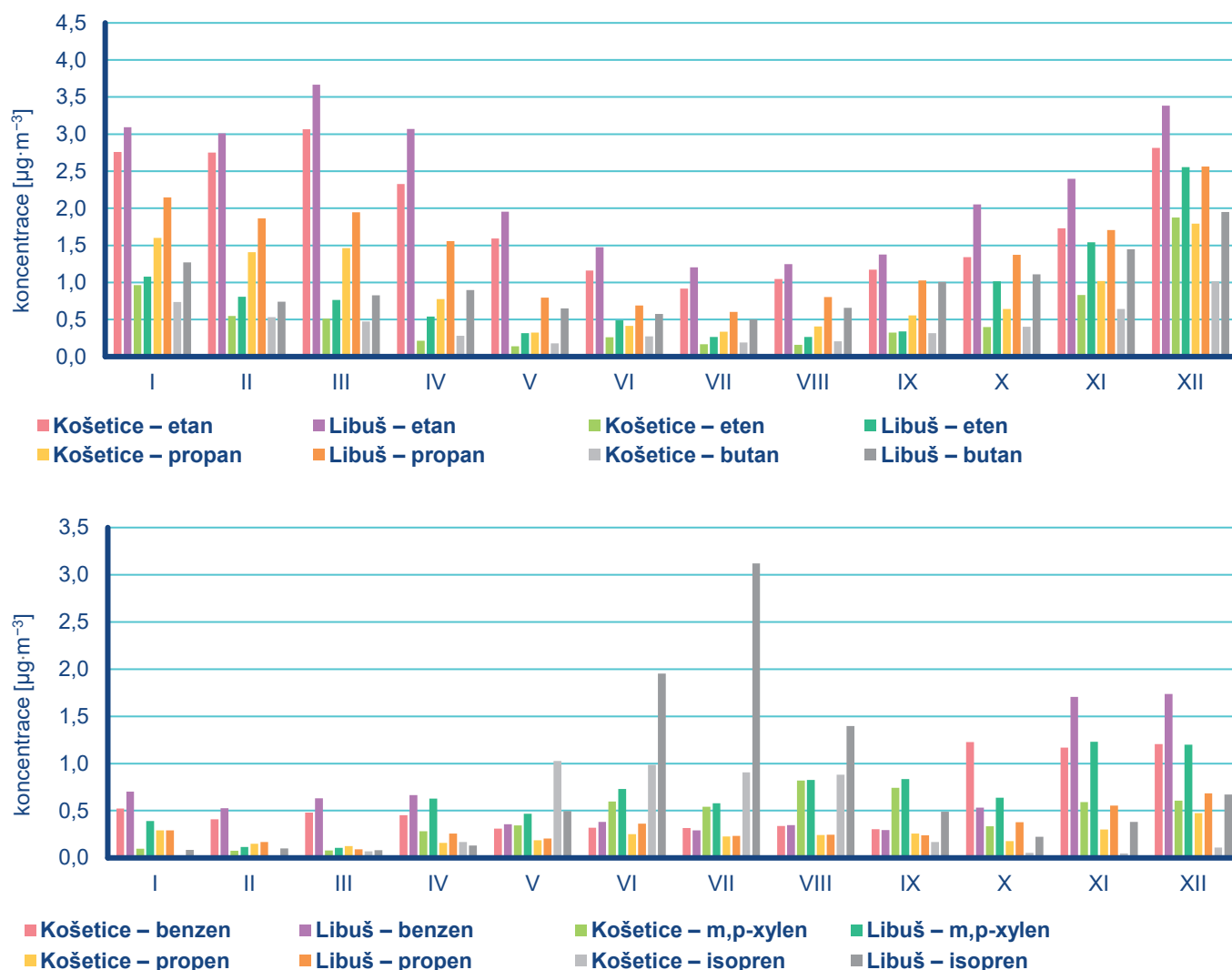
VOC jak v ČR, tak v celém středoevropském prostoru. Trend koncentrací etanu je mnohem výraznější na předměstské stanici Praha 4-Libuš než na pozadové stanici. Výjimkou je pouze isopren, který je přírodního původu (je emitován listnatými stromy) a na obou stanicích vykazuje vzestupný trend. Na stanici Praha 4-Libuš dokonce registrujeme mírný vzestup koncentrací. Obecně lze konstatovat, že koncentrace hlavních VOC byly v 90. letech minulého století na předměstské úrovni cca 1,5–2× vyšší než na pozadové stanici. V poslední dekádě se rozdíl mezi oběma stanicemi výrazně zmenšují. Výsledky získané v roce 2022 nijak nevybočují z dlouhodobých trendů (Tab. IV.9.1.1). Roční chod většiny VOC reflektuje emisní úroveň, tedy maximální hodnoty v zimě a minima v létě, pouze u isoprenu je tomu naopak (Obr. IV.9.1.1).

Ze zprávy o měření VOC v rámci EMEP (Solberg et al. 2018) vyplývá, že koncentrace VOC v regionálním měřítku kontinuálně klesají a reflektují tak sestupný trend emisí. Úroveň koncentrací na Observatoři Košetice je srovnatelná s německými, švýcarskými a francouzskými stanicemi. U etanu je česká stanice dlouhodobě charakterizována nižšími ročními průměry. U většiny VOC jsou naměřené hodnoty v zimě obvykle velmi podobné německým stanicím, zatímco v létě jsou u hodnoty na Observatoři Košetice mírně nižší.

Ženevský protokol o redukci emisí VOC a jejich přeshraničním přenosu byl přijat v listopadu 1991 a vstoupil v platnost v září 1997 (UN-ECE 1991). Protokol obsahoval tři možnosti redukce VOC:

1. 30% redukce emisí VOC do roku 1999, přičemž jako základ byly použity roky 1984 a 1990;
2. Stejná redukce jako v bodě (1) a zajistit, aby celkové národní emise 1999 nepřesáhly úroveň roku 1988;
3. Kde emise 1988 nepřekračují stanovené limity, mohou státy přijmout jako emisní strop úroveň roku 1999.

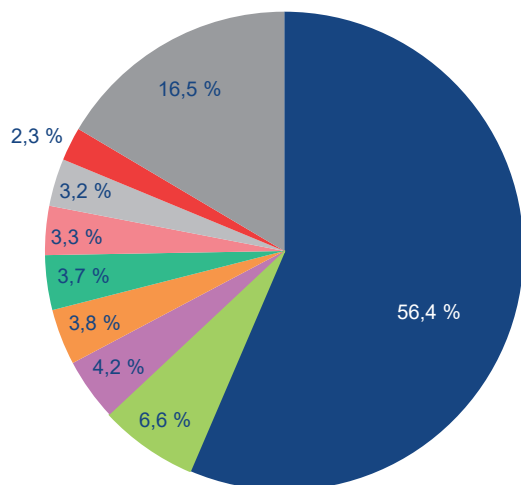
V roce 1999 byl přijat Göteborgský protokol ke zmírnění acidifikace, eutrofizace a dopadů přízemního ozonu, který vstoupil v platnost 17. 5. 2005 (UN-ECE 1999). Protokol obsahuje emisní stropy pro rok 2010 pro čtyři polutanty včetně VOC. Podle protokolu měly být evropské emise VOC sníženy alespoň o 40 % proti roku 1990. Česká republika podobně jako většina středoevropských zemí (s výjimkou Polska), tento limit splnila – emise VOC v ČR období 1990–2010 poklesly o 51 % (EEA 2013c).



Obr. IV.9.1.1 Roční chod průměrných měsíčních koncentrací VOC, 2022

Emise těkavých organických látek

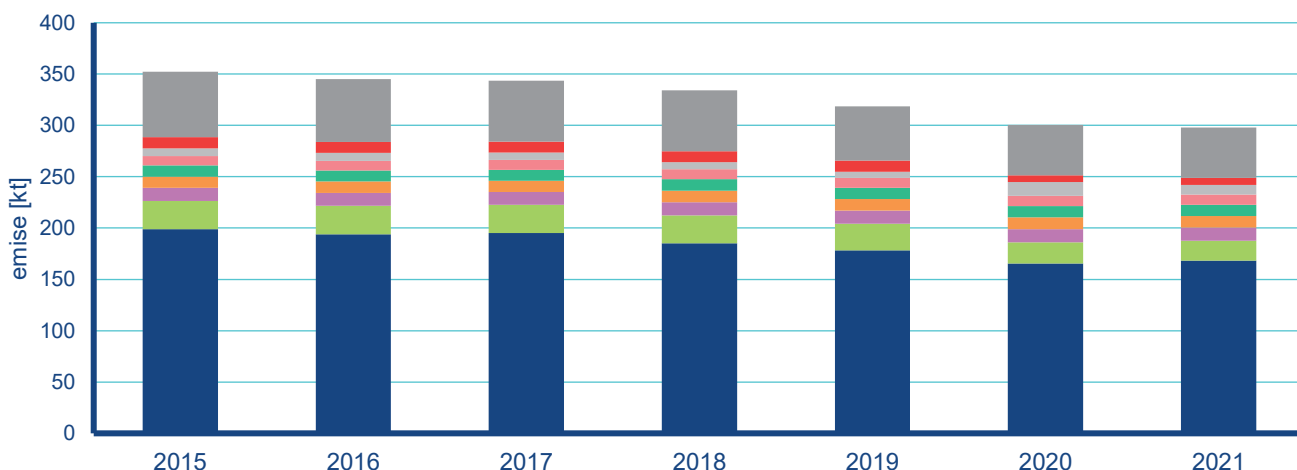
Chemické produkty obsahující NMVOC jsou používány v celé řadě aplikací v domácnostech i průmyslu jako čisticí prostředky, rozpouštědla a odmašťovadla. Mohou být součástí barev, laků, lepidel a farmaceutických přípravků. Uvolňují se při výrobě, skladování a použití ropných produktů. NMVOC vznikají také při nedokonalém spalování.



Obr. IV.9.1.2 Podíl sektorů NFR na celkových emisích NMVOC, 2021

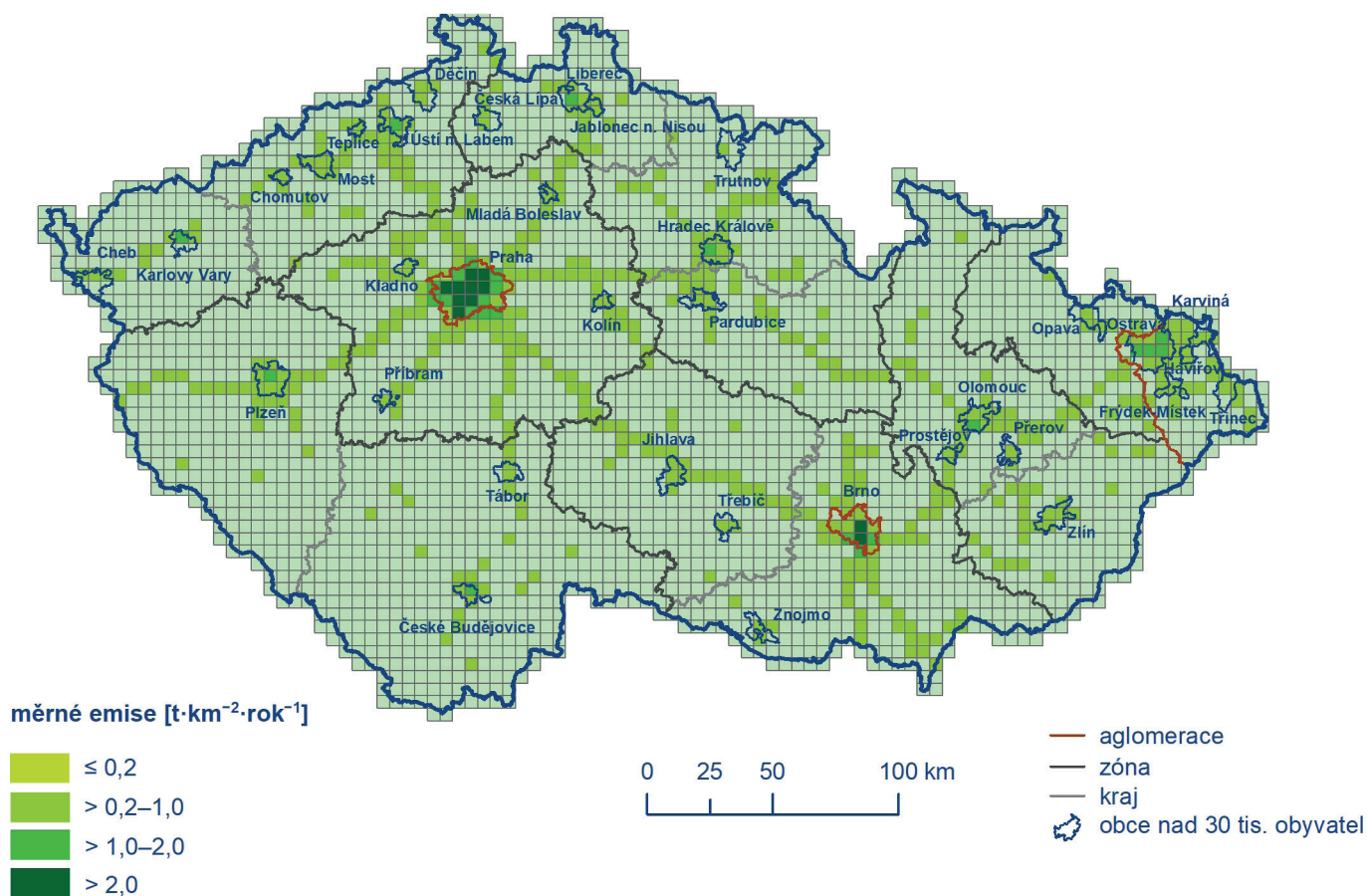
Největší množství emisí NMVOC vzniklo v roce 2021 (Obr. IV.9.1.2) v sektoru 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření (56,4 %). Podíl dopravy včetně odparů z palivového systému vozidel činil 4,26 %. Významné zdroje emisí NMVOC v ČR se nacházejí v sektoru užití a aplikace organických rozpouštědel (NFR 2D3), který se na znečišťování ovzduší těmito látkami podílí 18,6 %. Do tohoto sektoru spadají činnosti 2D3d – Aplikace nátěrových hmot (6,6 %), 2D3a – Použití rozpouštědel v domácnostech (4,2 %), 2D3i – Ostatní použití rozpouštědel (3,2 %) a 2D3g – Výroba a zpracování chemických produktů (2,3 %). Část těchto emisí je do ovzduší vnášena řízeně, ale velká část jich uniká do ovzduší ve formě fugitivních emisí, jejichž omezování je obtížné. Dalším významným sektorem produkujícím emise NMVOC je zemědělství s celkovým podílem 10,8 %. Mezi ostatními sektory mají významnější zastoupení např. emise ze spalovacích procesů při výrobě elektrické energie.

Celkové emise NMVOC měly v období let 2015–2021 klesající tendenci (Obr. IV.9.1.3), který byl způsoben aplikací produktů s nižším obsahem VOC, např. vodou ředitelných barev nebo práškových plastů. U malooběratelských balení nátěrových hmot je uplatňována legislativní regulace omezující maximální obsah rozpouštědel v produktech dodávaných na trh. Vlivem neustálé obnovy vozového parku dochází i k průběžnému snižování emisí NMVOC z dopravy. Do nárůstu emisí sektoru 2D3i (o cca 7,5 kt v roce 2020 a o cca 3,5 kt v roce 2021, vůči roku 2019) se promítá navýšení emisí z dezinfekčních prostředků, používaných při epidemii COVID19.



- 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření
- 2D3d – Aplikace nátěrových hmot
- 2D3a – Použití rozpouštědel v domácnostech
- 3Da2a – Stájová hnojiva aplikovaná do půdy
- 3B1b – Nakládání s hnojivy: Ostatní skot
- 3B1a – Nakládání s hnojivy: Dojnice
- 2D3i – Ostatní použití rozpouštědel
- 2D3g – Výroba a zpracování chemických produktů
- Ostatní

Obr. IV.9.1.3 Celkové emise NMVOC, 2015–2021



Obr. IV.9.1.4 Celkové emise VOC v rozlišení 5 × 5 km, 2021

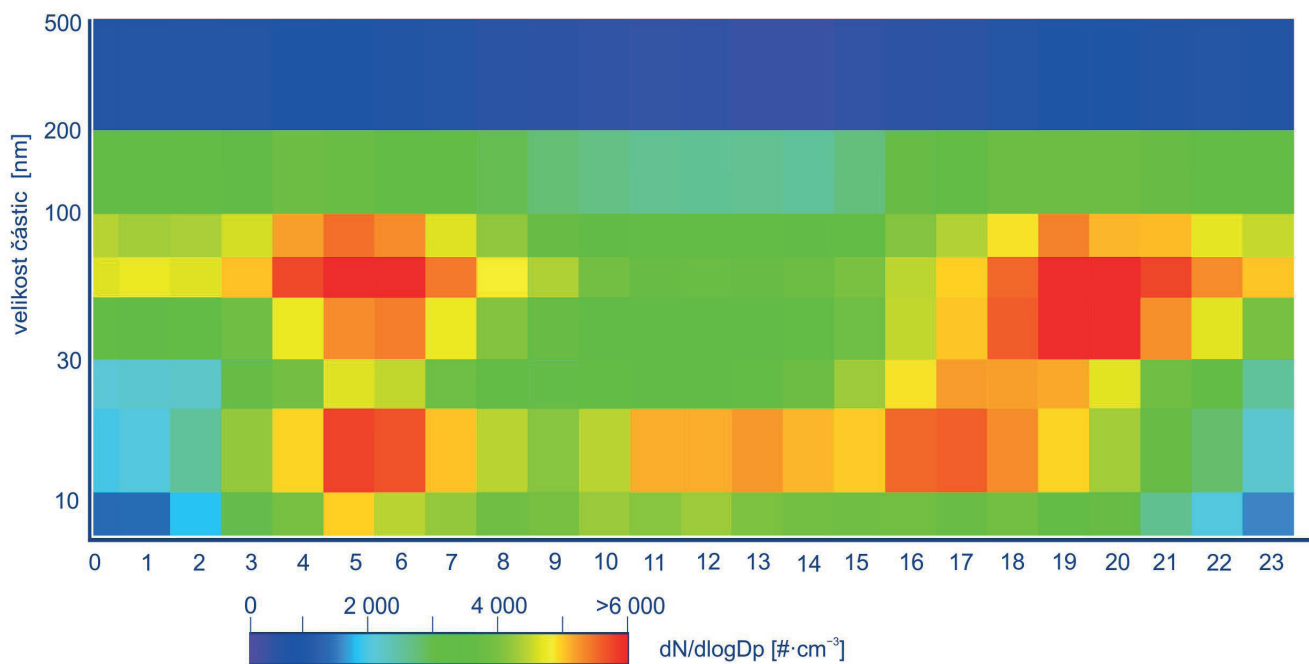
Podíl jednotlivých typů zdrojů na celkových emisích se liší podle konkrétní skladby zdrojů v dané oblasti. Produkce emisí NMVOC je vedle plošné emise z vytápění domácností soustředěna mj. po-

dél dálnic, komunikací s intenzivní dopravou, ve velkých městech a regionech, ve kterých jsou umístěny významnější energetické a průmyslové výrobní celky (Obr. IV.9.1.4).

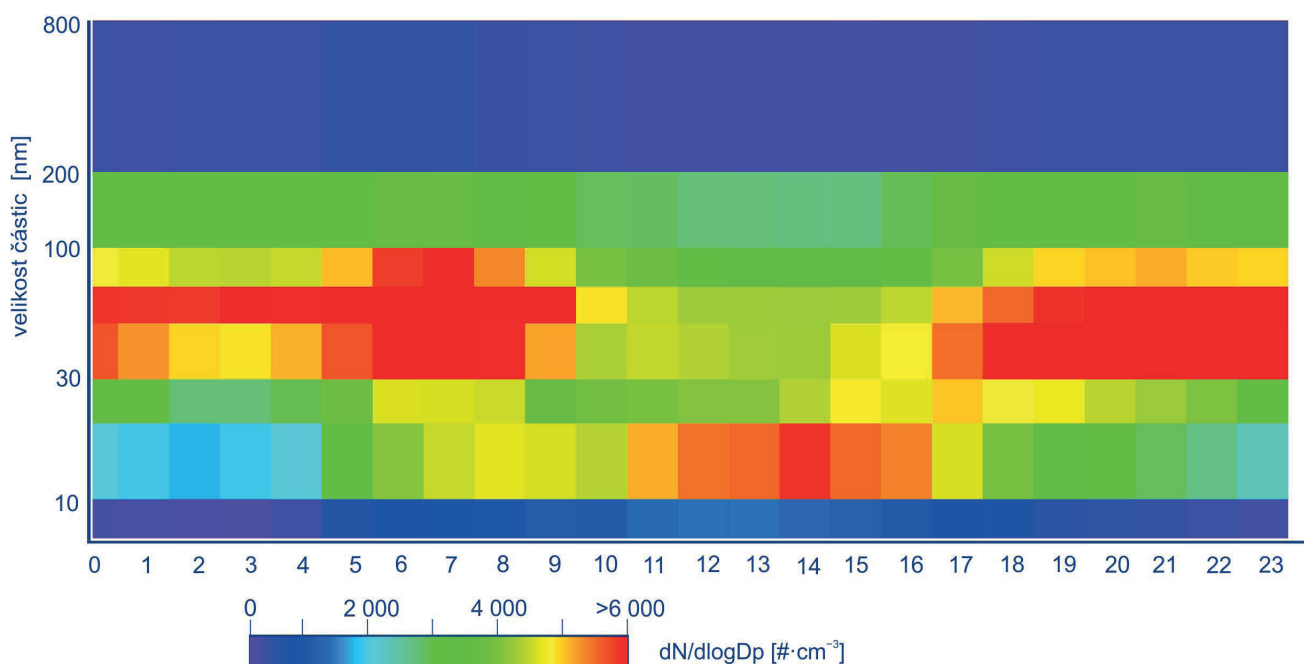
IV.9.2 Měření početní velikostní distribuce aerosolových částic

Početní velikostní distribuce aerosolových částic je v rámci ČHMÚ měřena v síti ultrajemných částic, jejíž základ tvoří pět stanic: Hradec Králové-Brněnská, Lom, Mladá Boleslav, Plzeň-Slovany a Ústí nad Labem-město. Díky dlouhodobé spolupráci ČHMÚ s Ústavem chemických procesů (ÚCHP AV ČR) jsou k dispozici

i data z experimentálního měření početní velikostní distribuce aerosolových částic z Observatoře Košetice. Toto měření je součástí monitorovací sítě evropské výzkumné infrastruktury ACTRIS (Aerosols, Clouds and Trace gases Research InfraStructure). Od roku 2016 je tento typ měření podporován i českou částí projektu velké výzkumné infrastruktury ACTRIS-CZ. Pro činnosti zahrnující výzkumné aktivity ČHMÚ, tři ústavů Akademie věd České republiky a Masarykovy univerzity je používáno souhrnné označení lokality Národní atmosférická observatoř Košetice (NAOK).



Obr. IV.9.2.1 Mediánové spektrum denního chodu počtu částic, Hradec Králové-Brněnská, 2022

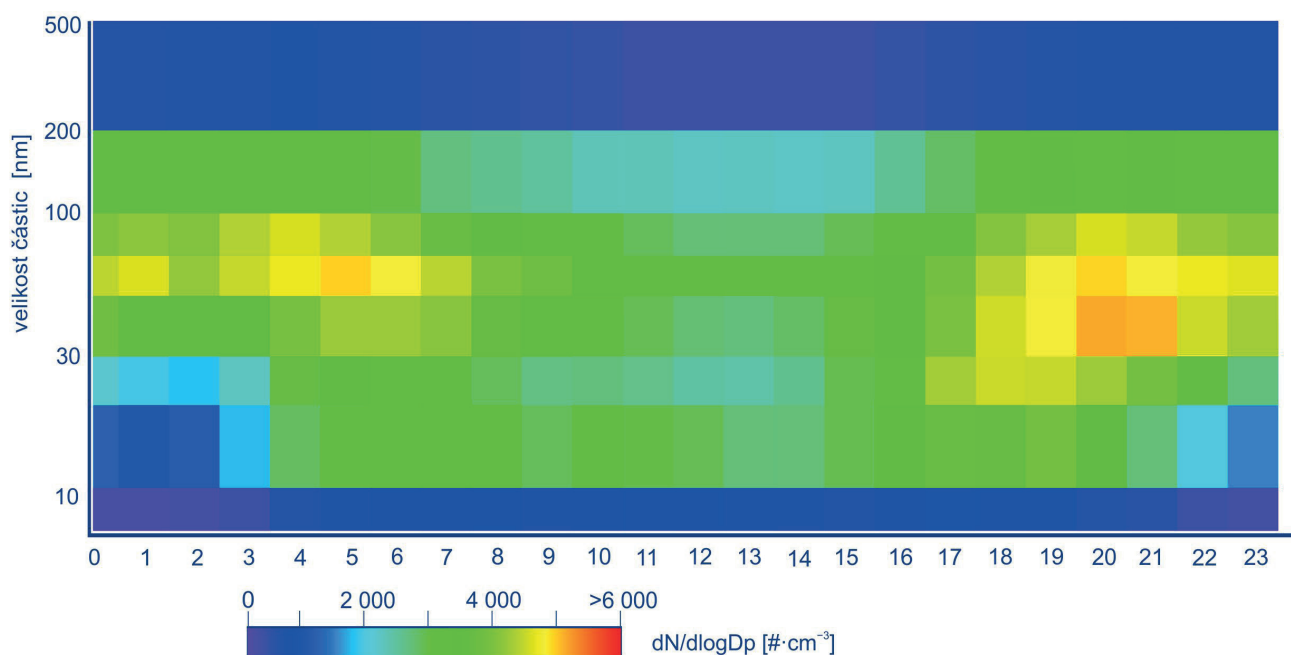


Obr. IV.9.2.2 Mediánové spektrum denního chodu počtu částic, Lom, 2022

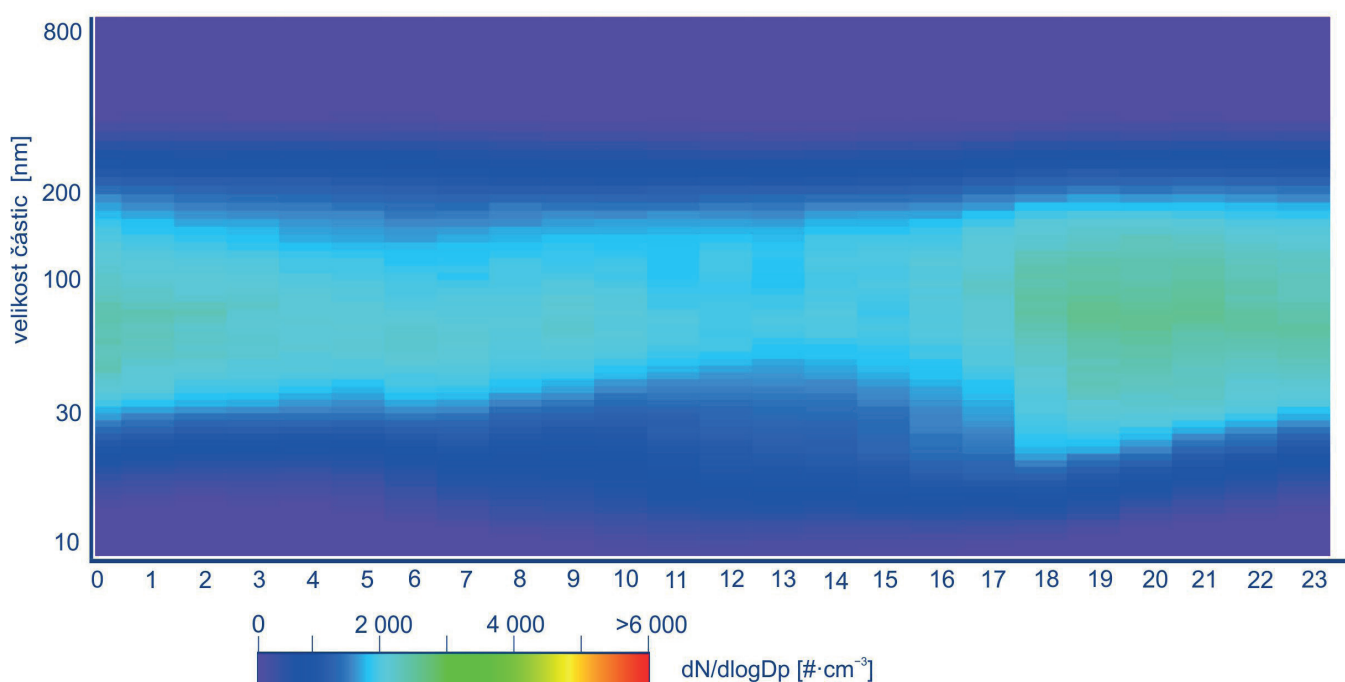
V denních spektrech měřených na šesti lokalitách (Hradec Králové-Brněnská, Lom, Mladá Boleslav, NAOK, Plzeň-Slovany a Ústí nad Labem-město) lze rozpoznat rozdíl v počtech částic v různých velikostních kategoriích, jež odrážejí charakter lokalit. Zatímco na mediánovém spektru stanice NAOK v kraji Vysočina se spíše projevuje vliv dálkového transportu, na ostatních stanicích lze identifikovat vliv místních zdrojů antropogenního původu (např. doprava, průmysl). I přes některé odlišnosti lze spektra popsat pomocí společných znaků. Nejvyšší koncentrace počtu částic jsou zpravidla měřeny v pozdních večerních, nočních a brzkých ran-

ních hodinách (např. Obr. IV.9.2.1, IV.9.2.3, IV.9.2.4 a IV.9.2.6). Tento úkaz je zřejmě spojen s vývojem výšky mezní vrstvy atmosféry a její stabilitou během nočních hodin. V noci může docházet k akumulaci znečišťujících látek, a tedy i aerosolových částic. Po východu slunce pak lze v některých případech zaznamenat nárůst fotochemických reakcí mezi akumulovanými látkami, jenž může vést ke vzniku sekundárních aerosolů.

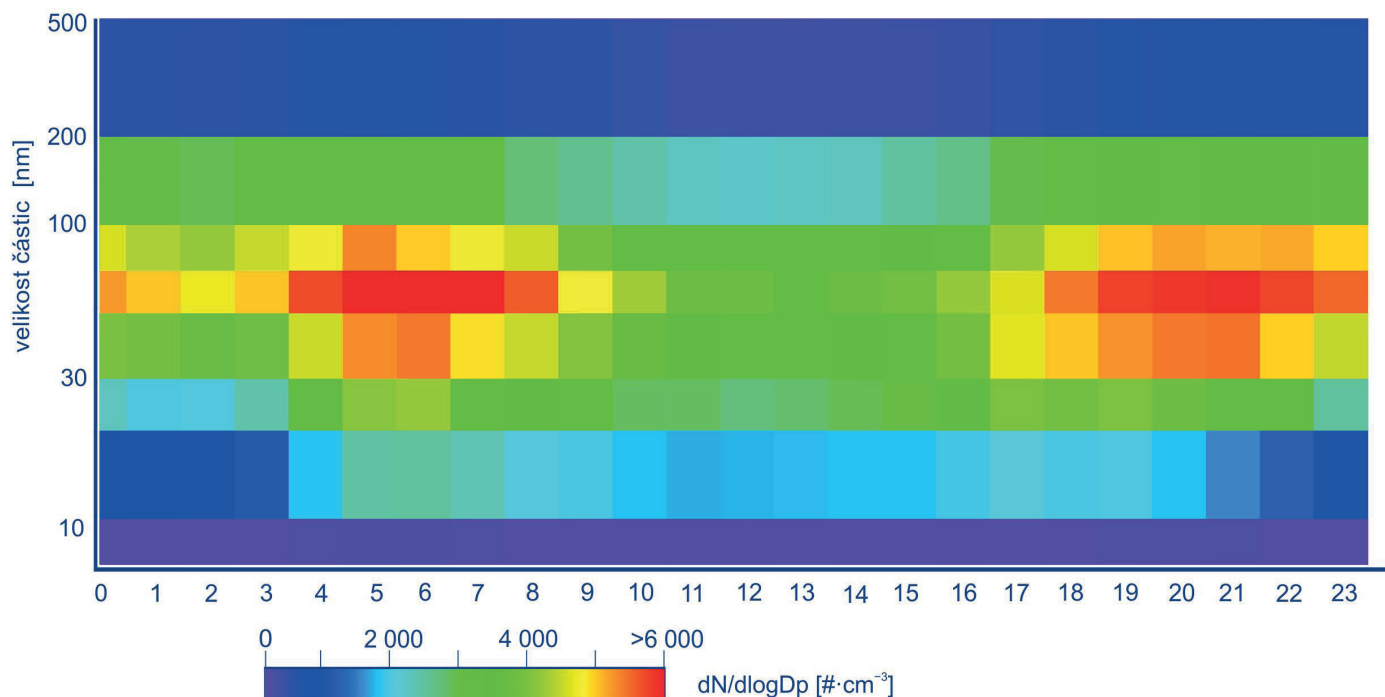
Vliv lidské činnosti v podobě zvýšené dopravní aktivity je patrný na všech stanicích kromě NAOK. Stoupající počet částic v ranních



Obr. IV.9.2.3 Mediánové spektrum denního chodu počtu částic, Mladá Boleslav, 2022



Obr. IV.9.2.4 Mediánové spektrum denního chodu počtu částic, NAOK, 2022



Obr. IV.9.2.5 Mediánové spektrum denního chodu počtu částic, Plzeň-Slovany, 2022

a odpoledních hodinách ve všech částech spektra, reflektuje nejen dopravní špičku, ale i narůstající výskyt produktů spalování z průmyslových i lokálních zdrojů vytápění. S těmito zdroji je spojena jak zvýšená produkce částic, tak i jejich plynných prekurzorů, ze kterých mohou fotochemickými procesy vznikat sekundární částice. Nejvýrazněji se projevuje nárůst částic mezi 30 a 100 nm, který dosahuje maxima mezi 4. a 9. hodinou ranní UTC (Obr. IV.9.2.1, IV.9.2.2, IV.9.2.3, IV.9.2.5 a IV.9.2.6)¹. Na stanici Hradec Králové-Brněnská a Ústí nad Labem-město byl zaznamenán druhotný růst počtu částic nukleačního módu (velikost částic do 20 nm) mezi 10. a 18. hodinou (Obr. IV.9.2.1, Obr. IV.9.2.6). Na stanici Lom byl pozorován nárůst částic nukleačního módu mezi 11. a 16. hodinou (Obr. IV.9.2.2). Tento charakter vývoje počtu částic může být ovlivněn kombinací směsi antropogenních zdrojů částic s procesy vzniku nových částic.

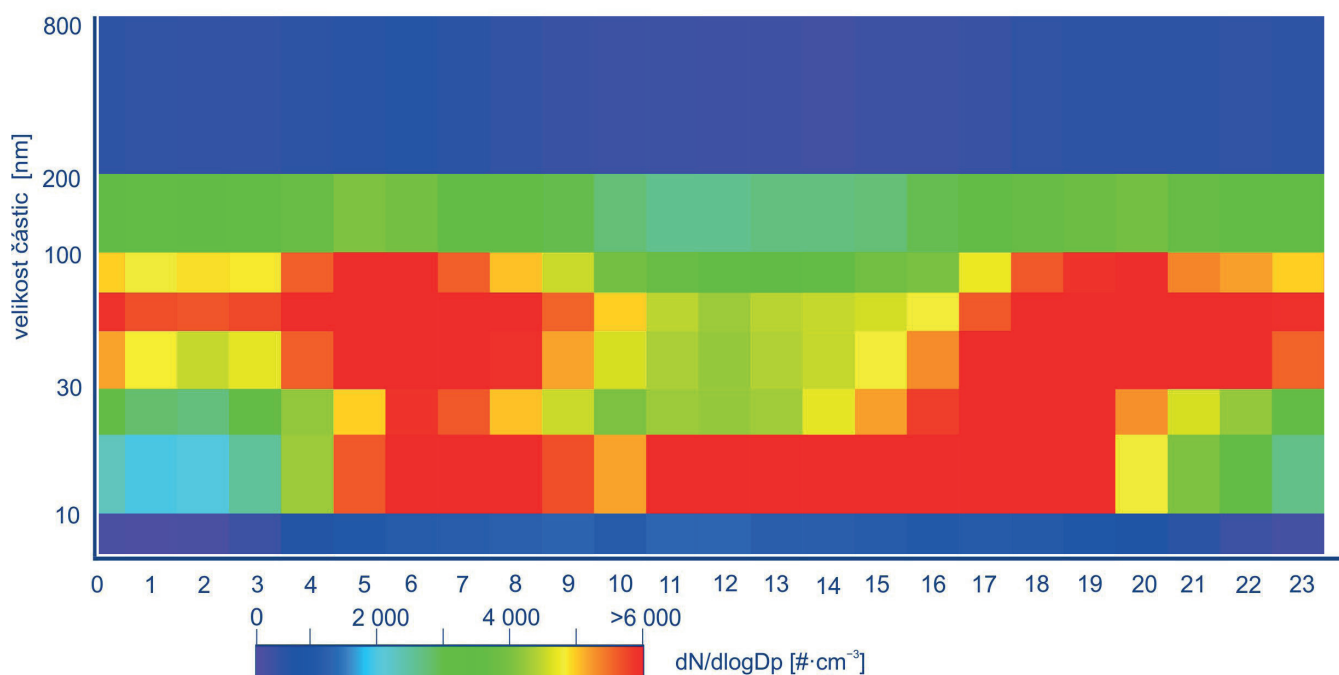
Kromě emisních zdrojů a jiných procesů v atmosféře jsou změny v početní koncentraci ovlivněny i stabilitou atmosféry. Zatímco během dne je obvykle atmosféra dobře promíchávána díky turbulentnímu proudění, ve večerních hodinách, kdy turbulence ustává, se atmosféra stabilizuje (Stull 2003). Vliv promíchání atmosféry během dne odráží průběh koncentrací částic na stanici Mladá Boleslav a Plzeň-Slovany (Obr. IV.9.2.3, Obr. IV.9.2.5).

Mediánové denní spektrum velikosti částic bylo v roce 2022 stejně jako v minulých letech na NAOK oproti ostatním porovnávaným měřením méně výrazné. Pozorujeme poměrně konstantní

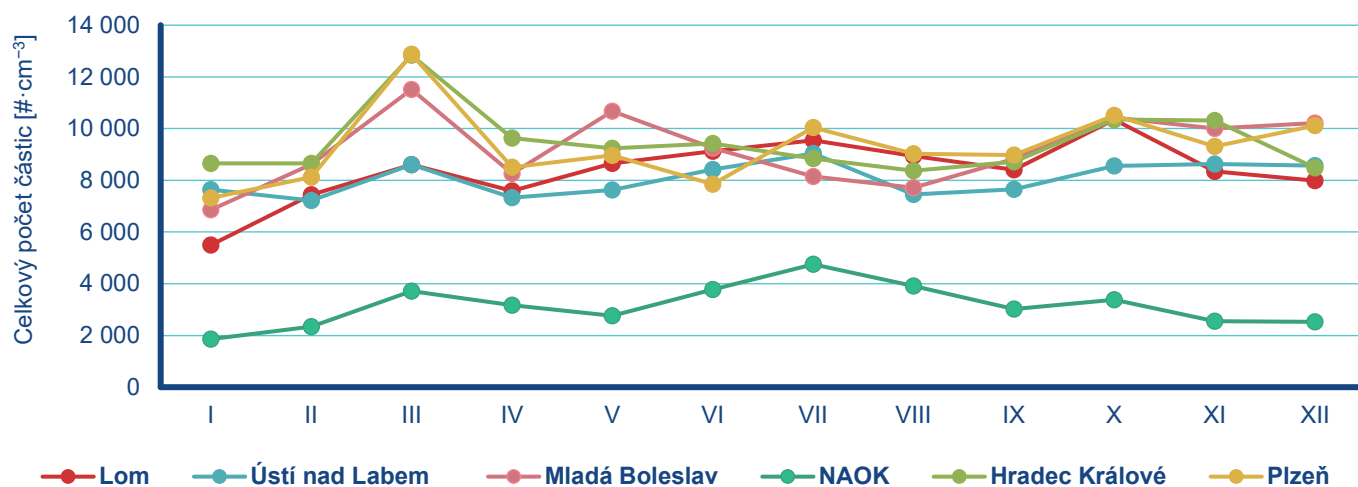
koncentrace částic akumulčního módu (100–800 nm), které se mírně snižují v průběhu dne (mezi 10. a 14. hodinou UTC) vlivem zředění atmosféry. Počty částic nukleačního módu naopak narůstají od ranních hodin a dosahují maxima po 17. hodině. Nárůst počtu částic nukleačního módu je pravděpodobně spojen i s procesem vzniku částic a jejich následným růstem do vyšších velikostí. Růst částic do větších velikostí je odražen také v narůstajícím počtu částic Aitkenova módu (20–100 nm) v odpoledních hodinách. Právě na NAOK lze dobře pozorovat vliv dálkového transportu částic v podobě poměrně stabilních koncentrací akumulčního módu, vlivu zředění a stability atmosféry na koncentrace částic (Obr. IV.9.2.4).

V ročním chodu celkového počtu částic jsou hodnoty ze stanic Hradec Králové-Brněnská, Mladá Boleslav Plzeň-Slovany podobné. Vyšší hodnoty (v rozmezí 8 371 – 12 838 částic·cm⁻³) byly zaznamenány na stanici Hradec Králové-Brněnská. Odlišný chod průměrných měsíčních koncentrací byl měřen na stanici Ústí nad Labem-město kde se projevila nejnižší variabilita hodnot (7 220 – 9 037 částic·cm⁻³). Na stanici NAOK byly změřeny nejnižší průměrné měsíční koncentrace celkového počtu částic (rozmezí hodnot 2 038 – 3 764 částic·cm⁻³). Stanice Hradec Králové-Brněnská, Mladá Boleslav a Plzeň-Slovany měly nejvyšší celkové koncentrace měřeny v únoru, stanice NAOK a Ústí nad Labem-město zaznamenaly maximum v červenci. Na stanici Lom byl nejvyšší průměrný počet částic změřen v říjnu a to 10 349 částic·cm⁻³ (Obr. IV. 9.2.7).

1 Jednotka dN/dlogDp označuje normalizovaný počet částic v dané velikostní kategorii. Rozdělení počtu aerosolových částic neodpovídá symetrickému normálnímu rozdělení, proto se pro zobrazení aerosolového spektra používá logaritmická transformace k získání lognormálního rozdělení (Hinds 1999). Osa Y označuje velikostní kategorie aerosolových částic v nanometrech, barevná škála znázorňuje počet částic v dané velikostní kategorii (počet částic narůstá směrem od studených do teplých barev).



Obr. IV.9.2.6 Mediánové spektrum denního chodu počtu částic, Ústí nad Labem-město, 2022



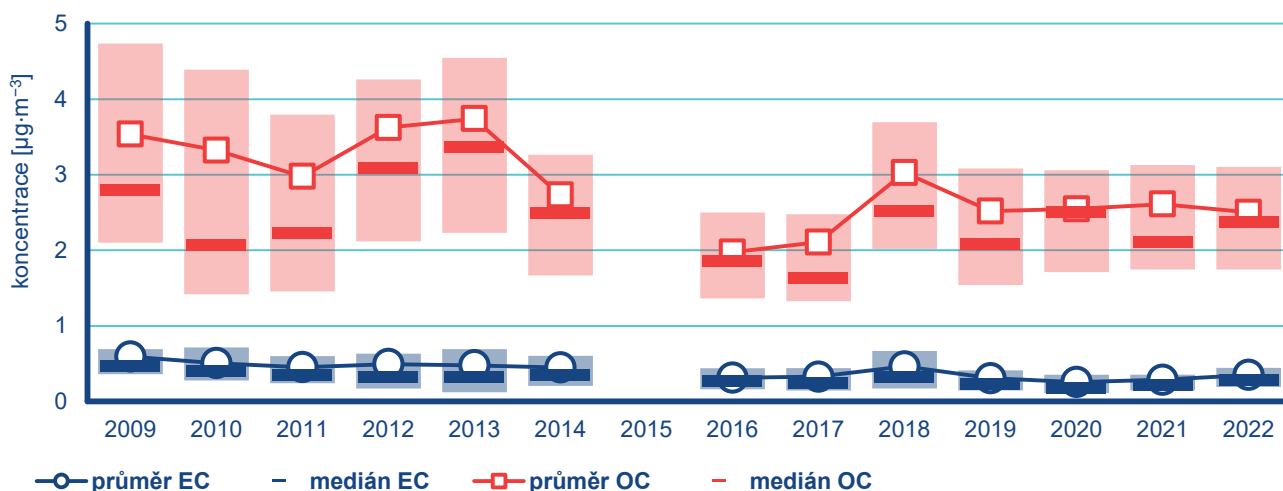
Obr. IV.9.2.7 Měsíční variabilita mediánu celkového počtu částic Hradec Králové-Brněnská, Lom, Mladá Boleslav, NAOK, Plzeň-Slovaný a Ústí nad Labem-město, 2022

IV.9.3 Monitorování koncentrací elementárního, organického a černého uhlíku

První pravidelné měření elementárního a organického uhlíku (EC/OC) v ČR bylo zahájeno v únoru 2009 na Observatoři Košetice. Průměrná koncentrace celkového uhlíku (TC) byla v letech 2009–2022 ve vzorkované frakci $PM_{2,5}$ $3,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, z čehož EC tvoří $0,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a OC $2,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. V roce 2022 byla nejvyšší průměrná koncentrace TC ($4,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) naměřena v březnu. V roce 2022 byla průměrná koncentrace TC $2,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, stejná jako v roce 2021. Průměrná roční koncentrace EC byla v roce 2022 $0,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, koncentrace OC dosáhla $2,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Při celkovém pohledu na chod koncentrací v průběhu měření lze identifikovat

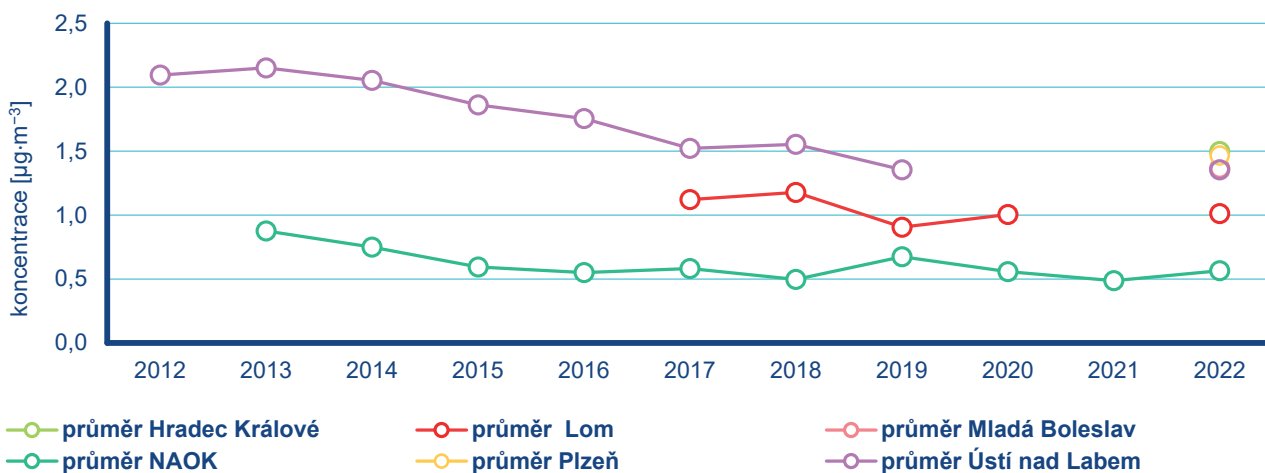
mírně klesající tendenci přes nárůst průměrných ročních koncentrací v některých letech. Zatímco od začátku měření koncentrace EC (2009 – $0,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) pozvolna klesaly, v letech 2012, 2013, 2018 a 2022 došlo opět k nárůstu koncentrací. Po obnově měření v roce 2016 se roční průměrné koncentrace pohybovaly mírně nad $0,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Výrazný nárůst byl zaznamenán v roce 2018. Podobný, ale výraznější, chod jsme zaznamenali také u OC. Nejvyšší průměrná hodnota byla naměřena v roce 2013 ($3,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), naopak nejnižší koncentrace OC ($2,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) je charakteristická pro rok 2016 (Obr. IV.9.3.1).

Měření koncentrací černého uhlíku (BC) probíhá na stanicích v rámci sítě ultrajemných částic – Hradec Králové-Brněnská, Lom, Mladá Boleslav, Plzeň-Slovany a Ústí nad Labem-město a dále na Národní atmosférické observatoři Košetice (NAOK)¹, kde jádrovou stanicí tvoří Observatoř Košetice. Na stanicích sítě ultrajemných



Pozn.: Rozpětí denních hodnot reprezentuje horní/dolní okraj obdélníků znázorňující hodnotu 75. a 25. percentilu, vodorovná čára označuje medián.

Obr. IV.9.3.1 Roční průměrné koncentrace EC a OC, Observatoř Košetice, 2009–2022



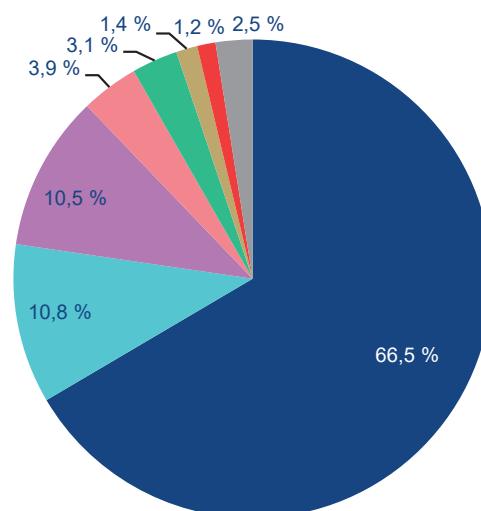
Pozn.: Rozpětí denních hodnot reprezentuje horní/dolní okraj obdélníků znázorňující hodnotu 75. a 25. percentilu, vodorovná čára označuje medián.

Obr. IV.9.3.2 Roční průměrné koncentrace BC, NAOK, 2012–2022

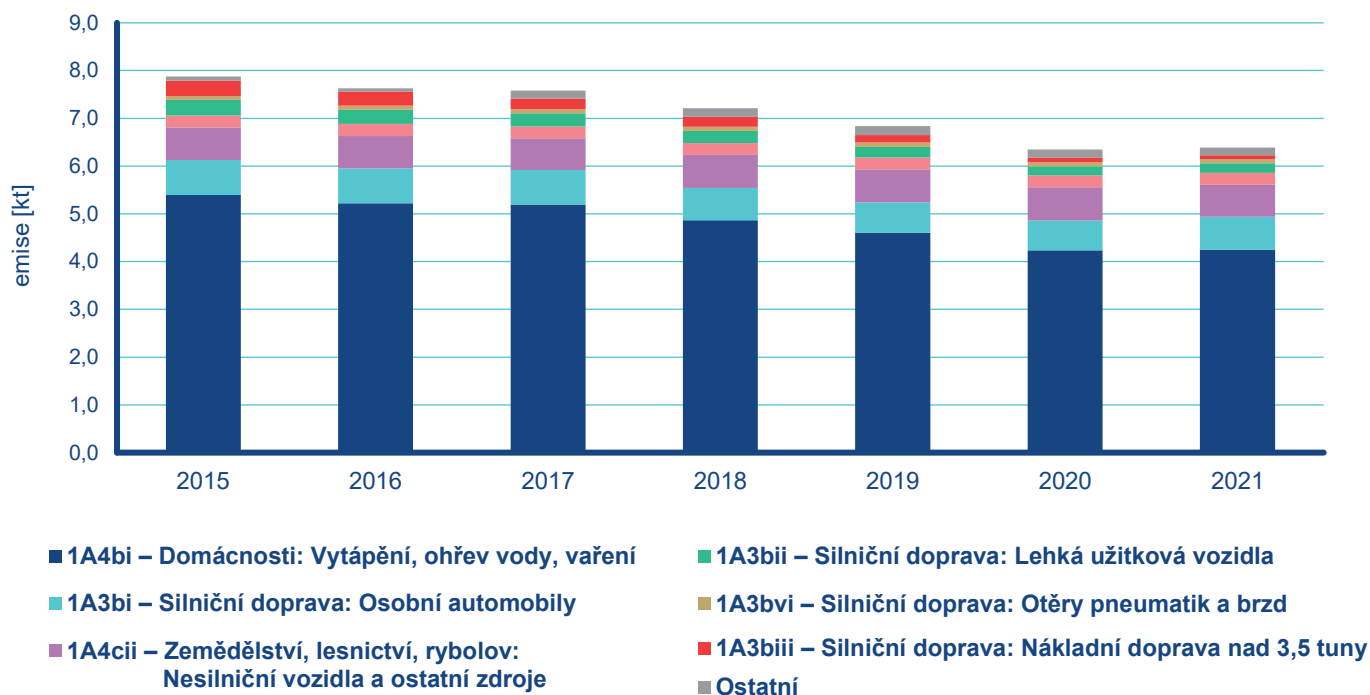
1 Název lokality NAOK je používán pro měření pořízená v rámci projektu ACTRIS-CZ. Jedná se o součást výzkumných činností, které provádí pět partnerských organizací – Český hydrometeorologický ústav, Ústav chemických procesů AV ČR, Ústav výzkumu globální změny AV ČR, Masarykova univerzita a Ústav fyziky atmosféry AV ČR. Součástí NAOK je Observatoř Košetice a zázemí Atmosférického stožáru.

částic došlo v roce 2021 k výměně přístrojového vybavení, data dosahující požadované kvality jsou proto dostupná až od roku 2022. I přes snahy dosáhnout co nejvyšší výtěžnosti dat byly na stanicích evidovány výpadky dat v rozsahu 7–36 %. Koncentrace BC na stanicích, které jsou v blízkosti dopravního zatížení, dosahovaly ročních průměrných hodnot 1,4–1,5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Hradec Králové-Brněnská, Mladá Boleslav, Plzeň-Slovany a Ústí nad Labem-město). Stanice Lom měla roční průměrné koncentrace BC hodnot 1,0 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Datová sada z NAOK je dostatečně reprezentativní, průměrné koncentrace BC v roce 2022 dosáhly hodnoty 0,6 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Obr. IV.9.3.2).

V ČR pocházelo dle výsledků inventarizace emisí v roce 2021 až 27 % emisí BC z mobilních zdrojů (ČHMÚ 2022d), a to především ze spalování paliv ve vznětových motorech. Z toho se na celkových emisích BC nejvíce podílely tyto sektory: Silniční doprava: Osobní automobily (1A3bi) 10,8 % a Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní stroje (1A4cii) 10,5 %. Ze stacionárních zdrojů vzniklo nejvíce emisí BC v sektoru Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření (1A4bi) s podílem 66,5 % na celkových emisích (Obr. IV.9.3.3). Vývoj celkových emisí BC v období 2015–2021 má klesající tendenci, na které se téměř rovnoměrně podílí obě hlavní skupiny zdrojů (Obr. IV.9.3.4)².



Obr. IV.9.3.3 Podíl sektorů NFR na celkových emisích BC, 2021



Obr. IV.9.3.4 Celkové emise BC, 2015–2021

² Podíly emisí BC na jednotlivých sektorech jsou nově přepočítány, proto se mohou výsledky uváděné v minulých letech lišit.

V. KVALITA OVZDUŠÍ V REGIONECH ČESKÉ REPUBLIKY

Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, člení území ČR pro posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění ovzduší na zóny a aglomerace, přičemž zóny jsou tvořeny jedním až třemi kraji. Tato kapitola je věnována podrobnějšímu hodnocení kvality ovzduší v regionech ČR, kde se regionem rozumí kraj, aglomerace nebo území kraje bez aglomerace. Pro meziregionální hodnocení kvality ovzduší jsou použity následující ukazatele: index kvality ovzduší (kap. V.3), koncentrace vybraných látek znečišťujících ovzduší vážených populací v regionech ČR a pro města s více než 30 000 obyvateli, podíl obyvatel žijících v nadlimitních oblastech a podíl území regionu s překročením imisních limitů (kap. V.4). Charakteristiky regionů zaměřující se na vlivy na kvalitu ovzduší jsou doplněny výčtem provozoven s nejvýznamnějšími emisemi TZL, SO_x, NO_x a dalších škodlivin v daném regionu. Graficky je znázorněn podíl kategorií REZZO na celkových emisích (Obr. V.1.1, V.1.2, V.1.3).

V.1 Charakteristika regionů

Aglomerace Praha

Hlavní město Praha patří z hlediska znečištění ovzduší mezi více zatížené oblasti ČR. Tento stav je výsledkem spolupůsobení řady antropogenních a přírodních faktorů. Poloha Prahy v členitém terénu Pražské kotliny zásadním způsobem ovlivňuje klimatické poměry a rozptylové podmínky území (Ložek et al. 2005). V údolí Vltavy zejména v chladné polovině roku vznikají vhodné podmínky pro vznik teplotních inverzí, v jejichž důsledku dochází k akumulaci koncentrací škodlivých látek v přízemní vrstvě atmosféry.

Zhoršená kvalita ovzduší souvisí zejména se značným dopravním zatížením. Praha je díky své poloze nejen hlavním uzlem silniční sítě ČR, ale i významnou křižovatkou mezinárodní přepravy. Část hlavních tahů vede centrem Prahy. Růst sektoru služeb a s ním spojená výstavba komerčních a administrativních center klade další nárok na dopravní obslužnost a na spotřebu energií včetně vytápění.

Nezanedbatelný vliv na současnou imisní situaci v Praze má i spotřeba pevných paliv pro vytápění rodinných domů především v okrajových částech města a vzrůstající obliba používání krbů a krbových kamen (MHMP 2020). Naopak u vyjmenovaných zdrojů zůstaly pouze dvě kotelny spalující pevná paliva – hnědé uhlí (NEXIMA Praha Řeporyje) a dřevěnou štěpku (FTV Lipence). Největší podíl emisí TZL a NO_x pochází z dopravy, u emisí SO_x z vytápění domácností.

Nejvýznamnější vyjmenované¹ zdroje emisí TZL jsou trvalé nebo dočasné provozovny recyklačních linek stavebních odpadů (např. KARE, Praha Chodovská) a dále těžba a zpracování nerostných surovin (Českomoravský cement – závod Radotín, KÁMEN Zbraslav nebo betonárny). Emise SO_x nejvíce produkují podniky Českomoravský cement – závod Radotín, KNAUF Praha a v malé míře rovněž uhelná kotelná NEXIMA a Pražské služby – spalovna Malešice. Nejvýznamnější zdroje emisí NO_x pochází z Českomoravského cementu – závod Radotín (cca 67 % emisí vyjmenovaných zdrojů) a z Pražských služeb, a.s. – Závod 14, Zařízení na energetické využití odpadů Malešice. Dalšími významnějšími zdroji jsou provozovny kogeneračních jednotek spalujících kalový plyn (Pražské vodovody a kanalizace, a.s., ÚČOV Praha 6) a skládkový plyn (TEDOM a.s. – kogenerační teplárna areál Daewo–Avia) nebo teplárny společnosti Veolia Energie Praha, a.s.

U emisí oxidu uhelnatého pochází dominantní podíl (více než 50 % z celkové emise vyjmenovaných zdrojů) opět z výroby cementu (Českomoravský cement – závod Radotín). U emisí NMVOC došlo proti roku 2021 ke snížení emisí u provozovny Svoboda Press téměř o polovinu (z 14,8 t na 8,5 t) a nejvýznamnější se tak stala provozovna Trelleborg Wheel Systems Czech Republic, závod Praha s emisí 15,4 t.

1 Jednotlivě jsou sledovány zdroje vyjmenované v příloze č. 2 zákona č. 201/2012, o ochraně ovzduší, s výjimkou kategorie Chovy hospodářských zvířat. Provozovatelé zdrojů jsou podle § 17 odstavce 3 písmene c) povinni vést provozní evidenci o stálých a proměnných údajích o stacionárním zdroji popisujících zdroj a jeho provoz a o údajích o vstupech a výstupech z tohoto zdroje (více viz ČHMÚ 2022d).

Zóna Střední Čechy

Středočeský kraj

Středočeský kraj je velikostí, počtem obcí i obyvatel největším krajem ČR. Reliéf kraje je poměrně málo členitý. Sever a východ je rovinatý, na jihu a jihozápadě převládají vrchoviny.

Kvalita ovzduší ve Středočeském kraji je dlouhodobě ovlivňována průmyslovým charakterem kraje; stěžejními průmyslovými odvětvími jsou strojírenství, chemie a potravinářství. Středočeský kraj má kromě Prahy nejhustší, ale také nejpřetíženější dopravní síť v ČR. V kraji je hustá dopravní infrastruktura a vysoké intenzity dopravy v návaznosti na aglomeraci Praha. Demografický vývoj kraje se začal výrazně měnit ve druhé polovině devadesátých let minulého století, a to hlavně díky výstavbě satelitních obytných celků v okolí Prahy. Je zde hustá rezidenční zástavba s lokálními topeništi. V obcích s počtem obyvatel do dvou tisíc (1 026 obcí) žije 40,1 % obyvatel. Podíl městského obyvatelstva na celkovém počtu obyvatel kraje byl 50,9 % k 31. 12. 2021 a byl nejnižší v celé ČR (ČSÚ 2023a).

Nejvýznamnější vyjmenované zdroje emisí TZL jsou výroba elektrické energie a tepla (Energotrans Mělník, Teplárna Kladno), ŠKODA AUTO – závod Mladá Boleslav, ORLEN Unipetrol RPA – Rafinérie Kralupy a těžba nebo zpracování nerostných surovin (Vápenka Čertovy schody, SHB – lom Bernartice a další). Emise SO_x pochází z výroby elektrické energie a tepla (Energotrans Mělník, Teplárna Kladno – Elektrárna Kladno, Veolia Energie Kolín – Elektrárna Kolín) a průmyslových zdrojů (např. ORLEN Unipetrol RPA – Jednotka RAFINÉRIE Kralupy). Nejvýznamnější zdroje emisí NO_x zastupují rovněž zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (Energotrans Mělník, Teplárna Kladno – Elektrárna Kladno a Veolia Energie Kolín – Elektrárna Kolín) a průmyslové zdroje (SPOLANA, KAVALIERSGLASS provozovna Sázava a ORLEN Unipetrol RPA – Jednotka RAFINÉRIE Kralupy).

U dalších znečišťujících látek je dominantní podíl (cca 53 % z celkové emise vyjmenovaných zdrojů) u emisí CO z výroby vápna (Vápenka Čertovy schody) a u emisí NMVOC z výroby aut (ŠKODA AUTO a.s. – závod Mladá Boleslav 664 t a Toyota Peugeot Citroën Automobile Czech 132 t) a výroby stavebních materiálů (Styrotrade Čakovčičky a TEMAC Zvěřinec) – dohromady více než 52 % z celkové emise vyjmenovaných zdrojů.

Zóna Jihozápad

Jihočeský kraj

Jihočeský kraj svou rozlohou je druhým největším krajem v ČR a zároveň je krajem s nejmenší hustotou zalidnění z celé ČR. Kraj představuje geograficky poměrně uzavřený celek, jehož jádro tvoří jihočeská kotlina. Převážná část kraje leží v nadmořské výšce 400 až 600 m. V Českých Budějovicích a čtyřech největších městech kraje žije cca třetina obyvatel kraje.

Kvalitu ovzduší Jihočeského kraje v rámci ČR můžeme hodnotit příznivě. K nejméně zatíženým oblastem náleží horské partie Šumavy a Novohradských hor. Zhoršenou kvalitu ovzduší lze očekávat v Českobudějovické aglomeraci a v centrech větších měst (Tábor, Písek, Strakonice) kde je soustředěna převážná část průmyslové výroby z celého kraje. Neméně důležitý vliv na kvalitu ovzduší v sídlech tvoří silniční doprava.

Nejvýznamnější vyjmenované zdroje emisí TZL zastupují zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (Teplárna České Budějovice – Novohradská ulice), těžba a zpracování nerostných surovin (LB MINERALS – pracoviště Borovany a Kámen a písek – kamenolom Plešovice) a další průmyslové zdroje (Aluprogres a KOVOSVIT MAS Foundry). Nejvýznamnější zdroje emisí SO_x z kategorie REZZO 1–2 zastupují zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (Teplárna Strakonice, Teplárna České Budějovice – Novohradská a Vrát, C–Energy Teplárna Tábor, Teplárna Písek, ZVVZ ENERGO Milevsko, Technické služby Kaplice – městská výtopna a C–Energy Planá) a nejvýznamnější zdroje emisí NO_x zastupují rovněž zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (Teplárna České Budějovice – Novohradská ulice, Teplárna Strakonice, C–Energy Teplárna Tábor, C–Energy Planá a CARTHAMUS – Energoblok Domoradice). U emisí SO_x i NO_x došlo u těchto zdrojů k nárůstu o cca 10 % proti roku 2021 a to v důsledky vyššího podílu spalovaného uhlí, souvisejícího s energetickou krizí.

Plzeňský kraj

Plzeňský kraj je svou rozlohou třetím největším krajem v ČR, avšak počtem obyvatel se řadí na osmé místo v ČR. Plzeňský kraj se vyznačuje různorodým reliéfem. Na jedné straně dominantní pásmo pohraničních pohoří na jihozápadě (Šumava a Český les), které je v protikladu s Plzeňskou kotlinou na severovýchodě kraje. Vše je doplněno centrální částí tvořenou Plzeňskou pahorkatinou a částečně Brdskou vrchovinou.

Kvalitu ovzduší Plzeňského kraje v rámci ČR můžeme hodnotit relativně příznivě. K nejméně zatíženým oblastem náleží horské partie Šumavy, Českého lesa, západní Brdy a oblast v okolí Manětína a Nečtin. Opačná situace je v Plzni a jejím okolí, kde měrné emise v okrese Plzeň-město mnohonásobně převyšují hodnoty měrných emisí v ČR. Plzeň se svým okolím je zatížena vysokou koncentrací průmyslových aktivit a silniční dopravou.

Pro Plzeňský kraj je typický vysoký počet malých sídel s nerovnoměrným rozmístěním. Chybí zde města střední velikosti. Struktura středisek je v porovnání s ČR atypická. Ve městech žije cca 66,9 % obyvatel z celkového počtu obyvatel kraje.

Nejvýznamnější vyjmenované zdroje emisí TZL zastupují průmyslové zdroje (LASSELSBERGER), těžba a zpracování nerostných surovin (LB MINERALS – VJ Plzeňsko, provoz Kaznějov a Horní Bříza nebo EUROVIA Kamenolomy – Plzeň 6–Litice) a zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (Plzeňská teplárenská – areál Teplárna). Nejvýznamnější zdroje emisí SO_x zastupují zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (Plzeňská teplárenská – areál Energetika a areál Teplárna, nebo KLATOVSKÁ TEPLÁRNA) a nej-

významnější zdroje emisí NO_x zastupují rovněž zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (Plzeňská teplárenská – areál Teplárna a areál Energetika, Plzeňská teplárenská a ZEVO Plzeň) a průmyslové zdroje (Pfeifer Holz, LASSELSBERGER Chlumčany a STOELZLE UNION). Podobně jako u Jihočeského kraje došlo u těchto zdrojů k nárůstu emisí, především u SO_x (o více než 60 % proti roku 2021) opět v důsledky vyššího podílu spalovaného uhlí, souvisejícího s energetickou krizí. Na tomto nárůstu se podílí především oba teplárenské zdroje v Plzni, u kterých se emise SO_x zvýšily o 650 tun a emise NO_x o 140 tun.

Zóna Severozápad

Karlovarský kraj

Karlovarský kraj leží na nejzápadě Čech. Na počet obyvatel je Karlovarský kraj nejmenším krajem Česka, rozlohou je třetí nejmenší. Oblast náleží ke Krušnohorské soustavě a terén má charakter převážně vrchovinný.

V kraji je významně zastoupeno lázeňství. Dalším významným ekonomickým odvětvím je těžba hnědého uhlí na Sokolovsku a kaolinu na Karlovarsku. V sokolovské oblasti je zastoupen chemický průmysl a energetika. Na území kraje jsou také známé sklářské a keramické podniky. Lehký průmysl je zastoupen hlavně těžbou dřeva a dřevozpracujícím průmyslem, výrobou dílů pro automobilový průmysl a plastů.

Kraj lze z hlediska znečišťování ovzduší rozdělit na tři oblasti. První lázeňskou část najdeme v jižní části kraje. Zde je hlavně lehký a potravinářský průmysl a na znečištění se převážně podílí lokální topeniště a doprava. V druhé části kraje najdeme chemický průmysl, hnědouhelný důl a elektrárny Vřesová a Tisová. Ty se podílí výrazně na znečištění regionu, ale současně zde najdeme i vliv lehkého průmyslu včetně skláren a keramických závodů. Třetí oblastí je Krušnohoří, kde je většina znečištění ovlivněno lokálními topeništi.

Nejvýznamnější vyjmenované zdroje emisí TZL jsou výroba elektrické energie a tepla (Sokolovská uhelná – Zpracovatelská část Vřesová a Elektrárna Tisová), těžba a zpracování uhlí a nerostných surovin (Sokolovská uhelná a Basalt CZ – provoz Libá) a dalších průmyslových zdrojů (Lias Vintířov a Synthomer). Nejvýznamnější zdroje emisí SO_x i NO_x zastupují opět zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (Sokolovská uhelná – Zpracovatelská část a Elektrárna Tisová) a průmyslové zdroje (Lias Vintířov, O–I Czech Republic – závod Nové Sedlo a Synthomer). Změna režimu provozu paroplynové elektrárny v Sokolovské uhelné, související s omezením spalování zemního plynu, vedla ke snížení emisí NO_x o téměř 2 tis. tun proti roku 2021.

Ústecký kraj

Ústecký kraj leží na severozápadě Čech. Reliéf kraje je velmi členitý od hraničního hřebenu Krušných hor, přes sopečné České středohoří, Polabskou nížinu, po nejnižší bod ČR u Hřenska.

Hospodářství kraje je specifické pro různé oblasti kraje. Od oblastí nížinných, tedy zemědělských, přes oblasti průmyslové po oblasti hornaté. Obecně se však kraj vyznačuje výraznou orientací hospodářství na těžký průmysl. Vydatná ložiska hnědého uhlí s sebou nese i průmysl energetického zpracování uhlí. Velké emisní zatížení kraje plyne i z přítomnosti největší česká rafinérie ropy, chemického průmyslu a průmyslu keramického a zpracování železných kovů a mědi. V regionu je též zastoupeno potravinářství – vinařství a pivovarnictví a zemědělství. K emisnímu zatížení kraje přispívá i lehký průmysl a lokální topeniště.

Geografická poloha Ústeckého kraje, která je ještě zvýrazněna emisemi z povrchových hnědouhelných dolů a tepelných elektráren, podporuje vznik inverzních vrstev a zadržuje vznikajících škodlivin v nižších vrstvách atmosféry. Díky odsíření a odprašení elektráren a dalších průmyslových podniků již v kraji znečištění nedosahuje takových hodnot, jako v minulosti, ale region je stále zatížen vyššími koncentracemi škodlivin. I proto je v kraji větší počet stanic pro měření znečištění venkovního ovzduší.

Nejvýznamnější vyjmenované zdroje emisí TZL zastupují zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (Elektrárna Počeradý, ČEZ – Elektrárna Pruněřov 2, ČEZ – Elektrárna Ledvice, ČEZ – Elektrárny Tušimice), těžba hnědého uhlí a nerostných surovin (např. COLAS CZ Kamenolom Císařský) a průmyslové zdroje (např. Mondi Štětí – Celulozka). Nejvýznamnější zdroje emisí SO_x zastupují opět zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (Elektrárna Počeradý, ČEZ – Elektrárny Tušimice, ČEZ – Elektrárna Pruněřov, ČEZ – Elektrárna Ledvice, ORLEN Unipetrol RPA – Teplárna T 700, ČEZ – Teplárna Trmice, United Energy – teplárna Komořany) a průmyslové zdroje (např. AGC Flat Glass Czech – závod Řetenice a Lafarge Cement). Nejvýznamnější zdroje emisí NO_x zastupují rovněž zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (Elektrárna Počeradý, ČEZ – Elektrárny Tušimice, ČEZ – Elektrárna Ledvice, ČEZ – Elektrárna Pruněřov 2, ORLEN Unipetrol RPA – Teplárna T 700) a průmyslové zdroje (např. AGC Flat Glass Czech – závod Řetenice a ORLEN Unipetrol RPA – závod PETROCHEMIE).

Při zpracování rostlinných olejů ve Viterra Czech nebo při výrobě minerální vlny v Knauf Insulation jsou produkovány významné emise NMVOC (247 t resp. 56 t). Emise NH_3 jsou rovněž produkovány v Knauf Insulation (95 t) a skla v AGC Flat Glass Czech – závod Řetenice, nebo také z procesu denitrifikace u Elektrárny Počeradý.

Zóna Severovýchod

Liberecký kraj

Liberecký kraj leží na samém severu Čech, rozlohou je po Praze druhým nejmenším. Reliéf kraje je velmi členitý – Lužické a Jizerské hory na severu, Krkonoše na severovýchodě a pahorkatiny ve středu a na jihu kraje.

Znečištění ovzduší v Libereckém kraji je menší, chybí tu výrazný zdroj těžkého průmyslu. Na znečištění se v kraji výrazně podílí těžba sklářských i stavebních písků a štěrkokopísků a dobývání stavebního kamene, lehký průmysl (sklářství, gumárenství, výroba bižuterie a mincovna), potravinářský průmysl a lokální topeniště. Výrazným zdrojem znečištění ovzduší kadmiiem je sklářský průmysl v Desné a v okolí (více viz kap. IV.6).

Nejvýznamnější vyjmenované zdroje emisí TZL zastupují zdroje s těžbou a zpracováním kamene (EUROVIA Kamenolomy – Košťálov a DP Chlum) a další průmyslové zdroje (MLÝN PERNER SVIJANY a Wotan Forest OPO JILOS). Nejvýznamnější zdroje emisí SO_x zastupují zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (ENERGIE Holding – výtopna Hradčany, Teplárna Liberec, TERMIZO a.s. – Spalovna komunálních odpadů) a průmyslové zdroje (PRECIOSA ORNELA, a.s., závod Desná a Polubný). Nejvýznamnější zdroje emisí NO_x zastupují zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (TERMIZO – Spalovna komunálních odpadů a Teplárna Liberec) a průmyslové zdroje (PRECIOSA ORNELA závod Desná a Polubný a Crystalex CZ – závod Nový Bor). Významnější emise NMVOC produkují výroby Fehrer Bohemia Česká Lípa, ALSTOM Czech Republic a.s. odštěpný závod Česká Lípa a Magna Exteriors (Bohemia) – závod Liberec.

Královéhradecký kraj

Královéhradecký kraj se nachází na severovýchodě Čech. Severní hranice kraje tvořená Orlickými horami a Krkonošemi kontrastuje s jižní hranicí tvořenou Polabskou nížinou. Kvalita ovzduší je v Královéhradeckém kraji na relativně dobré úrovni. Ovlivňuje ji především dopravní zátěž i přes velice hustou síť železniční dopravy, která je pouze na dvou tratích kompletně elektrifikována. Krajské město Hradec Králové je velkým silničním uzlem i přes to, že dálniční síť je teprve ve výstavbě. Dále je ovzduší ovlivněno lokálním vytápěním.

Nejvýznamnější vyjmenované zdroje emisí TZL zastupují průmyslové zdroje (TereosTTD – Cukrovar České Meziříčí, slévárna Seco Industries – provozovna Jičín), zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (ČEZ – provoz Elektrárna Poříčí) a těžba a zpracování nerostných surovin (výroba minerální vlny Saint-Gobain Construction Products CZ – závod Častolovice, Kimberly-Clark a Krkonošské vápenky Kunčice – lom Lánov). Nejvýznamnější zdroje emisí SO_x zastupují opět průmyslové zdroje (TereosTTD – Cukrovar České Meziříčí a Saint-Gobain Construction Products CZ – závod Častolovice) a zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (ČEZ – provoz Elektrárna Poříčí a Teplárna Dvůr Králové, Tepel-

né hospodářství – Výtopna Draha). Nejvýznamnější zdroje emisí NO_x zastupují zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (ČEZ – provoz Elektrárna Poříčí a Teplárna Dvůr Králové) a průmyslové zdroje (TereosTTD – Cukrovar České Meziříčí a Saint-Gobain Construction Products CZ – závod Častolovice). Významnější emise NMVOC produkuje výroba aut (Škoda Auto – Kvasiny 352 t), Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. - závod Častolovice a GUMOTEX Automotive Jaroměř. Téměř 100 t emisí NH_3 je produkováno při výrobě minerální vlny v Saint-Gobain Construction Products CZ – závod Častolovice.

Pardubický kraj

Pardubický kraj se nachází na jihovýchodě České republiky. Severní hranice je tvořena Orlickými horami a pohořím Kralický Sněžník. Na jihu sousedí s krajem Vysočina, z toho důvodu je i zde mírná pahorkatina. Rovinný terén je převážně v okolí krajského města Pardubice a sousedního města Chrudimi. Rozlohou je na desátém místě ze všech krajů.

Kvalita ovzduší je v kraji ovlivňována především chemickým průmyslem (například světoznámá výroba Semtexu), dopravou a lokálním vytápěním.

Nejvýznamnější vyjmenované zdroje emisí TZL zastupují zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (Elektrárna Chvaletice, Elektrárna Opatovice) a průmyslové zdroje (CEMEX Czech Republic, P-D Refractories CZ a.s., divize 06 – pálení Anna, ALL-IMPEX Pardubice – Sušárna mléka). Nejvýznamnější zdroje emisí SO_x zastupují rovněž zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (Elektrárna Opatovice, Elektrárna Chvaletice a Synthesia – odbor Energetika) a průmyslové zdroje (CEMEX Czech Republic, Synthesia – SBU Nitroceluloza – část Anorganika nebo P-D Refractories CZ). Nejvýznamnější zdroje emisí NO_x zastupují opět zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (Elektrárna Chvaletice a Elektrárna Opatovice) a průmyslové zdroje (CEMEX Czech Republic). Významnější emise NMVOC produkuje výroba asfaltových střešních krytin (SIKA Pardubice – dříve KVK Parabit), výroba nákladních vozidel (IVECO Czech Republic – Vysoké Mýto) a také cementárna CEMEX Czech Republic, která produkuje rovněž více než 20 t emisí NH_3 .

Zóna Jihovýchod

Kraj Vysočina

Kraj Vysočina patří co do rozlohy k větším krajům ČR. Od okolních krajů se odlišuje vyšší průměrnou nadmořskou výškou, vyšší členitostí území a řídkým osídlením (jedná se o pátý největší kraj, ale zároveň kraj s čtvrtým nejnižším počtem obyvatel). Více než polovinu území pokrývá zemědělská půda (60,6 %) a zbytek území tvoří především lesy (30,4 %). Celé území leží v oblasti Českomoravské vrchoviny.

Z hlediska znečištění ovzduší lze kraj hodnotit velmi pozitivně. Vysoký podíl lesů, menší podíl měst a zároveň absence výraznějšího průmyslu znamenají, že kvalita ovzduší je na většině míst příznivá. Kvalita ovzduší je v kraji ovlivňována lokálním vytápěním (hlavní zdroj TZL a SO_x) a dopravou (hlavní zdroj NO_x).

Nejvýznamnější vyjmenované zdroje emisí TZL zastupují zdroje s těžbou a zpracováním kamene (COLAS CZ – kamenolomy Rančív, Mirošov a Vícenice) a další průmyslové zdroje (Dřevozpracující družstvo Lukavec, Lukaform, KRONOSPAN CR). Nejvýznamnější zdroje emisí SO_x produkují energetické zdroje ŽĎAS a dále kotelna podniku ATOS – kotelna Stínadla. Nejvýznamnější zdroje emisí NO_x zastupují především průmyslové zdroje KRONOSPAN OSB a KRONOSPAN CR a dále kotelny Stora Enso Timber Ždírec, ŽĎAS a Dřevozpracující družstvo Lukavec. Významnější emise NMVOC produkuje zpracování dřeva (Dřevozpracující družstvo Lukavec, Lukaform, KRONOSPAN OSB a KRONOSPAN CR).

Jihomoravský kraj bez aglomerace Brno

Jihomoravský kraj se nachází na jihovýchodě ČR, jeho centrem je Brno – druhé největší město v ČR. Z pohledu meteorologického se jedná v kontextu ČR o velmi teplou oblast. Zejména v jižní části kraje je velmi rozšířeno zemědělství, nachází se zde více než 90 % veškerých vinic v ČR. Celkem tvoří zemědělská půda přibližně 60 % území. Oproti ostatním krajům má Jihomoravský kraj vyšší hustotu zalidnění.

Kvalita ovzduší je v Jihomoravském kraji ovlivňována lokálním vytápěním domácností (zejména v malých obcích) a ve větší míře se projevuje vliv již zmiňovaného zemědělství a eroze půdy v jižní části kraje. Lokálně ovlivňuje kvalitu ovzduší výrazněji také doprava, a to především na území měst a v oblastech s vyšší intenzitou dopravy (například podél dálnic D1 a D2, které krajem prochází).

Nejvýznamnější vyjmenované zdroje emisí TZL zastupují zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (především ČEZ – Elektrárna Hodonín), těžba a zpracování nerostných surovin (Českomoravský cement – závod Mokrý, COLAS CZ – kamenolom Tasovice), zpracování potravin (NAVOS Hustopeče) a další průmyslové zdroje (např. P-D Refractories CZ – Velké Opatovice). Nejvýznamnější zdroje emisí SO_x zastupují průmyslové zdroje (VETROPACK MORAVIA GLASS, TVARBET MORAVIA a SAINT-GOBAIN ADFORS CZ – Hodonice) a zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (ČEZ – Elektrárna Hodonín) a zpracování nerostných surovin (Českomoravský cement – závod Mokrý). Nejvýznamnější zdroje emisí NO_x zastupují průmyslové zdroje (Českomoravský cement – závod Mokrý, VETROPACK MORAVIA GLASS a SAINT-GOBAIN ADFORS CZ – Hodonice) a zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (ČEZ – Elektrárna Hodonín).

U emisí dalších znečišťujících látek je dominantní podíl (cca 70 % z celkové emise vyjmenovaných zdrojů) CO z výroby cementu v provozovně Českomoravský cement, Závod Mokrý, která produkuje rovněž vyšší emise NH₃. Významnější emise NMVOC produkuje GUMOTEX Coating – Břeclav 236 t).

Agglomerace Brno

Agglomerace Brno zahrnuje území druhého největšího města v ČR, Brna. Leží přibližně ve středu Jihomoravského kraje.

Tak jako v každém větším městě, ovlivňuje kvalitu ovzduší v Brně doprava, která je zdrojem zejména NO_x. Naopak lokální vytápění domácností nepředstavuje tak významný problém, jelikož je celé území plynofikované a vytápění v kotlích na pevná paliva není příliš časté, přesto nelze tento zdroj znečišťování ani v Brně opomíjet a týká se zejména okrajových městských částí.

V poslední době se projevují na území Brna v souvislosti s kvalitou ovzduší dva negativní aspekty. Tím prvním je stále nedostavěný velký městský okruh, který by svedl tranzitní, ale i část osobní dopravy mimo hustě obydlenou oblast a zvýšil plynulost dopravy. Druhým problematickým aspektem jsou stavební práce, které na některých lokalitách (zejména na jih od hlavního nádraží) mohou velmi lokálně negativně ovlivňovat kvalitu ovzduší navýšením koncentrací suspendovaných částic PM₁₀. Stavební práce probíhají například také právě na dostavění velkého městského okruhu, což kromě emisí ze samotného staveniště způsobuje dopravní kolony a tím i potenciální zvýšení emisí z dopravy v dané lokalitě.

Za konkrétních rozptylových a meteorologických podmínek se i na území Brna projevuje výrazněji vliv dálkového transportu, a to především při severovýchodním proudění, kdy se Moravskou bránou na území aglomerace dostává znečištění z Moravskoslezského kraje či přeshraničně až z Polska.

Nejvýznamnějším vyjmenovaným zdrojem emisí TZL je Eligo – odštěpný závod Brno. Významné množství emisí TZL (cca 15 t) pocházelo také z provozu recyklačních linek stavebních hmot. Nejvýznamnější zdroje emisí SO_x zastupují zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (SAKO Brno – divize 3 ZEVO a provozny Tepláren Brno) a dále průmyslové zdroje (např. Slévárna HEUNISCH Brno). Nejvýznamnější zdroje emisí NO_x zastupují rovněž zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (Teplárny Brno a SAKO Brno – divize 3 ZEVO) a průmyslové zdroje (REMET – provoz Brno a Brněnská obalovna).

Zóna Střední Morava

Olomoucký kraj

Olomoucký kraj patří hustotou zalidnění i rozlohou k průměru v rámci ČR. Geograficky zahrnuje sever a severozápad Moravy (zde v Hrubém Jeseníku dosahuje území nejvyšších nadmořských výšek) a západ Českého Slezska. Na severu sousedí s Polskem. Jihovýchodní části kraje charakterizují nížinné oblasti Hané, lemované výběžky vrchovin. Od severu k jihu krajem protéká řeka Morava. Tyto geografické podmínky ovlivňují nejen polohu hlavních dopravních koridorů, ale i charakter šíření znečišťujících látek v atmosféře.

V kraji převažuje zpracovatelsko–strojírenský průmysl a zemědělská činnost. Územím kraje procházejí dálnice D1, D35 a D46. Na znečištění ovzduší se také podílí dálkový a regionální přenos znečištění ze zahraničí (Polsko) i ze sousedního Moravskoslezského kraje. Významné množství lokálních emisí však vzniká při nedokonalém spalování paliv v sektoru vytápění domácností.

Nejvýznamnější vyjmenované zdroje emisí TZL zastupují zdroje s těžbou a zpracováním kamene (Cement Hranice, PRECHEZA, OMYA CZ – závod Pomezí, Litovelská cukrovarna) a další průmyslové zdroje, např. Javořice Ptení a PRECHEZA. Nejvýznamnější zdroje emisí SO_x zastupují průmyslové zdroje (PRECHEZA, Tereos TTD, Litovelská cukrovarna) a zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (Veolia Energie ČR – Teplárna Olomouc a Teplárna Přerov). U emisí NO_x se jedná o průmyslové zdroje (CEMEX Hranice, Tereos TTD, PRECHEZA, VÁPENKA VITOŠOV a Litovelská cukrovarna) a zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (Veolia Energie ČR – Teplárna Olomouc a Teplárna Přerov).

U dalších znečišťujících látek je dominantní podíl (téměř 70 % z celkové emise vyjmenovaných zdrojů) u emise CO provozovny Cement Hranice, produkující také větší emise NH₃. Významné emise NMVOC produkuje podnik ADM Olomouc.

Zlínský kraj

Zlínský kraj leží na východě ČR a je tvořen kopcovitým terénem, který místy přechází v hornatý. Celkově zaujímá Zlínský kraj 5 % celkového území ČR. Jedná se o kraj s nadprůměrnou lesnatostí ve srovnání s jinými kraji v ČR. Zemědělská půda tvoří přibližně polovinu území kraje.

Kvalitu ovzduší ve Zlínském kraji lze celkově hodnotit jako zhoršenou ve srovnání s jinými kraji v ČR. Je to dáno především malými zdroji znečišťování, tedy hlavně lokálním vytápěním domácností. Právě menší zdroje znečišťování ovzduší jsou v případě TZL a benzo[*a*]pyrenu dominantní. Do jisté míry se na znečištění podílí také větší průmyslové zdroje, což platí hlavně u NO_x a SO_x. Emise NO_x pochází především z dopravy, která ovlivňuje kvalitu ovzduší v tomto kraji lokálně, zejména v oblastech měst a oblastí s vyšší intenzitou dopravy. Zhoršená kvalita ovzduší v kraji je do značné míry dána také dálkovým transportem znečišťujících látek z okolí, a to zejména ze severu a severovýchodu, tedy z oblastí Moravskoslezského kraje či přeshraničně z Polska.

Nejvýznamnější vyjmenované zdroje emisí TZL zastupují zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (DEZA – Energetika, Teplárna Otrokovice) a dále průmyslové zdroje (CS CABOT, Zlínské cihelny – Závod Žopy). Nejvýznamnější zdroje emisí SO_x a NO_x zastupují zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (DEZA – Energetika, Teplárna Otrokovice, Teplárna Zlín, CTZ Uherské Hradiště) a průmyslové zdroje (DEZA – Chemické výroby, CS CABOT a SAKER ALUSAK).

U dalších znečišťujících látek patří k významnějším emise NMVOC (více než 130 t) u provozovny SPUR – Zlín.

Moravskoslezský kraj

Moravskoslezský kraj je dle zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, pro účely posuzování a hodnocení kvality ovzduší rozdělen na zónu Moravskoslezsko a aglomeraci O/K/F-M (Obr. I.2).

Moravskoslezský kraj je třetím nejlidnatějším v ČR, hustotou zalidnění je druhý v pořadí za Prahou. Větší část kraje leží v Českém Slezsku. Svou polohou na severovýchodě republiky zahrnuje jak nejprůmyslovější regiony ČR, tak i zemědělské a horské oblasti. Tato rozmanitost je způsobena geografickými i geologickými podmínkami (od horských poloh přes hornatiny, náhorní plošiny až po nížinný terén), podstatnou roli sehrává hraniční poloha s Polskem. Významným dopravním tahem je dálnice D47–Lipník–Ostava. Krajem procházejí dva mezinárodní železniční koridory.

Přírodní charakter a odlišný ekonomický vývoj se podílejí na rozdílech v kvalitě životního prostředí jednotlivých oblastí kraje. Nejzávažnější dopady na životní prostředí se koncentrují do střední a severovýchodní části kraje (Ostravsko, Karvinsko, Frýdecko-Místeko a Třinecko), jehož obyvatelstvo je vystaveno nejvyšší míře znečištění ovzduší v rámci ČR. Na druhé straně jsou součástí Moravskoslezského kraje také místa s významnými a cennými přírodními zvláštnostmi, jež jsou chráněny v rámci tří CHKO.

Zóna Moravskoslezsko

Mimo průmyslové jádro kraje, ležící v samostatně popisované aglomeraci O/K/F-M, se nachází jen relativně malá část vyjmenovaných zdrojů znečišťování. Nejvýznamnějším takovým technologickým zdrojem je výroba vápna, dalšími jsou teplárenské a technologické zdroje (potravinářství, léčiva). Ačkoliv u vytápění domácností v průměru převládají centrální zdroje tepla, v kraji je evidován stále vysoký podíl spalování pevných paliv v zastaralých typech spalovacích zařízení.

Mimo průmyslové jádro kraje mezi nejvýznamnější vyjmenované zdroje emisí TZL patří zdroje s těžbou a zpracováním kamene (EUROVIA Kamenolomy, Jakubčovice nad Odrou, KAMENOLOMY ČR – kamenolom Bohučovice) a další průmyslové zdroje (TATRA METALURGIE – slévárna, Moravskoslezské cukrovarny – odštěpný závod Opava, a AL INVEST Břidličná). Nejvýznamnější zdroje emisí SO_x a NO_x zastupují průmyslové zdroje (Moravskoslezské cukrovarny – odštěpný závod Opava, AL INVEST Břidličná, a.s. a LB Cemix, KOTOUČ ŠTRAMBERK – výroba vápna) a zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (TEPLO BRUNTÁL – Centrální výtopna, Veolia Energie ČR – Teplárna Krnov).

U dalších znečišťujících látek je dominantní podíl (více než 90 % z celkové emise vyjmenovaných zdrojů) u emise CO z výroby vápna (LB Cemix, KOTOUČ ŠTRAMBERK). Významné emise NMVOC produkují podniky Teva Czech Industries (331 t), STYROTRADE Rýmařov (291 t) a AL INVEST Břidličná (144 t).

Agglomerace Ostrava/ Karviná/Frýdek-Místek

Charakter i plocha aglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek se od ostatních dvou aglomerací ČR (Praha a Brno) výrazně odlišují. Agglomerace zahrnuje plochu tří celých okresů, nikoliv pouze městské oblasti. Celkem aglomerace O/K/F-M zaujímá více než třetinu Moravskoslezského kraje. Území je historicky zatížené rozsáhlou průmyslovou činností v oblasti Hornoslezské pánve. Klíčovými faktory ovlivňujícími výslednou kvalitu ovzduší jsou vysoká koncentrace průmyslové výroby, velká hustota zástavby s lokálním vytápěním pevnými palivy a hustá dopravní infrastruktura na obou stranách česko-polské hranice. Obce na většině území aglomerace na sebe navzájem bezprostředně navazují (tzv. slezský typ zástavby) a průmyslové areály jsou součástí měst.

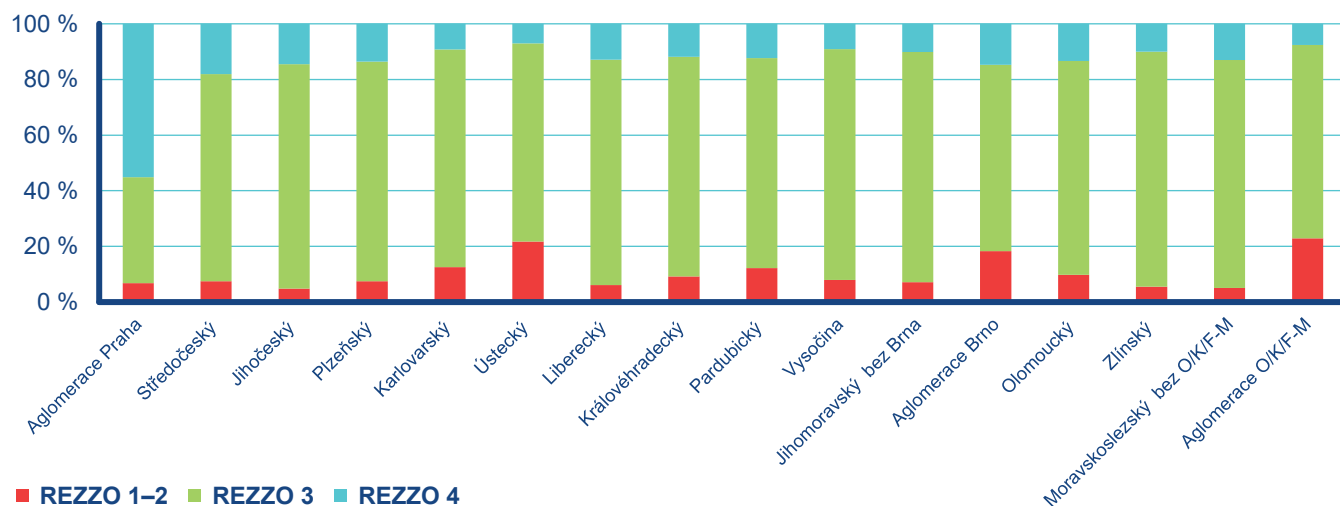
Podstatným činitelem, který se podílí na výsledné snížené kvalitě ovzduší v aglomeraci, je míra a charakter přeshraničního i meziregionálního přenosu znečištění v nejčtetnějších směrech proudění větru. V oblasti česko-polské hranice je to nejtypičtěji v ose jihozápad-severovýchod. V aglomeraci (a to nejen v bezprostřední blízkosti hranice na Karvinsku) tak významně ovlivňují kvalitu ovzduší (za určitých meteorologických situací dokonce určujícím způsobem) také přeshraniční emise a imisní příspěvky pocházející z území Polska. Možnosti rozptylu či přenosu znečišťujících příměsí v atmosféře podmiňují i další meteorologické faktory (kap. III). Nejen v nížinné rovině Ostravské pánve, ale například i v horských údolích aglomerace dochází k častému výskytu inverzního charakteru počasí se stabilním teplotním zvrstvením atmosféry, a tedy zhoršenými rozptylovými podmínkami, které zvláště v zimním období rovněž významně přispívají ke zvyšování koncentrací znečišťujících látek v ovzduší. K nejčastějšímu výskytu smogových epizod s nadprahovými koncentracemi suspendovaných částic PM_{10} v rámci aglomerace dochází v údolních oblastech Olše a Odry s těžištěm výskytu od prosince do února (podrobnosti v kap. VI).

Jednotlivé kategorie zdrojů emisí mají v aglomeraci O/K/F-M odlišné zastoupení, než je tomu v jiných oblastech ČR. Podíl průmyslových zdrojů a energetiky na emisích hlavních škodlivin se stále snižuje. Významné hutní komplexy společně s koksovny, energetikou a dalšími individuálně sledovanými zdroji však dosud produkují podstatnou část znečištění.

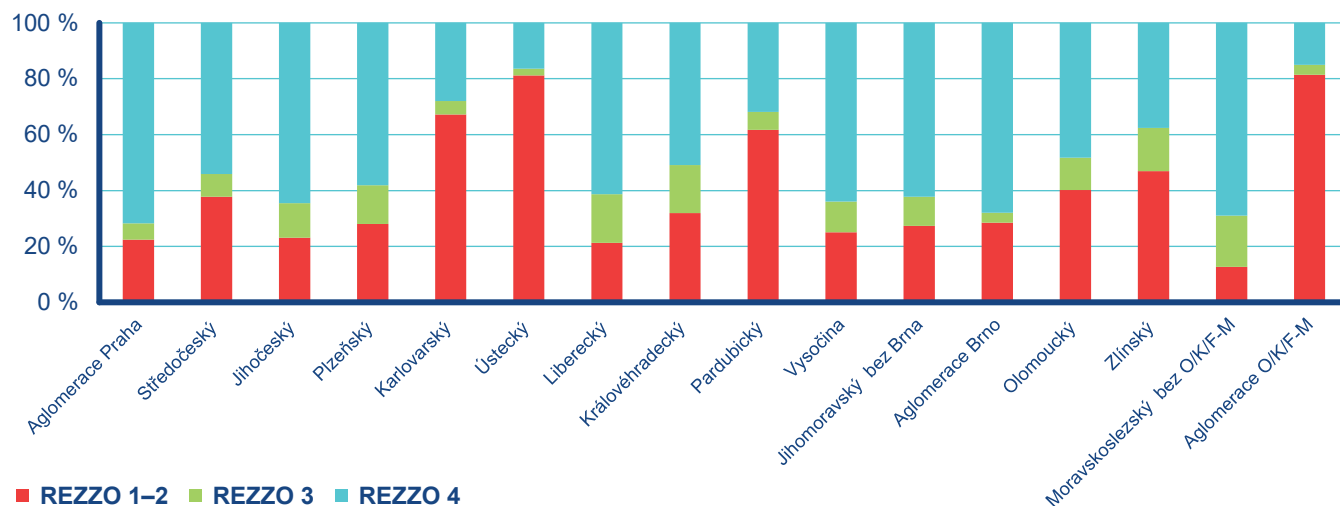
Z hlediska vytápění lze v hodnoceném území nalézt významnější rozdíly vyplývající především z charakteru skladby domácností jednotlivých okresů. Zatímco v okrese Frýdek-Místek se podíl bytů používajících jako hlavní druh energie pevná paliva podle výsledků SLDB 2021 (ČSÚ 2023b) blíží 20 %, v okrese Karviná se jedná o cca 7 % a v okrese Ostrava o 4 %. Tato skutečnost, zvýrazněná navíc vyšší průměrnou nadmořskou výškou sídel v okrese Frýdek-Místek i větší průměrnou plochou bytů, se projevuje především u emisí, u nichž tvoří kategorie REZZO 3 významnější podíl, tj. u TZL a částic, VOC, benzenu a především u emisí benzo[a]pyrenu.

Nejvýznamnější vyjmenované zdroje emisí TZL náleží k hutnímu průmyslu (Liberty Ostrava především závod 13 Ocelárna, závod 12 Vysoké pece a Koksovna, TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY – Výroba surového železa a dále např. OKK Koksovny – Koksovna Svoboda). Další významné zdroje souvisí s výrobou elektrické energie a tepla (Elektrárna Dětmorovice a ENERGETIKA TŘINEC) a průmyslovými výrobami (OKK Koksovny - Koksovna Svoboda a Mayr-Melnhof Holz Paskov s.r.o.). Nejvýznamnější zdroje emisí SO_x zastupují průmyslové zdroje (Liberty Ostrava – závod 12 Vysoké pece, TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY – Výroba surového železa), zdroje pro výrobu elektrické energie a tepla (Veolia Energie ČR – Elektrárna Třebovice a ČSA, TAMEH Czech a ENERGETIKA TŘINEC). Nejvýznamnější zdroje emisí NO_x zastupují rovněž průmyslové zdroje (TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, Liberty Ostrava a Biocel Paskov) a výroba elektrické energie a tepla (TAMEH Czech – Teplárna společnosti, Veolia Energie ČR – Elektrárna Třebovice, ENERGETIKA TŘINEC a Elektrárna Dětmorovice).

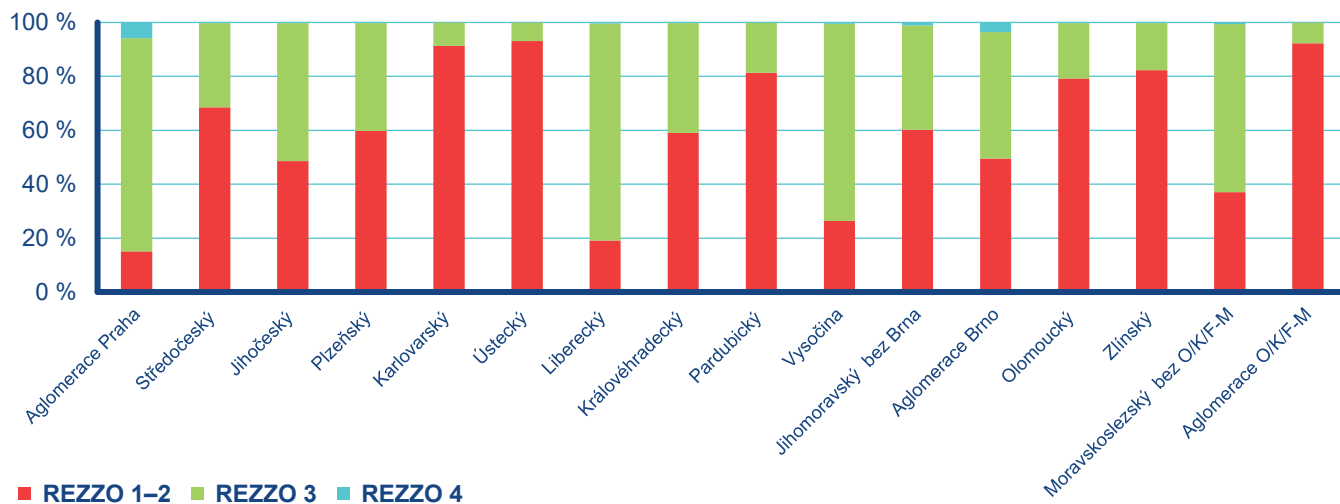
U emisí dalších znečišťujících látek je dominantní podíl emisí CO při výrobě oceli (TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY a Liberty Ostrava). Významné emise NMVOC produkuje výroba automobilů HYUNDAI MOTOR MANUFACTURING CZECH (170 t) a Lenzing Biocel Paskov (53 t). Větší emise NH_3 produkuje podnik ROCKWOOL, výrobní závod Bohumín (78 t) a BorsodChem MCHZ.



Obr. V.1.1 Skladba emisí TZL v regionech ČR, 2020



Obr. V.1.2 Skladba emisí NO_x v regionech ČR, 2020



Obr. V.1.3 Skladba emisí SO_x v regionech ČR, 2020

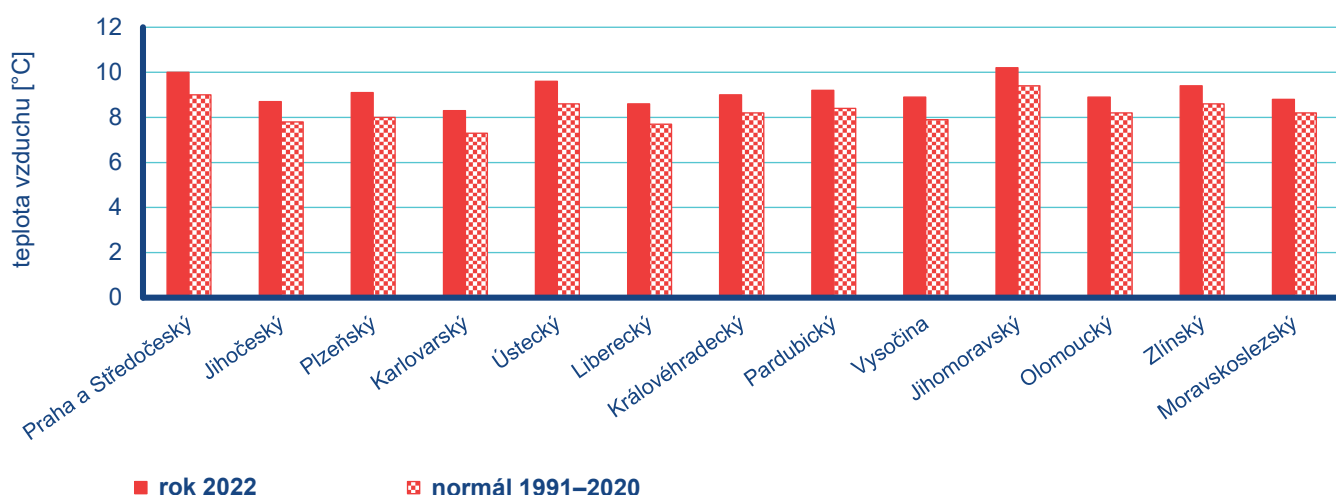
V.2 Meteorologické a rozptylové podmínky v regionech České republiky

Meteorologické podmínky

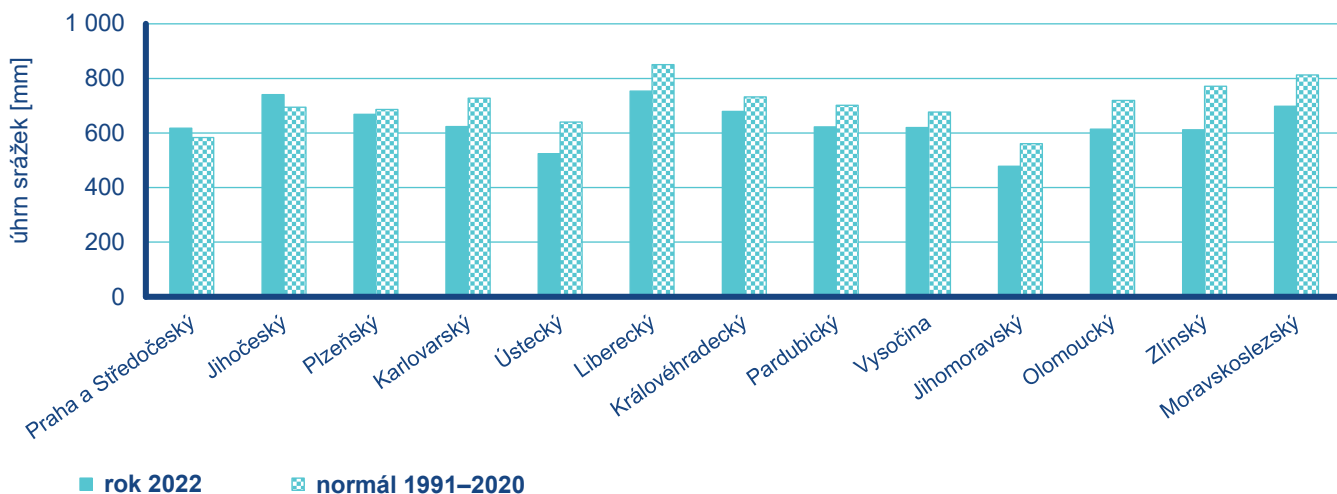
Průměrná roční teplota byla v roce 2022 ve všech regionech ČR vyšší než dlouhodobý normál 1991–2020. Nejvyšší roční územní teplota vzduchu byla zaznamenána v Jihomoravském kraji (10,2 °C), nejnižší pak v kraji Karlovarském (8,3 °C). Největší odchylka od normálu byla zaznamenána v Plzeňském kraji (9,1 °C, odchylka +1,1 °C), naopak nejmenší v Moravskoslezském kraji (8,8 °C, odchylka +0,6 °C). Teplota vzduchu v dubnu a v září byla

ve všech regionech nižší než normál 1991–2020, v březnu se regionální teplota vzduchu pohybovala těsně kolem hodnoty normálu. V ostatních měsících byla teplota vzduchu vyšší než normál 1991–2020 (Obr. V.2.1).

Rozložení srážek bylo v roce 2022 v regionech ČR rozmanité. V Praze, Středočeském a Jihočeském kraji byl průměrný roční srážek vyšší než dlouhodobý normál, v ostatních regionech byl nižší. Nejvyšší roční územní úhrn srážek byl naměřen v Libereckém kraji (754 mm), nejnižší pak v kraji Jihomoravském (478 mm). Největší odchylka od normálu byla zaznamenána ve Zlínském kraji (612 mm, 79 % normálu), nejmenší pak v Plzeňském kraji (669 mm, 98 % normálu). Úhrn srážek v březnu, květnu a říjnu byl ve všech regionech nižší než normál. V září převažovaly úhrny srážek vyšší než normál, s výjimkou Jihomoravského a Moravskoslezského kraje. V ostatních měsících byly srážky rozloženy nerovnoměrně, v závislosti na synoptické situaci a geografii území 2020 (Obr. V.2.2).



Obr. V.2.1 Průměrné roční teploty vzduchu v regionech v roce 2022 v porovnání s normálem 1991–2020

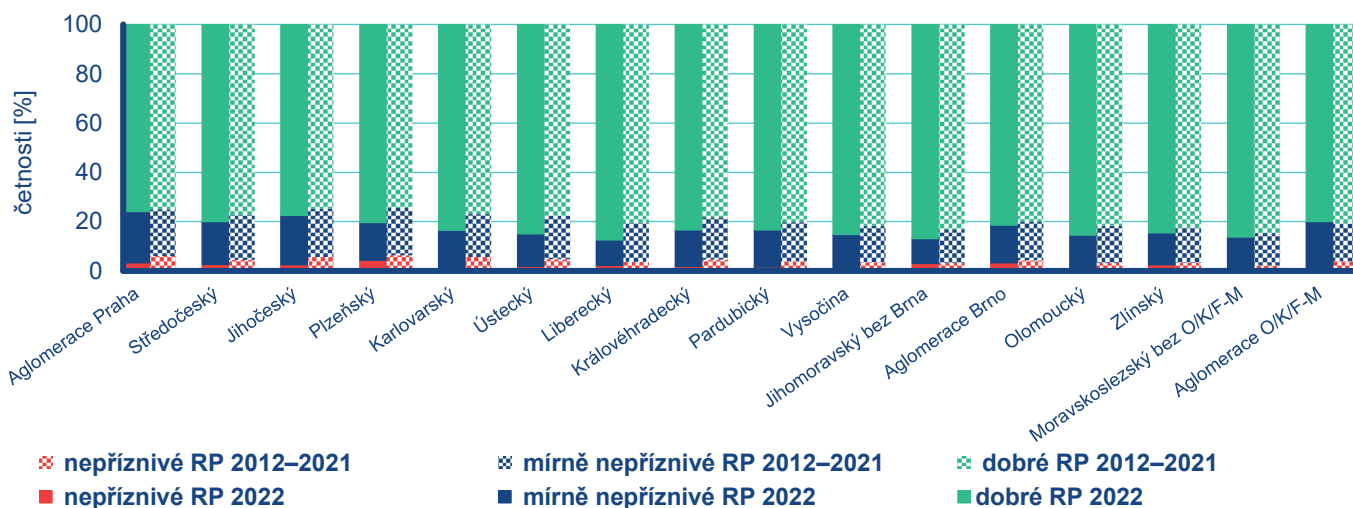


Obr. V.2.2 Roční úhrny srážek v regionech v roce 2022 v porovnání s normálem 1991–2020

Rozptylové podmínky

V porovnání s desetiletým průměrem 2012–2021 byly v roce 2022 v Karlovarském kraji výrazně lepší rozptylové podmínky (RP), v krajích Plzeňském, Ústeckém, Libereckém a Královéhradeckém zlepšené RP. V ostatní regionech byly RP standardní. Ve všech regionech byly v lednu a únoru zaznamenány pouze

zlepšené nebo výrazně lepší RP. V červnu, červenci a v prosinci převažovaly standardní až výrazně lepší RP. V ostatních měsících převažovaly standardní RP, s výjimkou moravských a slezských regionů, kde se častěji vyskytovaly zhoršené RP (Obr. V.2.3).



Obr. V.2.3 Četnosti výskytu rozptylových podmínek v regionech v roce 2022 v porovnání s 10letým průměrem 2012–2021

V.3 Index kvality ovzduší v regionech České republiky

Index kvality ovzduší (IKO) podává souhrnnou informaci o kvalitě ovzduší na konkrétní měřicí stanici a byl navržen Úsekem kvality ovzduší ČHMÚ ve spolupráci se Státním zdravotním ústavem (SZÚ). Aktuální hodnoty IKO jsou dostupné na internetových stránkách ČHMÚ¹, spolu s konkrétními radami a doporučeními SZÚ² k zajištění ochrany lidského zdraví (Tab. V.3.1). Uvedená zdravotní doporučení jsou podložena hodnoceními Světové zdravotnické organizace (WHO 2000).

V jednotlivých regionech převládala v roce 2022 velmi dobrá až dobrá kvalita ovzduší.

Index kvality ovzduší na městských a předměstských stanicích

Na městských a předměstských stanicích se v roce 2022 vyskytoval nejčastěji první stupeň IKO (1A a 1B, velmi dobrá až dobrá kvalita ovzduší), a to v rozmezí 60–76 % v závislosti na daném regionu (Obr. V.3.1). Nejvyšší výskyt byl zaznamenán v Jihomoravském kraji bez aglomerace Brno (76 %), nejnižší pak ve Středočeském kraji (60 %). Druhý stupeň IKO (2A a 2B, přijatelná kvalita ovzduší) byl nejčastěji zaznamenán ve Středočeském kraji (39 %), nejméně často v Jihomoravském kraji bez aglomerace Brno (24 %). Třetí stupeň IKO (3A a 3B, zhoršená až špatná kvalita ovzduší) byl zaznamenán ve všech regionech ČR, nejvíce pak v Libereckém kraji a v aglomeraci O/K/F-M (0,4 %).

Index kvality ovzduší na venkovských stanicích

Na venkovských stanicích se v roce 2022 vyskytoval nejčastěji první stupeň IKO, a to v rozmezí 55–71 % v závislosti na daném regionu (Obr. V.3.2). Nejvyšší výskyt prvního stupně byl zaznamenán v Moravskoslezském kraji bez aglomerace O/K/F-M (71 %), nejnižší v aglomeraci O/K/F-M (55 %). Druhý stupeň IKO byl nejčastěji zaznamenán v aglomeraci O/K/F-M (44 %), nejméně často v aglomeraci O/K/F-M (29 %). Třetí stupeň IKO byl zaznamenán ve všech regionech, kde je k dispozici měření z venkovských stanic, s výjimkou Jihočeského a Ústeckého kraje. Nejčastěji se třetí stupeň IKO vyskytoval v aglomeraci O/K/F-M (1 %).

Index kvality ovzduší na dopravních stanicích

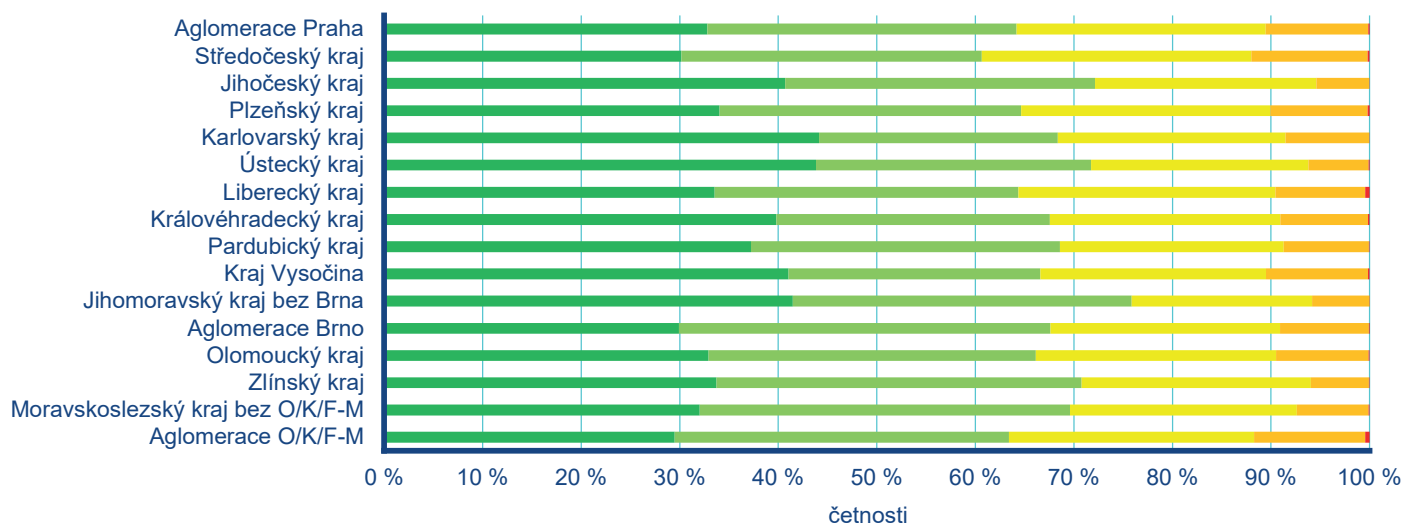
Na dopravních stanicích se v roce 2022 vyskytoval nejčastěji první stupeň IKO, a to v rozmezí 46–65 % v závislosti na daném regionu (Obr. V.3.3). Výjimku tvoří Středočeský kraj, kde převažoval druhý stupeň IKO (52,7 %) oproti prvnímu stupni (46,1 %). Nejvyšší výskyt prvního stupně byl zaznamenán v Pardubickém kraji (65 %). Druhý stupeň IKO byl po Ústeckém kraji nejčastěji zaznamenán v aglomeraci Praha (44 %), nejméně často v Pardubickém kraji (35 %). Třetí stupeň IKO byl zaznamenán ve všech regionech, kde jsou k dispozici měření z dopravních stanic. Nejčastěji se třetí stupeň IKO vyskytoval ve Středočeském kraji (1,2 %).

Tab. V.3.1 Doporučení SZÚ ke snížení expozice obyvatel znečišťujícími látkami a ochraně zdraví

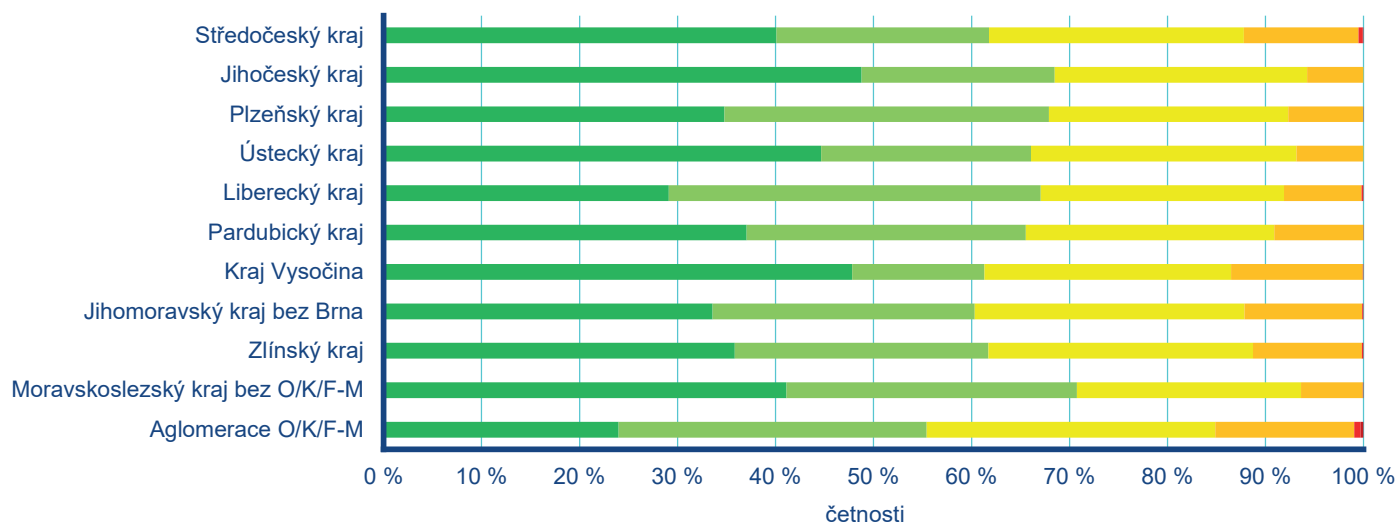
Stupeň	Kvalita ovzduší	Citlivé a ohrožené skupiny	Obecná populace
1A	velmi dobrá	Ideální podmínky pro pobyt venku.	Ideální podmínky pro pobyt venku.
1B	až dobrá	Venkovní aktivity bez omezení.	Venkovní aktivity bez omezení.
2A	přijatelná	V případě dobrého zdravotního stavu není třeba měnit své obvyklé venkovní aktivity.	Venkovní aktivity bez omezení.
2B		Zvažte snížení nebo odložení namáhavých venkovních činností, zejména pokud zaznamenáte příznaky, jako je kašel a dráždění krku.	Není třeba měnit své obvyklé aktivity venku.
3A	zhoršená až špatná	Omezte namáhavé činnosti zejména ve venkovním prostředí. Lidé s chronickým onemocněním, starší lidé a děti by měli omezit fyzickou aktivitu.	Zvažte snížení nebo odložení namáhavé venkovní činnosti.
3B		Zkraťte pobyt venku a vyhněte se při tom fyzické námaze.	Omezte nebo odložte namáhavé venkovní činnosti.

1 www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/actual_3hour_data_CZ.html

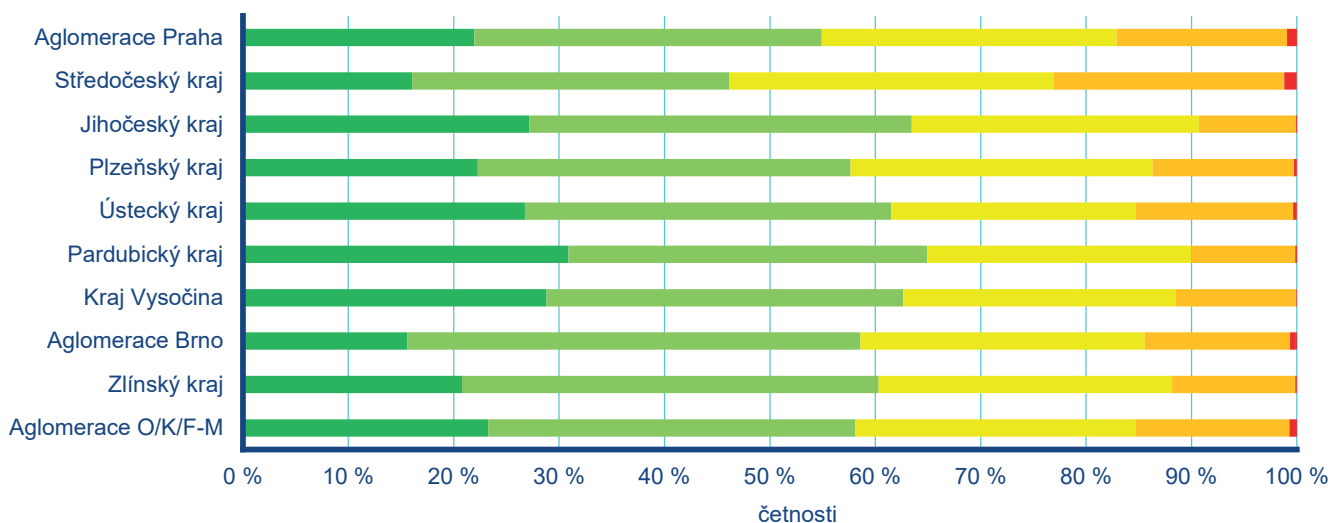
2 www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/d_szu.pdf



Obr. V.3.1 Skladba indexu kvality ovzduší na městských a předměstských pozadových měřicích stanicích v jednotlivých regionech ČR, 2022



Obr. V.3.2 Skladba indexu kvality ovzduší na venkovských pozadových měřicích stanicích v jednotlivých regionech ČR, 2022



Obr. V.3.3 Skladba indexu kvality ovzduší na dopravních měřicích stanicích v jednotlivých regionech ČR, 2022

■ 1A ■ 1B velmi dobrá až dobrá KO ■ 2A ■ 2B přijatelná KO ■ 3A ■ 3B zhoršená až špatná KO

V.4 Regionální rozdíly kvality ovzduší v České republice

Kvalita ovzduší má zásadní vliv na lidské zdraví a životní prostředí. V jednotlivých regionech ČR se kvalita ovzduší liší, a to z důvodu výskytu a vlivu různých emisních zdrojů a místních podmínek, jako je například reliéf. Regionální rozdíly v kvalitě ovzduší jsou popsány pomocí několika ukazatelů. Nejdůležitějším ukazatelem je podíl území regionu s překročením imisních limitů a koncentrace vybraných látek znečišťujících ovzduší vážené populací v regionech ČR a pro města s více než 30 000 obyvateli.

V.4.1 Podíl území a obyvatelstva regionů vystavených nadlimitním koncentracím

Vývoj podílu území s nadlimitními koncentracemi polutantů, bez zahrnutí přízemního O_3 , v zónách a aglomeracích za hodnocené období 2012–2022 poukazuje na značné regionální rozdíly kvality ovzduší v ČR (Obr. V.4.1.1). Nejvíce zatíženými regiony z pohledu podílu území, kde došlo k překročení imisního limitu alespoň pro jednu látku znečišťující ovzduší, jsou dlouhodobě aglomerace O/K/F-M, Moravskoslezský kraj bez aglomerace O/K/F-M, Olomoucký a Zlínský kraj. K regionům, kde byla vymezena významná část území s nadlimitními koncentracemi, patřila do roku 2018 i aglomerace Praha, ve které v roce 2019 došlo k nejvýraznějšímu zmenšení plochy s nadlimitními koncentracemi v souvislosti s poklesem koncentrací benzo[a]pyrenu a suspendovaných částic PM_{10} . Podobnou situaci, kdy ke zlepšení došlo po roce 2018, pozorujeme i v dalších regionech ČR; nicméně v těchto regionech byl podíl území s nadlimitními koncentracemi před rokem 2018 v porovnání s nejvíce zatíženými regiony nižší. Naopak k regionům s nejnižším až v některých letech nulovým podílem území s výskytem nadlimitních koncentrací patří kraje Karlovarský, Plzeňský, Jihočeský a Vysočina. V některých regionech již po několikáté nedošlo v roce 2022 k vymezení území s nadlimitními koncentracemi polutantů, v ostatních regionech se v roce 2022 jednalo zatím o nejmenší území.

Zahrnutí přízemního ozonu se projeví výrazným navýšením podílu území s nadlimitními koncentracemi, a to v regionech, kde není dominantní znečištění ovzduší plynoucí z jiných polutantů (Obr. V.4.1.2). S výjimkou kraje Vysočina v roce 2014 došlo k vymezení tohoto území ve všech regionech v období 2012–2020. V některých regionech v Čechách (Karlovarský, Ústecký, Plzeňský kraj, Praha, Středočeský a Liberecký kraj) je patrný nárůst tohoto podílu za období 2012–2020, zatímco v některých regionech

na Moravě (Olomoucký, Moravskoslezský kraj bez aglomerace O/K/F-M a aglomerace O/K/F-M) podíl území s nadlimitními koncentracemi klesá. V ostatních regionech je vývoj kolísavý. V roce 2021 nastala situace, kdy ve většině regionů nedošlo k překročení imisního limitu pro přízemní O_3 nebo došlo k překročení na velice malém území. Podobná situace se opakovala i v roce 2022, kdy v některých regionech k vymezení území opět vůbec nedošlo, v ostatních se jednalo o zatím nejmenší podíl území s nadlimitními koncentracemi včetně O_3 . Důvodem jsou relativně nízké koncentrace přízemního O_3 měřené v posledních třech letech 2020–2022. V důsledku těchto snížených koncentrací došlo k překročení imisního limitu O_3 za hodnocené tříleté období 2020–2022¹ pouze na 0,2 % území ČR s 0,02 % obyvatel (více viz kap. IV.4).

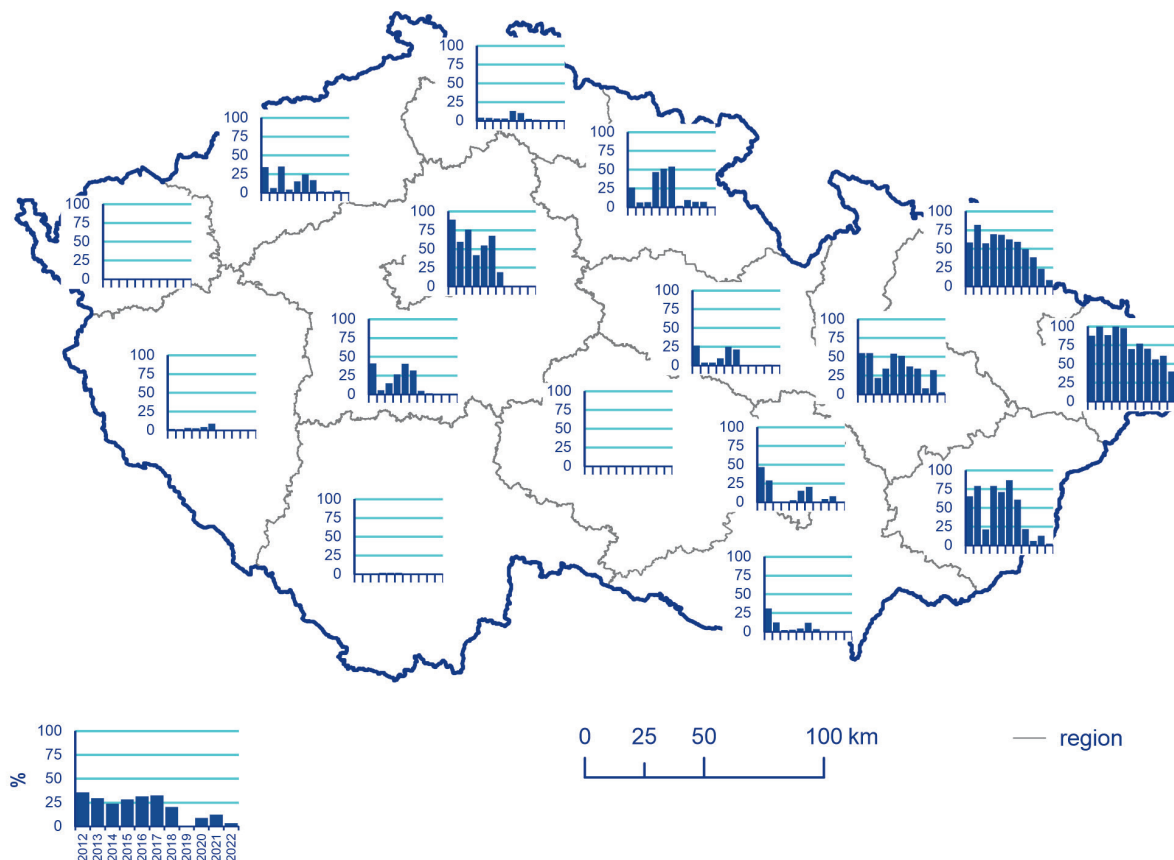
Kromě podílu území s překročenými imisními limity je uvedeno procento obyvatel žijících v oblastech regionů zasažených nadlimitním znečištěním v letech 2012–2022 (Obr. V.4.1.3 a Obr. V.4.1.4). Ukazatel podílu území s nadlimitními koncentracemi a procenta obyvatel žijících v těchto oblastech doplněn i o ukazatel počtu obyvatel žijících v těchto oblastech. Důvodem je to, že v některých regionech může území s výskytem nadlimitních koncentrací se zahrnutím přízemního O_3 pokrývat oblasti s nízkou hustotou obyvatel (k výskytu nejvyšších koncentrací O_3 dochází obecně v relativně čistých, přírodních a méně obydlených oblastech; více viz kap. IV.4). V hustě osídlených oblastech však může nastat opačná situace, kdy na relativně malém území s nadlimitními koncentracemi žije vysoký počet obyvatel (tj. v oblastech bez zahrnutí O_3 , kde je znečištění ovzduší ovlivněno emisemi suspendovaných částic a benzo[a]pyrenu zejména z vytápění domácností a dopravy).

Z výše uvedeného důvodu byl pro porovnání regionů využit ukazatel počtu obyvatel žijících v nadlimitních oblastech (Obr. V.4.1.5 a Obr. V.4.1.6)². V roce 2022 žilo nejvíce obyvatel vystavených nadlimitním koncentracím bez zahrnutí O_3 v aglomeraci O/K/F-M (více než 655 000 obyvatel). Dalšími zatíženými regiony byly kraje Moravskoslezský bez aglomerace O/K/F-M, Zlínský a Olomoucký s cca 207 000, 147 000 a 134 000 obyvateli vystavenými nadlimitním koncentracím. V roce 2022 nebyl v krajích Jihomoravský, Jihočeský, Karlovarský, Liberecký a v Praze žádný obyvatel vystaven působení nadlimitních koncentrací polutantů (bez zahrnutí přízemního O_3).

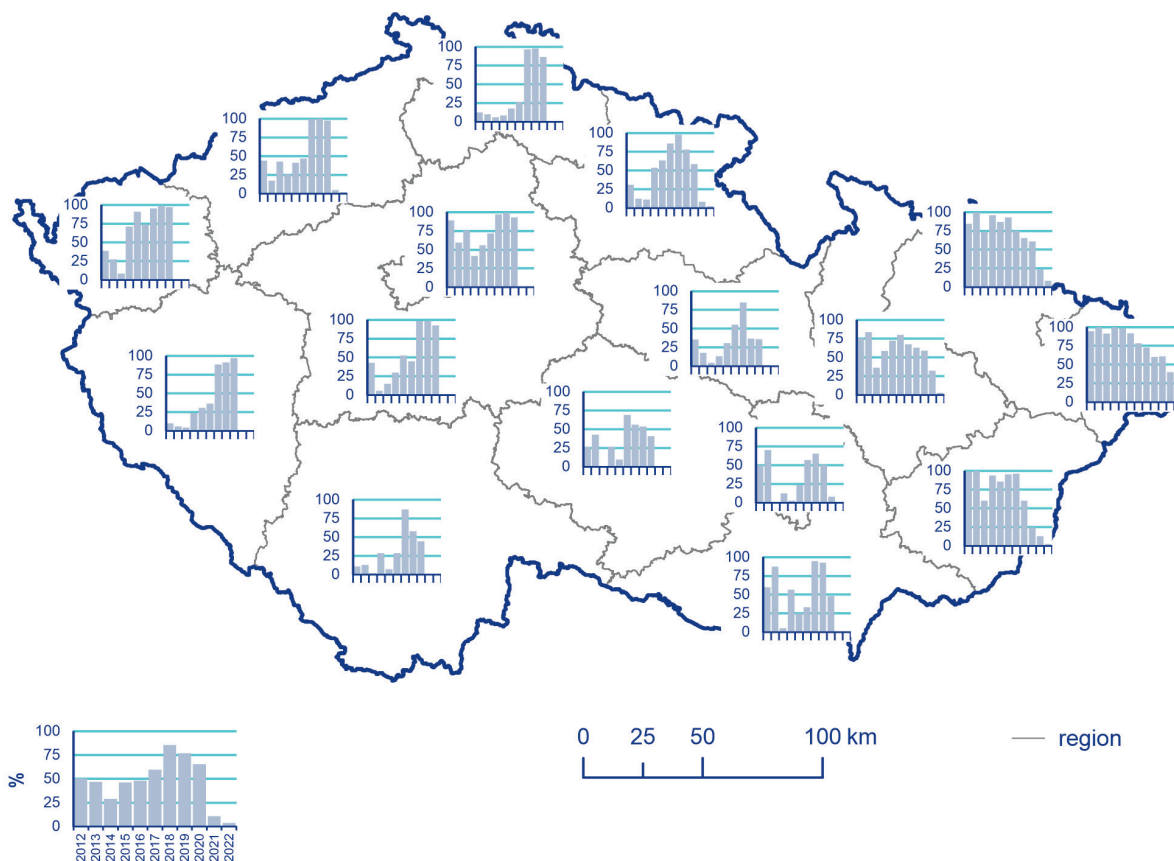
Po zahrnutí přízemního O_3 do hodnocení lze konstatovat, že v roce 2022 nedošlo, s výjimkou Ústeckého a Královéhradeckého kraje, k výraznému navýšení počtu obyvatel vystavených nadlimitním koncentracím polutantů. Důvodem je již zmíněné překročení imisního limitu O_3 na pouhých 0,2 % území ČR za hodnocené období 2020–2022 (konkrétně právě na území Ústeckého a Královéhradeckého kraje, viz Obr. IV.4.3). V Ústeckém kraji, kde jsou v rámci ČR měřeny jedny z nejvyšších koncentrací přízemního O_3 , došlo k navýšení počtu obyvatel po zahrnutí O_3 do hodnocení o cca 1 400 obyvatel.

1 Imisní limit pro přízemní O_3 se hodnotí v průměru za tři roky, více viz kap. I, Tab. I.2.

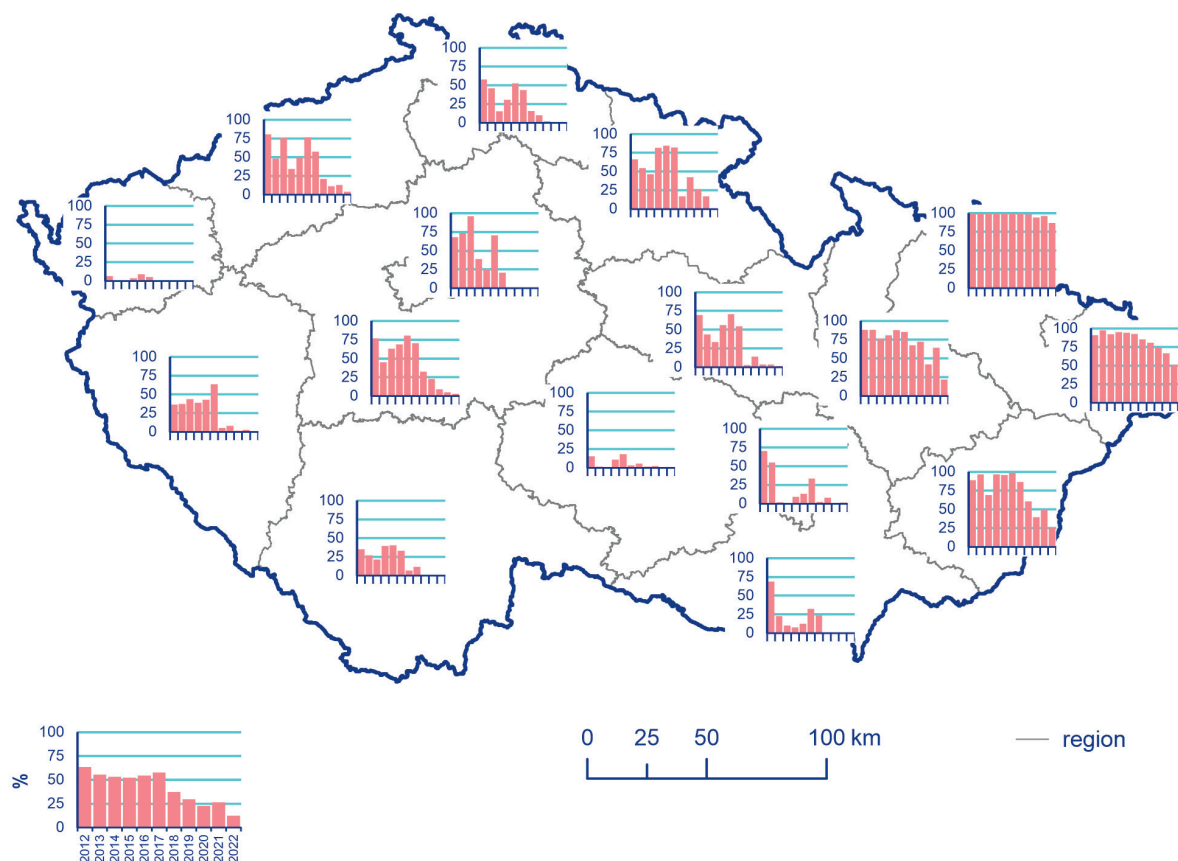
2 Vzhledem k danému měřítku a rozlišení není možné graficky zobrazit relativně nízké počty obyvatelstva vystavené nadlimitním koncentracím v krajích Pardubický, Královéhradecký, Plzeňský a v Brně.



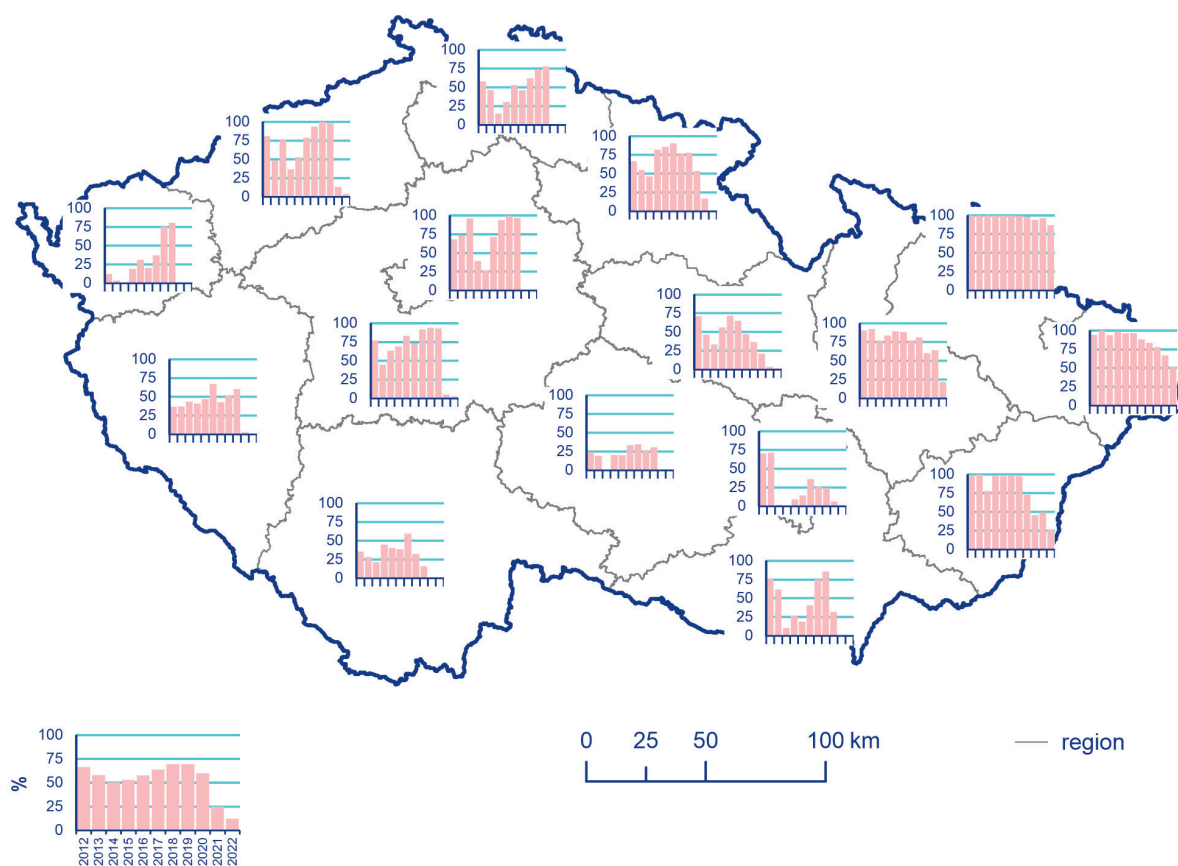
Obr. V.4.1.1. Podíl území regionu s překročením imisních limitů (bez zahrnutí O₃), 2012–2022



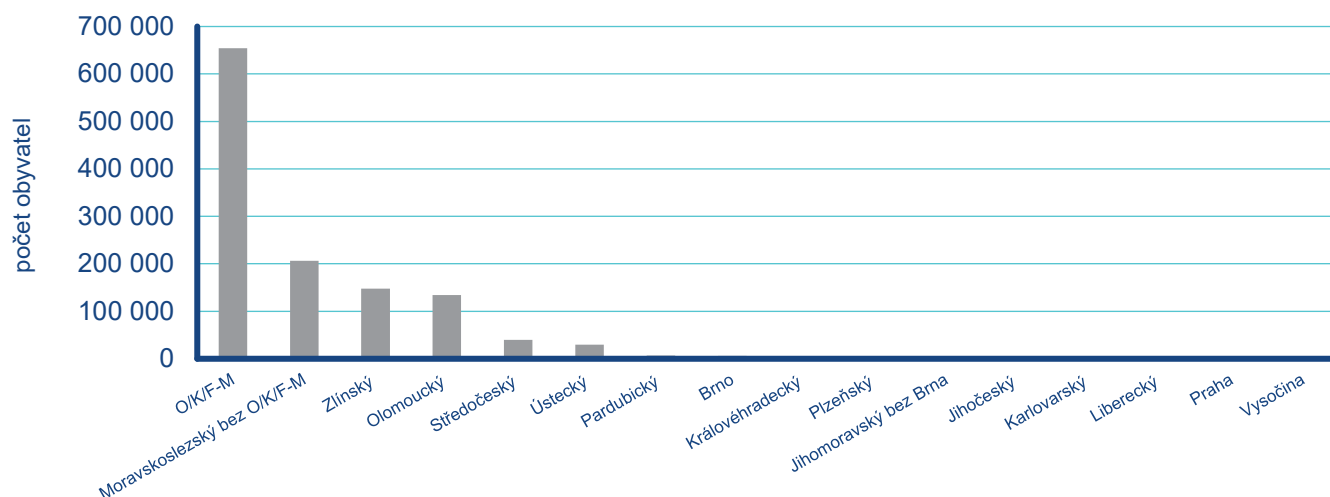
Obr. V.4.1.2. Podíl území regionu s překročením imisních limitů (se zahrnutí O₃), 2012–2022



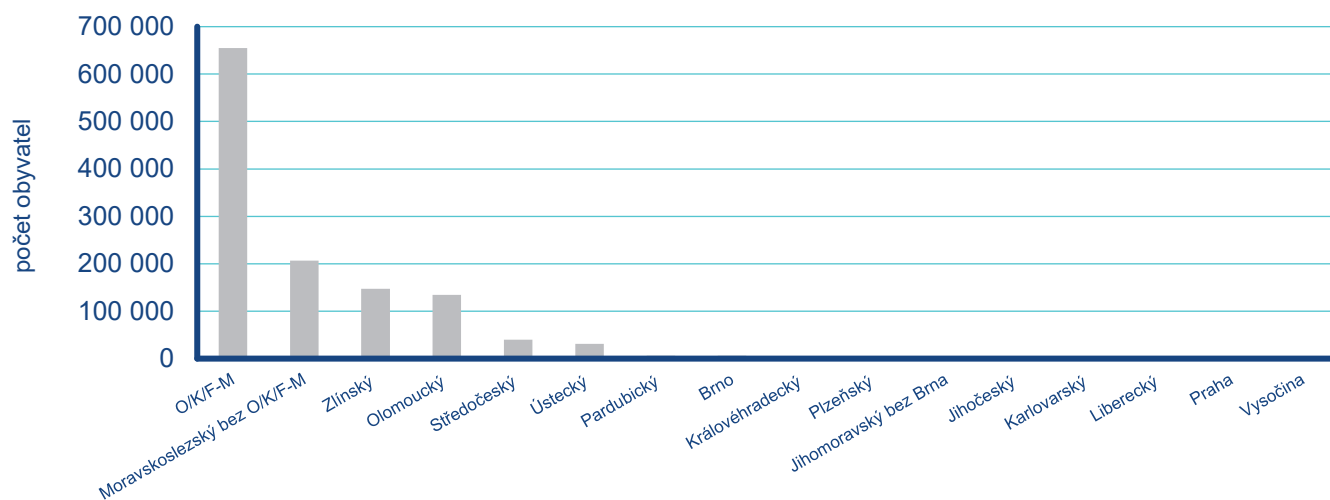
Obr. V.4.1.3 Podíl obyvatel žijících v nadlimitních oblastech (bez zahrnutí O₃), 2012–2022



Obr. V.4.1.4 Podíl obyvatel žijících v nadlimitních oblastech (se zahrnutím O₃), 2012–2022



Obr. V.4.1.5 Počet obyvatel žijících v nadlimitních oblastech (bez zahrnutí O₃) v regionech ČR, 2022



Obr. V.4.1.6 Počet obyvatel žijících v nadlimitních oblastech (se zahrnutím O₃) v regionech ČR, 2022

V.4.2 Koncentrace PM_{10} a $PM_{2,5}$, NO_2 a O_3 vážené populací

V rámci hodnocení expozice obyvatel byly vypočteny průměrné koncentrace pro suspendované částice PM_{10} a $PM_{2,5}$, NO_2 a O_3 vážené populací pro regiony (Obr. V.4.2.1) a města, ve kterých žije více než 30 000 obyvatel (Obr. V.4.2.2). Koncentrace vážené populací lze zjednodušeně charakterizovat jako hodnotu koncentrace znečišťující látky, které je v průměru vystaven člověk žijící v daném regionu. Tato charakteristika je pro jednotlivé státy zveřejňována v rámci evropského hodnocení kvality ovzduší (ETC/ACM 2018).

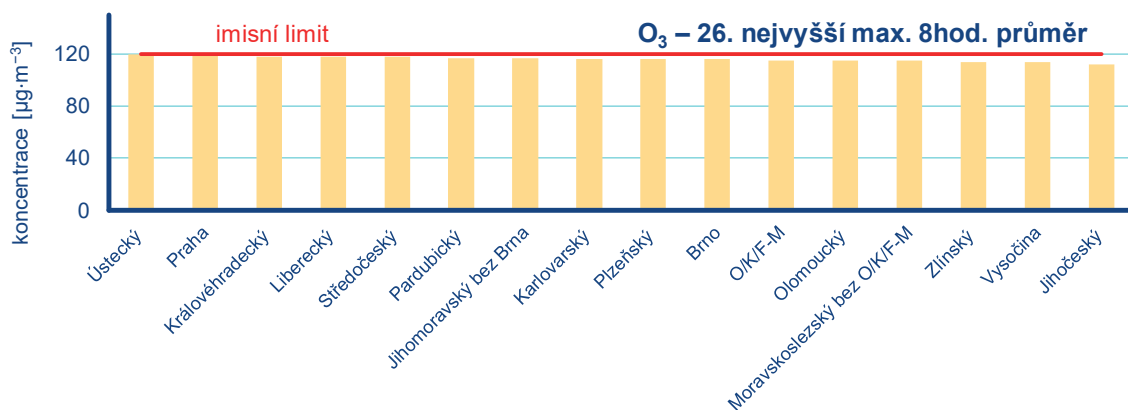
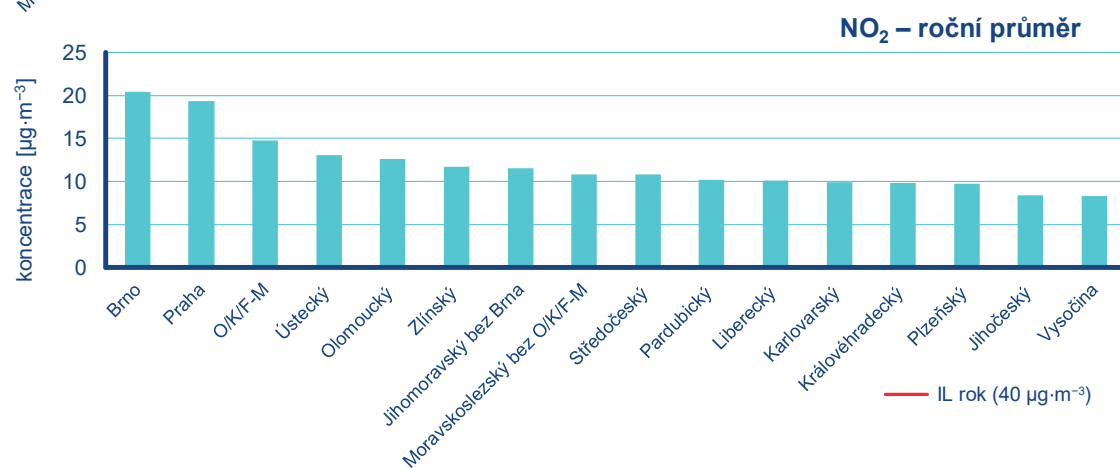
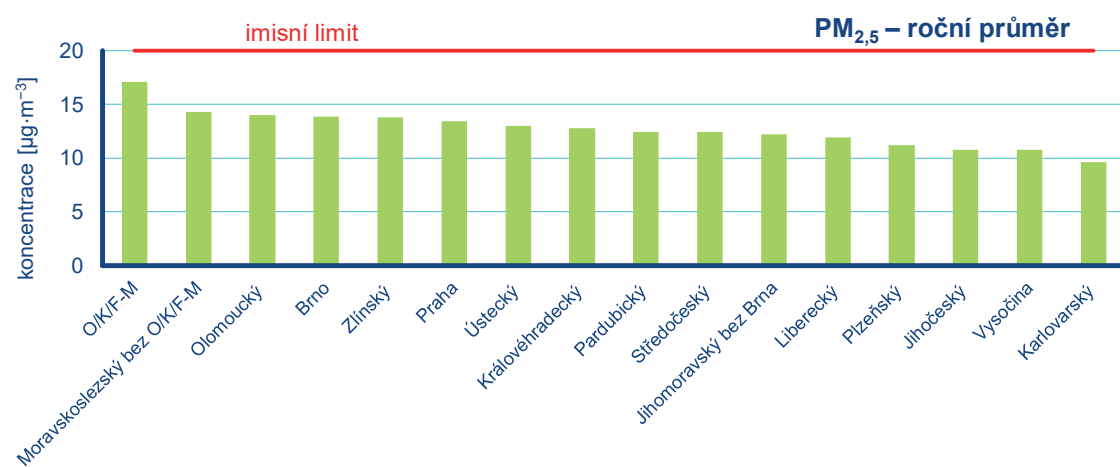
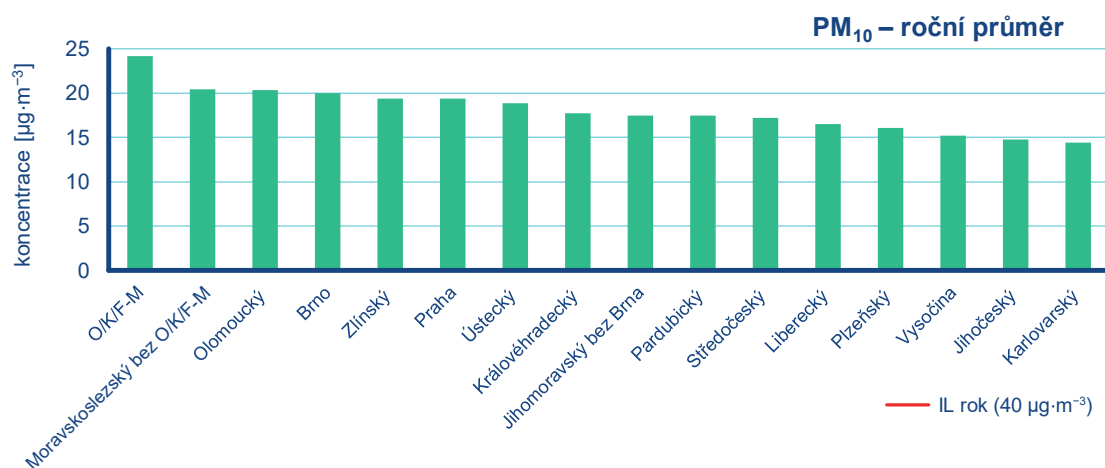
V roce 2022 vážené průměrné roční koncentrace suspendovaných částic PM_{10} a $PM_{2,5}$ nepřekročily imisní limit v žádném regionu. Nejvyšší koncentraci vážené populací jsou vystaveni lidé v aglomeraci O/K/F-M, dále v krajích Moravskoslezský bez aglomerace O/K/F-M, Olomoucký a v Brně. Velká města s nejvyššími hodnotami vážené koncentrace suspendovaných částic PM_{10} a $PM_{2,5}$ (Karviná, Havířov, Ostrava, Třinec a Frýdek-Místek) se nachází v nejzatíženějším regionu ČR – v aglomeraci O/K/F-M. Úrovně průměrných vážených koncentrací PM_{10} a $PM_{2,5}$ ve velkých městech ČR nepřekračují roční imisní limit. Nejnižší vážené koncentrace pro suspendované částice PM_{10} a $PM_{2,5}$ byly spočteny pro kraje Karlovarský, Jihočeský a Vysočina. K nejčistším velkým městům z hlediska vážené koncentrace suspendovaných částic patřily v roce 2022 Cheb, Karlovy Vary, Jihlava, Tábor, České Budějovice, Příbram a Jablonec nad Nisou. Relativně nízké hodnoty ve městech nacházejících se v krajích Karlovarském a Jihočeském souvisí se zdejšími nízkými regionálními požadovými koncentracemi suspendovaných částic. Na rozdíl od nejvíce zatížených regionů zde není tak významný dálkový transport znečištění ovzduší a krajinný ráz umožňuje dobré provětrávání (zejména oblast jižních Čech). Nezanedbatelné je i nízké emisní zatížení těchto oblastí.

Z pohledu hodnocení úrovně zatížení ovzduší koncentracemi NO_2 je situace poněkud odlišná. Je to dáno zejména odlišnými hlavními emisními zdroji než v případě suspendovaných částic. Mezi hlavní emisní zdroje NO_x , jejichž součástí jsou NO_2 , patří mobilní zdroje tj. silniční doprava a nesilniční vozidla a veřejná energetika, výroba tepla a silniční doprava. Z hodnocení pro rok 2022 vyplývá, že v souvislosti s intenzivní dopravou a s omezenou plynulostí provozu jsou nejvyšším koncentracím NO_2 vystaveni lidé v aglomeracích Brno a Praha. Dále je v pořadí aglomerace O/K/F-M a kraje Ústecký a Olomoucký. Kromě Brna a Prahy mezi města s vyššími váženými koncentracemi patří Olomouc, Prostějov a Ostrava. Nejnižší vážené koncentrace pro NO_2 byly v roce 2022 spočteny pro kraje Vysočina a Jihočeský. Nejnižšími hodnotami NO_2 v rámci velkých měst byli vystaveni obyvatelé v Trutnově, Jablonci nad Nisou, Táboře, Příbrami a Chebu. Relativně nízké koncentrace NO_2 jsou ve městech s nižším počtem obyvatel, a s tím související nižší intenzitou dopravy a v oblastech s nižšími regionálními požadovými koncentracemi NO_2 zapříčiněnými nižšími emisemi z velkých zdrojů znečišťování a méně významným dálkovým transportem znečištění (kraje Jihočeský a Vysočina).

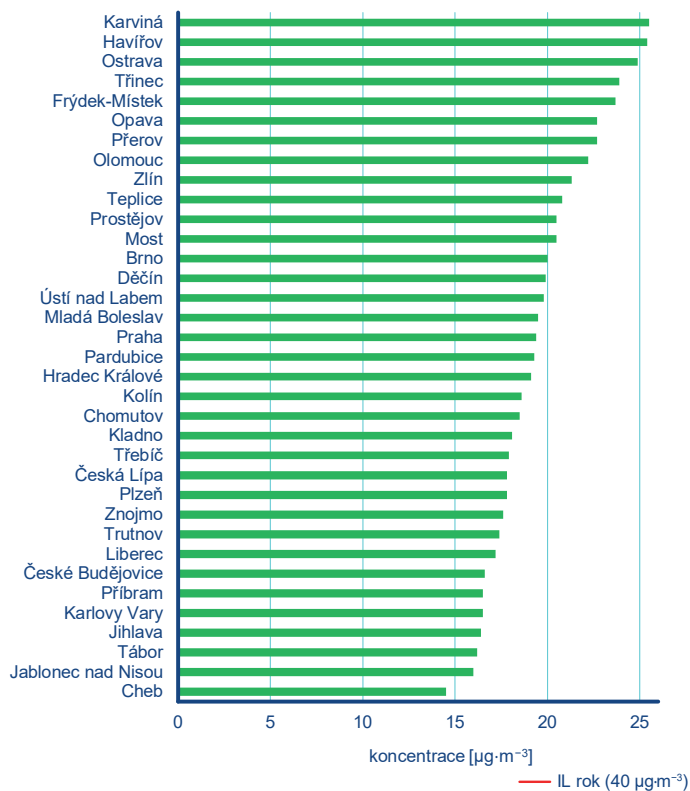
Úrovně průměrných vážených koncentrací NO_2 v ČR nepřekračují imisní limit, nicméně z dlouhodobého měření NO_2 na některých dopravních lokalitách, zejména v místech s vysokou dopravní intenzitou doprovázenou špatným provětráváním (hustá zástavba) a častým omezováním plynulosti dopravy (křižovatky a dopravní zácpy), lze překročení limitních hodnot v bezprostřední blízkosti silně vytižených komunikací předpokládat.

Vážené koncentrace přízemního O_3 (26. nejvyšší maximální denní 8hodinový průměr v roce 2022) lze porovnat s hodnotou imisního limitu ($120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) na rozdíl od imisního limitu, který je založen na tříletém průměru (Tab. I.1). Vzhledem k tomu, že přízemní O_3 nemá svůj vlastní emisní zdroj a vznik a chemismus O_3 je složitý a závisí na mnoha faktorech, mohou se jeho zvýšené koncentrace objevit i v relativně čistých oblastech (více viz kap. IV.4). V roce 2022 nebyly vážené koncentrace O_3 vyšší než je hodnota imisního limitu zaznamenány v žádném regionu. Nejvyšším váženým koncentracím O_3 na úrovni hodnoty imisního limitu byly v roce 2022 vystaveny obyvatelé v Ústeckém kraji a v Praze. V krajích Královéhradecký, Liberecký a Středočeský byly vážené koncentrace O_3 jen nepatrně nižší než hodnota imisního limitu. V případě O_3 nejsou rozdíly mezi jednotlivými regiony tak zřetelné jako u ostatních znečišťujících látek.

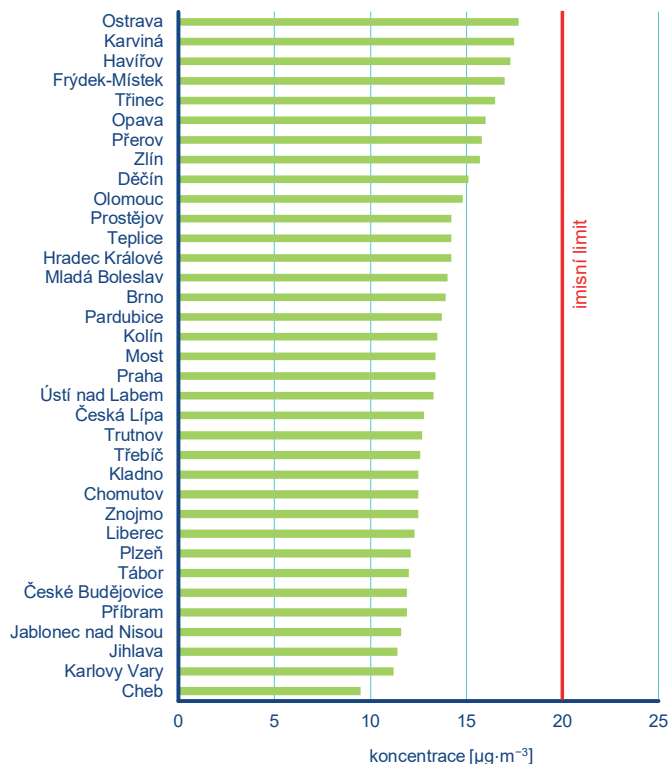
Vážené koncentrace přízemního O_3 přesáhly hodnotu imisního limitu v Ústí nad Labem, Mostě, Teplicích a Kolíně. Na úrovni hodnoty imisního limitu byly vážené koncentrace O_3 v Děčíně, v Praze a Mladé Boleslavi.



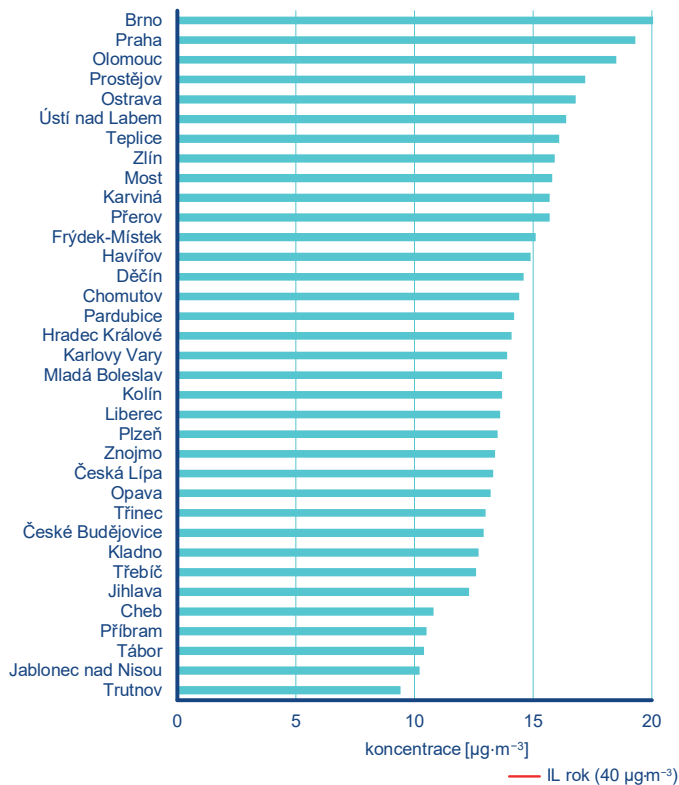
Obr. V.4.2.1 Průměrná koncentrace znečišťujících látek vážená populací v regionech ČR, 2022



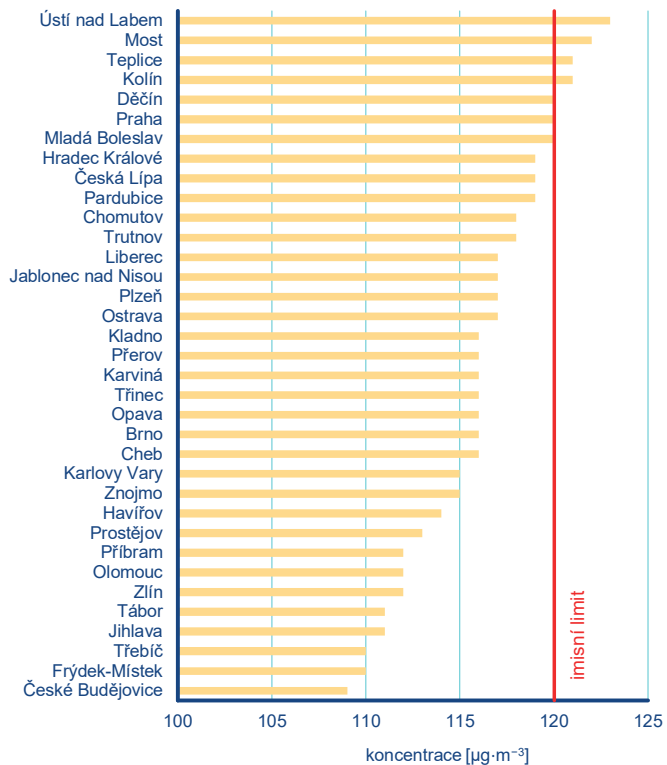
PM₁₀ – roční průměr



PM_{2,5} – roční průměr



NO₂ – roční průměr



O₃ – 26. nejvyšší max. 8hod. průměr

Obr. V.4.2.2 Průměrná koncentrace znečišťujících látek vážená populací ve městech s více jak 30 000 obyvateli, 2022

VI. SMOGOVÝ VAROVNÝ A REGULAČNÍ SYSTÉM

ČHMÚ provozuje na základě pověření MŽP Smogový varovný a regulační systém (SVRS). Informace, které jeho prostřednictvím poskytuje, slouží k upozornění na mimořádně znečištěné ovzduší (smogová situace, popř. lokální překročení prahových hodnot) a také k regulaci (omezení) vypouštění znečišťujících látek z vybraných zdrojů významně ovlivňujících kvalitu ovzduší daného území. Mezi sledované látky patří suspendované částice PM_{10} , oxid siřičitý (SO_2), oxid dusičitý (NO_2) a přízemní (troposférický) ozon (O_3).

Vyhlášené smogové situace a regulace (varování) v roce 2022

V roce 2022 bylo vyhlášeno celkem pět smogových situací z důvodu překročení prahových hodnot O_3 , a to pro území aglomerace O/K/F-M ve dnech 22.–23. 7. a pro aglomeraci Praha, zónu Střední Čechy, Liberecký kraj a Ústecký kraj dne 5. 8. Jejich celková délka činila 53 h (Tab. VI.1 a VI.2). Podmínky pro vyhlášení smogové situace pro PM_{10} , NO_2 , SO_2 , případně varování pro O_3 , NO_2 a SO_2 nebyly splněny.

Informativní prahová hodnota pro O_3 byla 21. 7. překročena i v zóně Střední Čechy (stanice Ondřejov), nicméně vzhledem k rychlé a trvalé změně meteorologických podmínek a s tím souvisejícím poklesem koncentrací v následující hodině nebyla smogová situace vyhlášena.

Koncentrace PM_{10} překračovaly informativní prahovou hodnotu zejména v aglomeraci O/K/F-M v druhé dekádě prosince, avšak nebyly splněny další zákonné podmínky pro vyhlášení smogové situace. Koncentrace SO_2 vyšší než informativní prahová hodnota byla naměřena na stanici Lom (30. 10. 2022), šlo o jedinou hodinu během celého roku. Koncentrace NO_2 překračující své prahové hodnoty nebyly naměřeny na žádné reprezentativní stanici SVRS.

Synoptické situace během vybraných smogových situací

3.–6. 8. 2022

Během 2. 8. se do střední Evropy od jihozápadu rozšířila oblast vyššího tlaku vzduchu. V dalších dnech se její střed zvolna přesouval k severovýchodu a po její zadní straně k nám pronikal teplý vzduch od jihu. Při horkém slunečném počasí v této oblasti docházelo k nárůstu koncentrací přízemního O_3 . Během 5. 8. postoupila od západu nad naše území studená fronta, za kterou k nám pronikl chladnější vzduch. Ten ukončil výskyt vysokých koncentrací přízemního O_3 .

19.–23. 7. 2022

Nad střední Evropou se udržovala oblast vyššího tlaku vzduchu a při slunečném počasí teploty přesahovaly 30 °C. Při převážně slabém větru a slunečním svitu docházelo k nárůstu koncentrací přízemního O_3 . Během období postupovala zvlněná studená fronta ze západní Evropy přes naše území zvolna k východu. Ochlazení a velká oblačnost za frontou pak přinesly pokles těchto koncentrací O_3 .

Tab. VI.1 Smogové situace a varování pro O_3 – počet a délka, 2022

Oblast SVRS	Počet vyhlášení		Trvání [h]	
	Smogová situace	Varování	Smogová situace	Varování
Aglomerace O/K/F-M	1	x	25	x
Aglomerace Praha	1	x	7	x
Liberecký kraj	1	x	7	x
Ústecký kraj	1	x	7	x
Zóna Střední Čechy	1	x	7	x
Česká republika celkem	5	x	53	x

Tab. VI.2 Smogové situace a regulace pro O₃ – časy vyhlášení, 2022

Vyhlášení		Odvolání		Trvání	
Smogová situace	Varování	Varování	Smogová situace	Smogová situace	Varování
den a hodina SELČ				[h]	
Aglomerace O/K/F-M					
22.07.2022 15:20	x	x	23.07.2022 16:17	25	x
Aglomerace Praha					
05.08.2022 15:10	x	x	05.08.2022 21:44	7	x
Zóna Střední Čechy					
05.08.2022 15:10	x	x	05.08.2022 21:44	7	x
Liberecký kraj					
05.08.2022 15:10	x	x	05.08.2022 21:44	7	x
Ústecký kraj					
05.08.2022 15:10	x	x	05.08.2022 21:44	7	x

Pozn.: SELČ – místní čas, tj. středoevropský letní čas. Trvání smogové situace v sobě zahrnuje i trvání varování, pokud bylo vyhlášeno.

Tab. VI.3 Oblasti SVRS pro jednotlivé látky (platné od 1. 10. 2016)

Zóna / Aglomerace	Oblast SVRS* (zkratka)		
	SO ₂ , NO ₂	PM ₁₀	O ₃
Aglomerace Praha		PHA	
Zóna Střední Čechy		STČ	
Zóna Jihozápad		Plzeňský kraj (PLK)	
		Jihočeský kraj (JČK)	
Zóna Severozápad	ZSZ	Ústecký kraj (ÚLK)	
		Karlovarský kraj (KVK)	
Zóna Severovýchod	ZSV	Královéhradecký kraj a Pardubický kraj (HKK-PAK)	Královéhradecký kraj (HKK)
		Pardubický kraj (PAK)	
		Liberecký kraj (LBK)	
Zóna Jihovýchod		Kraj Vysočina (VYS)	
		Jihomoravský kraj bez aglomerace Brno (JMK bez B)	
Aglomerace Brno		B	
Zóna Střední Morava	ZSM	Olomoucký kraj (OLK)	
		Zlínský kraj (ZLK)	
Zóna Moravskoslezsko		ZMS	
Agglomerace Ostrava/ Karviná/Frýdek-Místek	O/K/F-M	Aglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek- Místek bez Třinecka (O/K/F-M bez TŘ)	O/K/F-M
		Třinecko (TŘ)**	

* název oblasti SVRS uveden, pokud se liší od názvu zóny či aglomerace

** území obcí s rozšířenou působností Jablunkov (8110) a Třinec (8121)

Pravidla pro vyhlášení signálu SVRS

SVRS je od 1. září 2012 upraven zákonem č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, a vyhláškou č. 330/2012 Sb., v platném znění. Jeho pravidla jsou shrnuta v Tab. VI.4. Při vyhlášení smogové situace a regulace pro PM₁₀, SO₂ a NO₂ je hodnocen i předpokládaný výhled na následujících 24 hodin. Naproti tomu při vyhlášení smogové situace pro O₃ a varování pro O₃, NO₂ a SO₂ není očekávaný vývoj koncentrací hodnocen a veřejnost je v souladu s článkem 13 Směrnice 2008/50/ES informována bezprostředně po překročení příslušné prahové hodnoty. Z těchto důvodů stačí k vyhlášení smogové situace a varování pro O₃ překročení prahové hodnoty na jedné stanici. Výchozí bodem pro

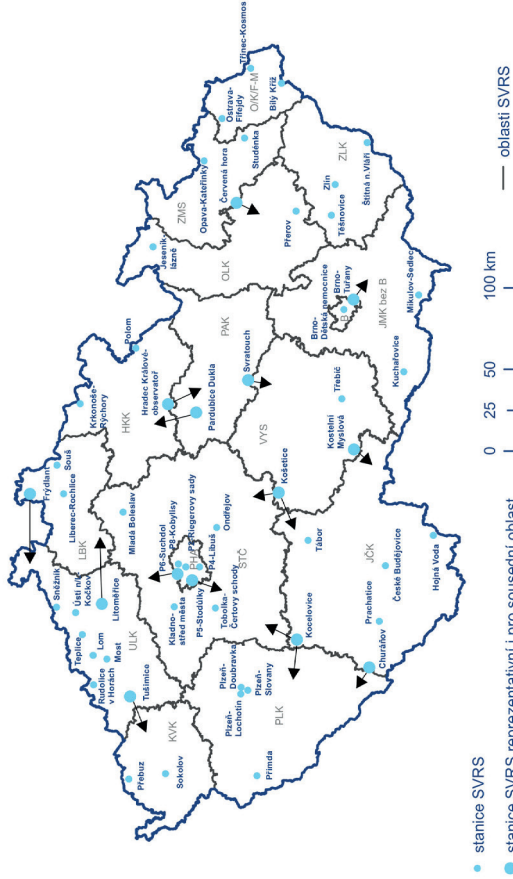
územní členění České republiky na oblasti SVRS je rozdělení jejího území na zóny a aglomerace (viz kap. I.1 a Obr. I.2) dělené dále individuálně pro každou látku s ohledem na dostupná staniční měření a očekávaný výskyt vysokých koncentrací. Oblasti a reprezentativní stanice (Tab. VI.3, Obr. VI.1–4) jsou pro PM₁₀, SO₂ a NO₂ stanoveny Věstníkem MŽP a pro O₃ směrnici ředitele ČHMÚ č. 2019/12 v platném znění. Po celý rok 2022 byl pro PM₁₀, SO₂ a NO₂ v platnosti seznam zveřejněný ve Věstníku MŽP č. 3/2022 (MŽP 2022). Ten zpětně potvrdil vyjmutí stanice Jihlava od 7. 11. 2021 (JJJHA, B/U/RC, reprezentativní pro PM₁₀, SO₂, NO₂ v Kraji Vysočina) a přidání stanice Pelhřimov od 1. 4. 2022 (JPEMA, B/S/R, reprezentativní pro PM₁₀ v Kraji Vysočina). Zároveň se od 1. 4. 2022 se stala pro O₃ v Kraji Vysočina reprezentativní stanice Třebíč (JTREA, B/S/RN).

Tab. VI.4 Pravidla pro vyhlášení a odvolávání smogových situací a regulací (varování)

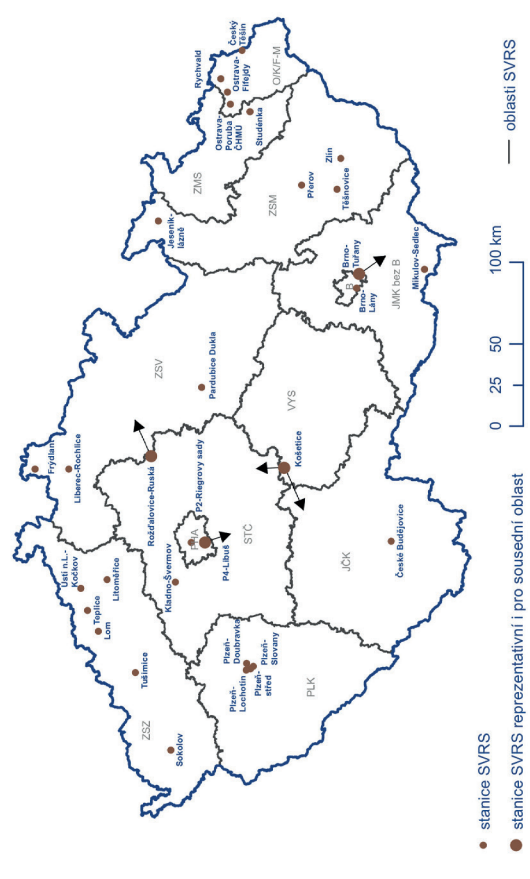
Škodlivina	Prahová hodnota			Délka překročení	Počet stanic*	Doplňující podmínka
	Zkratka	µg·m ⁻³	Interval			
Vyhlášení smogové situace						
PM ₁₀	IPH	100	12 h	1 h	50 % (2 stanice, jsou-li právě 2)	Na základě vyhodnocení předpovědi meteorologických podmínek a imisní situace se během následujících 24 hodin nepředpokládá pokles koncentrace pod informativní prahovou hodnotu.
NO ₂		200	1 h	3 h	1 stanice	
SO ₂		250				
O ₃		180	1 h			---
Vyhlášení regulace						
PM ₁₀	RPH	150	12 h	1 h	50 % (2 stanice, jsou-li právě 2)	Na základě vyhodnocení předpovědi meteorologických podmínek a imisní situace se během následujících 24 hodin nepředpokládá pokles koncentrace pod regulační prahovou hodnotu.
NO ₂		400	1 h	3 h		
SO ₂		500				
Vyhlášení varování						
O ₃	VPH	240	1 h	1 h	1 stanice	---
NO ₂	RPH	400		3 h		
SO ₂	RPH	500				
Odvolání						
Smogová situace je ukončená a regulace nebo varování se odvolá, pokud na žádné měřicí lokalitě reprezentativní pro úroveň znečištění v oblasti minimálně 100 km ² není naměřená koncentrace znečišťujících látek vyšší než příslušná prahová hodnota, přičemž tento stav trvá nepřetržitě alespoň 12 hodin a na základě meteorologické předpovědi není v průběhu následujících 24 hodin očekáváno opětovné překročení informativní, regulační nebo varovné prahové hodnoty.						
Časový interval 12 hodin se zkracuje až na 3 hodiny v případě, že meteorologické podmínky nelze označit jako podmiňující smogovou situaci a podle meteorologické předpovědi je v průběhu následujících 24 hodin téměř vyloučeno opětovné překročení informativní, regulační nebo varovné hodnoty.						

* Stanice musí být reprezentativní pro úroveň znečištění v oblasti minimálně 100 km².

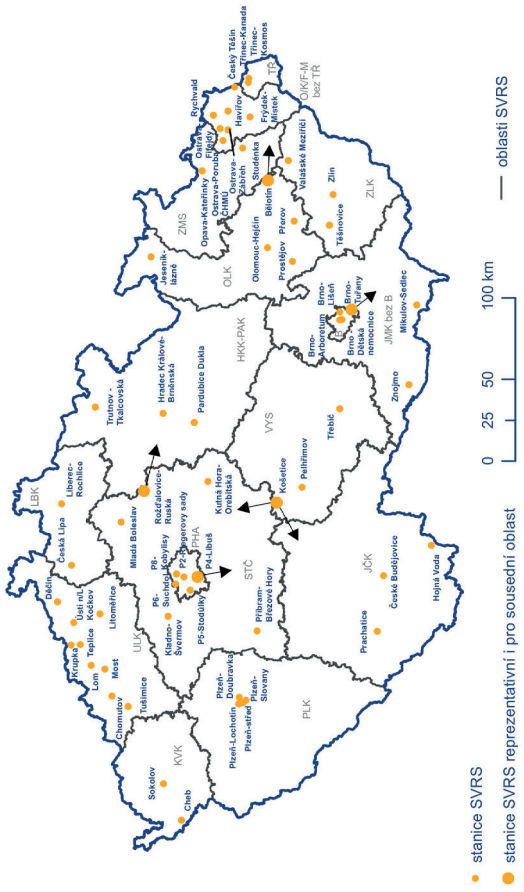
Pozn.: **IPH** označuje informativní, **RPH** regulační a **VPH** varovnou prahovou hodnotu. Požadavky na počty stanic se vztahují na reprezentativní stanice pro danou oblast SVRS.



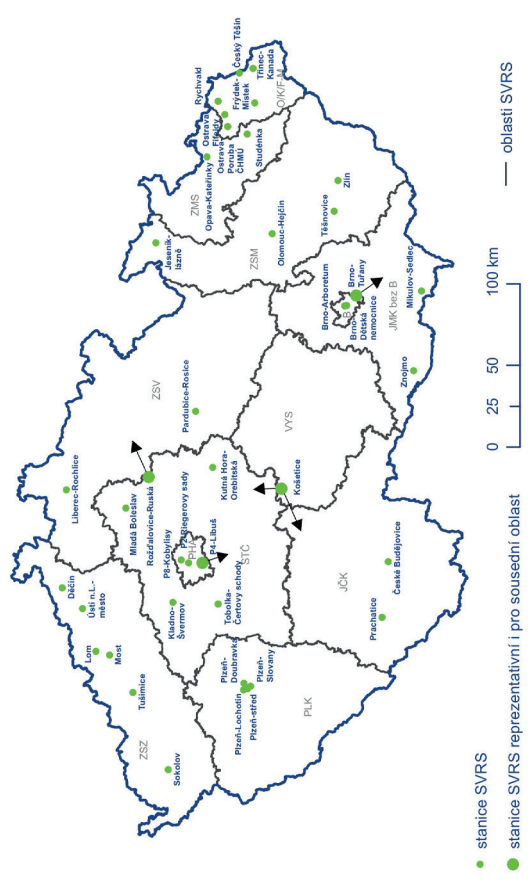
Obr. VI.2 Oblasti SVRS a reprezentativní stanice pro O₃ 2022 (platné od 1. 4. 2022)



Obr. VI.4 Oblasti SVRS a reprezentativní stanice pro NO₂ 2022 (platné od 7. 11. 2021)



Obr. VI.1 Oblasti SVRS a reprezentativní stanice pro PM₁₀ 2022 (platné od 1. 4. 2022)



Obr. VI.3 Oblasti SVRS a reprezentativní stanice pro SO₂ 2022 (platné od 7. 11. 2021)

VII. OBLASTI S PŘEKROČENÍM IMISNÍCH LIMITŮ

VII.1 Oblasti s překročením imisních limitů z hlediska ochrany lidského zdraví

Na území ČR jsou každoročně vymezovány oblasti s překročením imisních limitů hromadně pro všechny znečišťující látky, které jsou sledovány z hlediska ochrany lidského zdraví. Mapa oblastí s překročením alespoň jednoho imisního limitu¹ bez zahrnutí přízemního ozonu podává ucelenou informaci o kvalitě ovzduší na území ČR. V roce 2022 bylo jako oblast s překročením imisních limitů vymezeno 1,7 % území ČR, kde žije přibližně 12 % obyvatel (Obr. VII.1.1; Tab. VII.1.1). Vymezení těchto oblastí je v naprosté většině zapříčiněno překročením ročního imisního limitu pro ben-

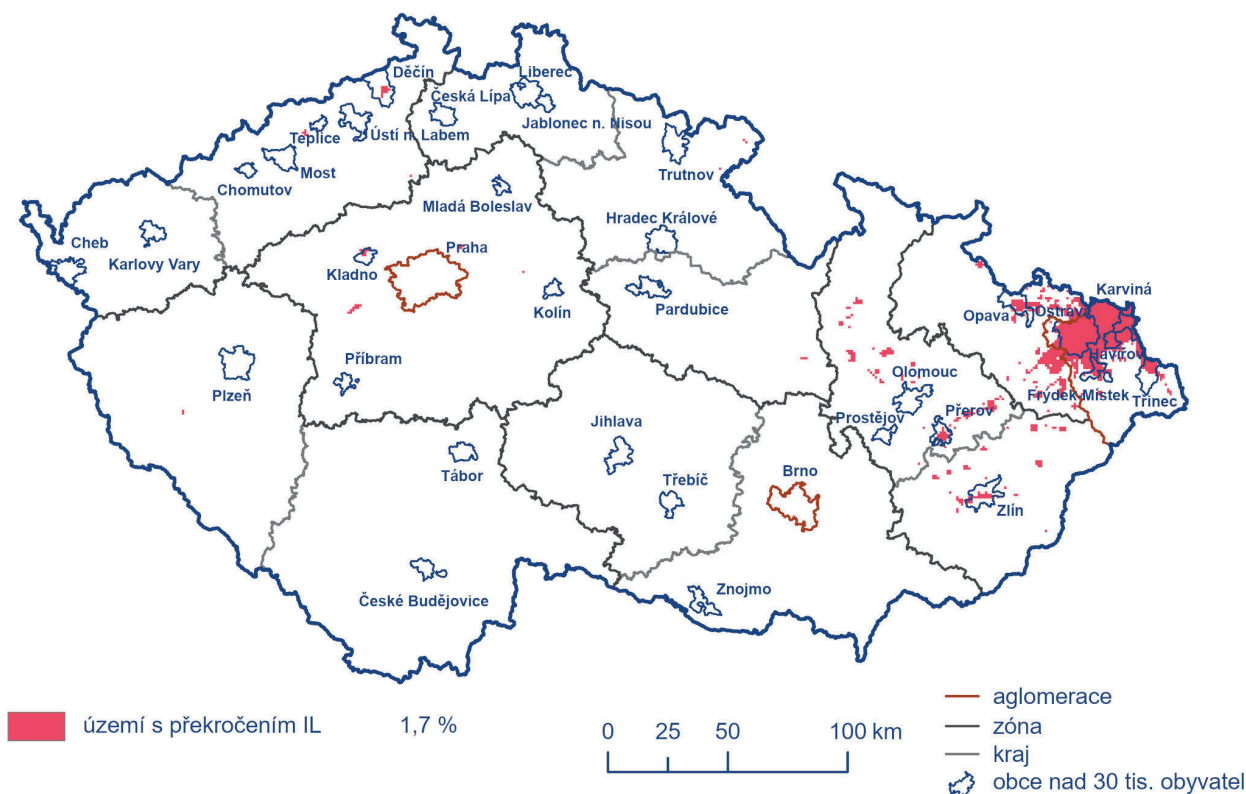
zo[a]pyren (Tab. VII.1.1). V minimální míře se na zařazení území do těchto oblastí podílelo v roce 2022 překročení denního imisního limitu pro suspendované částice PM₁₀ a ročního imisního limitu PM_{2,5}. Nadlimitní oblasti zaujímaly největší plochu v aglomeraci O/K/F-M (40 %) a v zóně Moravskoslezsko (8 %) (Tab. VII.1.2). V aglomeraci O/K/F-M je navíc nadlimitním koncentracím vystavena většina obyvatel (87 %) (Tab. VII.1.3) a jedná se o dlouhodobě nejzatíženější oblast v ČR. Po zahrnutí přízemního ozonu bylo oblastí s překročením alespoň jednoho imisního limitu v roce 2022 vymezeno 1,9 % území ČR (Obr. VII.1.2), kde žije přibližně 12 % obyvatel (Tab. VII.1.1). K relativně dobré kvalitě ovzduší v ČR v roce 2022 přispěly zejména příznivé meteorologické podmínky v některých měsících roku, zejména pak v lednu a únoru (Obr. III.3 a III.4). Na zlepšování kvality ovzduší se dlouhodobě podílí i již realizovaná opatření pro zlepšení kvality ovzduší (zejména pak výměna kotlů), postupující obnova vozového parku a opatření na velkých zdrojích (více viz kap. II a IV).

Tab. VII.1.1 Plocha území s překročením imisního limitu (%) a počet exponovaných obyvatel žijících v nadlimitních oblastech (%) v rámci České republiky, 2022

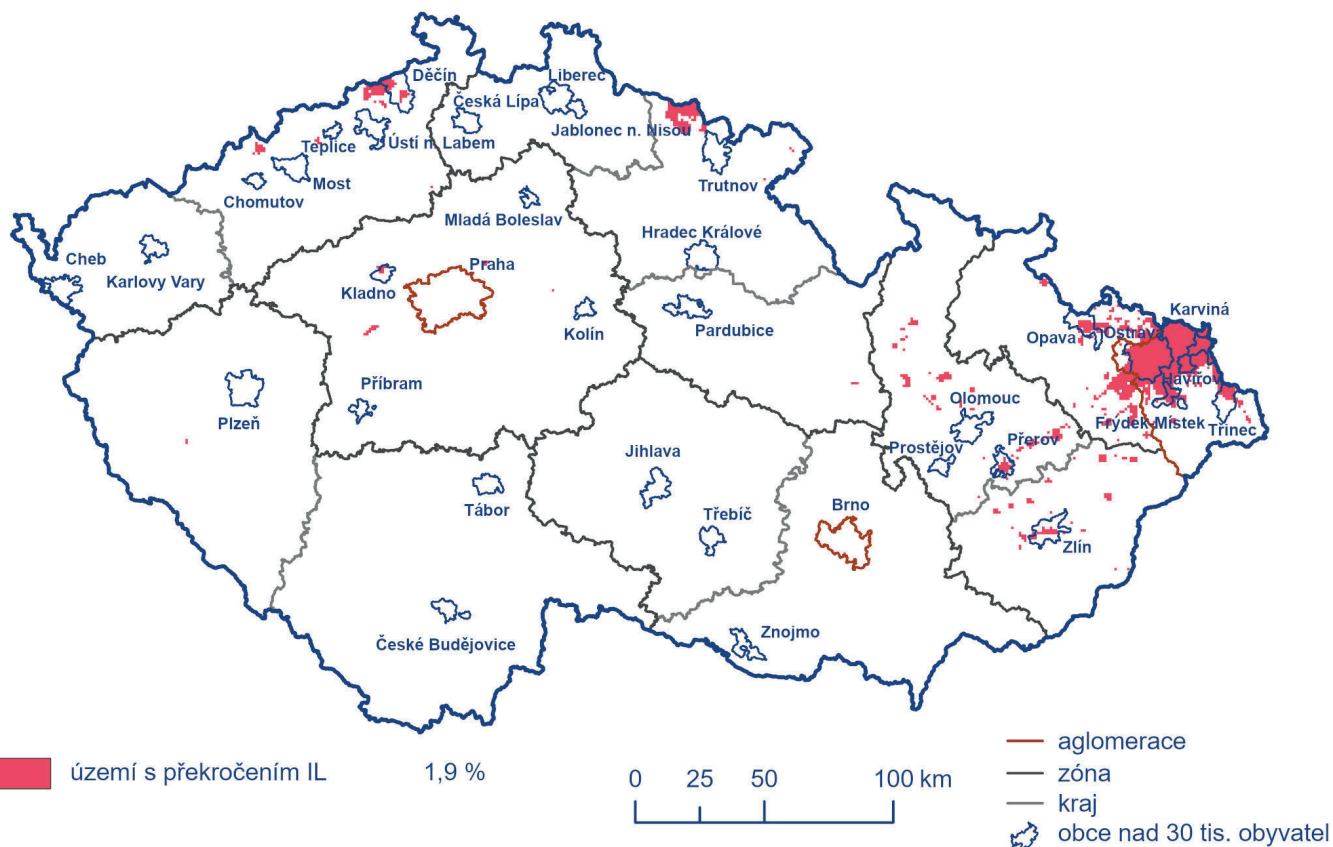
Česká republika	Znečišťující látky uvedené v příloze č. 1 zákona č. 201/2012 Sb., v platném znění						
	Bod 1 přílohy			Bod 3 přílohy		Bod 4 přílohy	
	PM ₁₀	PM _{2,5}	Souhrn překročení IL	BaP	Celkový souhrn překročení bez O ₃	O ₃	Celkový souhrn překročení s O ₃
	36. max 24h průměr > 50 µg·m ⁻³	roční průměr > 20 µg·m ⁻³		roční průměr > 1 ng·m ⁻³		26. nejvyšší max. denní 8h klouzavý průměr (v průměru za 3 roky) > 120 µg·m ⁻³	
Obyvatelé	0,03	0,1	0,1	11,7	11,7	0,02	11,8
Plocha	0,02	0,03	0,03	1,7	1,7	0,2	1,9

1 Roční imisní limit pro PM₁₀, PM_{2,5}, benzo[a]pyren, NO₂, olovo, kadmium, arsen, nikl a benzen, imisní limit pro CO (max. denní 8hodinový klouzavý průměr), denní imisní limit pro PM₁₀ a SO₂, hodinový imisní limit pro SO₂ a NO₂.

VII. Oblasti s překročením imisních limitů



Obr. VII.1.1 Vyznačení oblastí s překročenými imisními limity pro ochranu zdraví bez zahrnutí přízemního ozonu, 2022



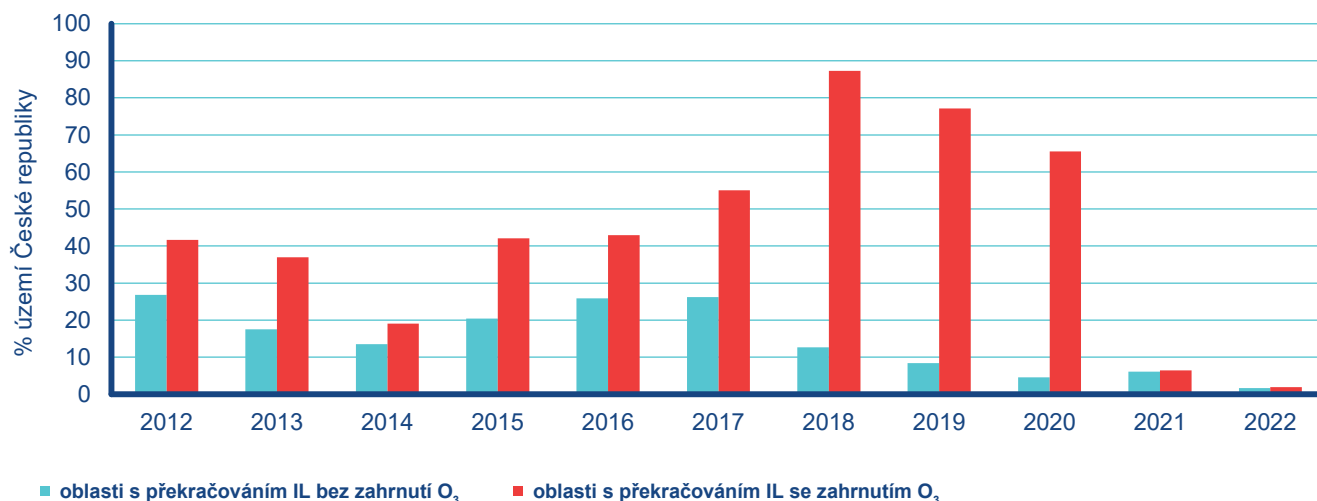
Obr. VII.1.2 Vyznačení oblastí s překročenými imisními limity pro ochranu zdraví se zahrnutím přízemního ozonu, 2022

Tab. VII.1.2 Překročení imisního limitu v rámci zón/aglomerací, krajů a obcí s rozšířenou působností České republiky, % plochy územního celku, 2022

Zóna / aglomerace	Kraj	Znečišťující látky uvedené v příloze č. 1 zákona č. 201/2012 Sb., v platném znění						Bod 3 přílohy		Bod 4 přílohy	
		Bod 1. přílohy		Souhrn překročení IL	BaP roční průměr > 1 ngm ⁻³	Celkový souhrn překročení bez O ₃	O ₃ 26 nejvyšší max. denní 8h klouzavý průměr (v průměru za 3 roky) > 120 µgm ⁻³	Celkový souhrn překročení s O ₃			
		PM ₁₀ 36. max 24hod. průměr > 50 µgm ⁻³	PM _{2,5} roční průměr > 20 µgm ⁻³								
Agglomerace Praha	Praha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Zóna Střední Čechy	Středočeský kraj	-	-	-	0,22	0,22	-	0,22	-	0,22	
Zóna Jihozápad	Jihočeský kraj	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Pízeňský kraj	-	-	-	0,03	0,03	-	0,03	-	0,03	
	Karlovarský kraj	-	-	-	0,01	0,01	-	0,01	-	0,01	
Zóna Severozápad	Ústecký kraj	-	-	-	0,34	0,34	-	0,34	1,54	1,87	
	Liberecký kraj	-	-	-	0,21	0,21	-	0,21	0,95	1,16	
	Královéhradecký kraj	-	-	-	0,06	0,06	-	0,06	2,36	2,42	
Zóna Severovýchod	Pardubický kraj	-	-	-	0,07	0,07	-	0,07	-	0,07	
	Kraj Vysočina	-	-	-	0,05	0,05	-	0,05	0,90	0,95	
	Jihomoravský kraj bez Brna	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Agglomerace Brno	Olomoucký kraj	-	-	-	0,43	0,43	-	0,43	-	0,43	
	Zlínský kraj	-	-	-	2,54	2,54	-	2,54	-	2,54	
		-	-	-	2,12	2,12	-	2,12	0,03	2,14	
Zóna Moravskoslezsko		-	-	-	2,36	2,36	-	2,36	0,01	2,37	
Agglomerace Ostrava/Karviná/ Frýdek-Místek	Moravskoslezský kraj	0,68	1,32	1,36	40,06	40,06	-	40,06	-	40,06	
		0,24	0,46	0,48	19,46	19,46	-	19,46	-	19,46	

Tab. VII.1.3 Překročení imisního limitu v rámci zón/aglomerací, krajů a obcí s rozšířenou působností České republiky, % obyvatel 2022

Zóna / aglomerace	Kraj	Znečišťující látky uvedené v příloze č. 1. zákona č. 201/2012 Sb., v platném znění									
		Bod 1 přílohy			Bod 3 přílohy			Bod 4 přílohy		Celkový souhrn překročení s O ₃	
		PM ₁₀ 36. max 24hod. průměr > 50 µg·m ⁻³	PM _{2,5} roční průměr > 20 µg·m ⁻³	Souhrn překročení IL	BaP roční průměr > 1 ng·m ⁻³	Celkový souhrn překročení bez O ₃	O ₃ 26. nejvyšší max. denní 8h klouzavý průměr (v průměru za 3 roky) > 120 µg·m ⁻³				
Agglomerace Praha	Praha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zóna Střední Čechy	Středočeský kraj	-	-	-	2,80	-	2,80	-	2,80	-	2,80
Zóna Jihozápad	Jihočeský kraj	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Plzeňský kraj	-	-	-	0,23	-	0,23	-	0,23	-	0,23
		-	-	-	0,11	-	0,11	-	0,11	-	0,11
Zóna Severozápad	Karlovarský kraj	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ústecký kraj	-	-	-	3,78	-	3,78	0,17	3,95	-	3,95
Zóna Severovýchod		-	-	-	2,79	-	2,79	0,13	2,92	-	2,92
	Liberecký kraj	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Královéhradecký kraj	-	-	-	0,54	-	0,54	0,07	0,61	-	0,61
	Pardubický kraj	-	-	-	1,27	-	1,27	-	1,27	-	1,27
Zóna Jihovýchod		-	-	-	0,63	-	0,63	0,02	0,66	-	0,66
	Kraj Vysočina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Jihomoravský kraj bez Brna	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Agglomerace Brno		-	-	-	1,52	-	1,52	1,52	-	1,52	
Zóna Střední Morava	Olomoucký kraj	-	-	-	21,69	-	21,69	-	21,69	-	21,69
	Zlínský kraj	-	-	-	26,18	-	26,18	-	26,18	-	26,18
Zóna Moravskoslezsko		-	-	-	23,83	-	23,83	-	23,83	-	23,83
Agglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek		-	-	-	51,28	-	51,28	-	51,28	-	51,28
	Moravskoslezský kraj	0,44	1,76	1,77	87,05	-	87,05	-	87,05	-	87,05
		0,29	1,15	1,15	74,57	-	74,57	-	74,57	-	74,57



Obr. VII.1.3 Překročení imisního limitu v České republice, % plochy, 2012–2022

V hodnoceném období 2012–2022 (Obr. VII.1.3) území s nadlimitními koncentracemi alespoň jedné znečišťující látky zaujímalo nejmenší plochu. Z grafu je také patrné snižování rozsahu nadlimitní plochy v posledních letech související s relativně nízkými koncentracemi ozonu² v letech 2017 a 2019–2022 (kap. IV.4).

V roce 2022 došlo k překročení imisního limitu pro AOT40 alespoň na části území ve všech NP kromě NP Šumava a v několika CHKO (Tab. VII.2.1).

Imisní limit pro roční i zimní průměrnou koncentraci SO₂ nebyl v roce 2022, stejně jako v předchozích letech, překročen na území žádné CHKO ani NP.

VII.2 Oblasti s překročením imisních limitů z hlediska ochrany ekosystémů a vegetace

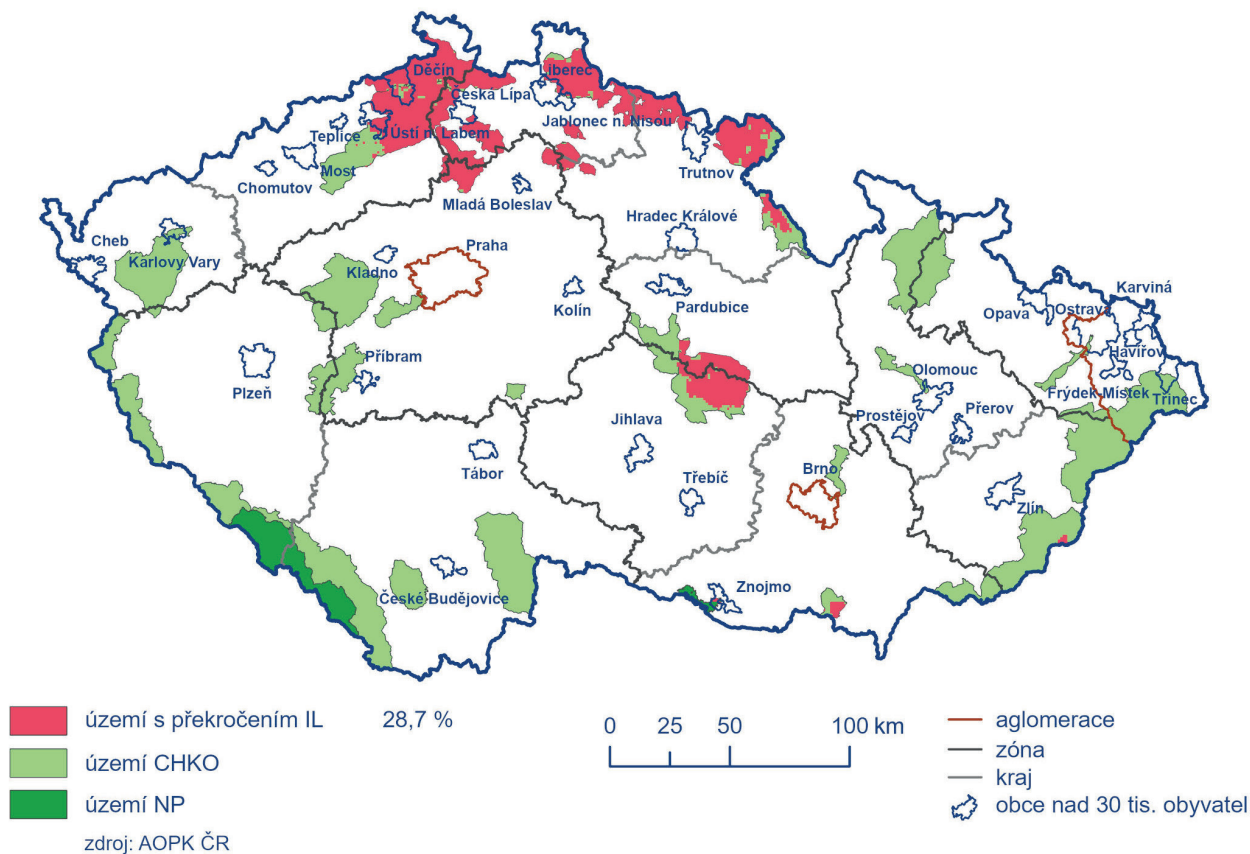
Z hlediska ochrany nejhodnotnějších přírodních lokalit ČR je vyhodnocováno i překročení imisních limitů pro ochranu ekosystémů a vegetace³ na území NP a CHKO Tab. VII.2.1. V roce 2022 došlo k překročení alespoň jednoho z těchto limitů na téměř 29 % území NP a CHKO (Obr. VII.2.1).

Nadlimitní koncentrace NO_x se vyskytují zejména v okolí dopravních komunikací; z hlediska nejhodnotnějších přírodních částí ČR došlo k překročení imisního limitu pro NO_x na velmi malém území několika CHKO (Tab. VII.2.1; Obr. VII.2.2).

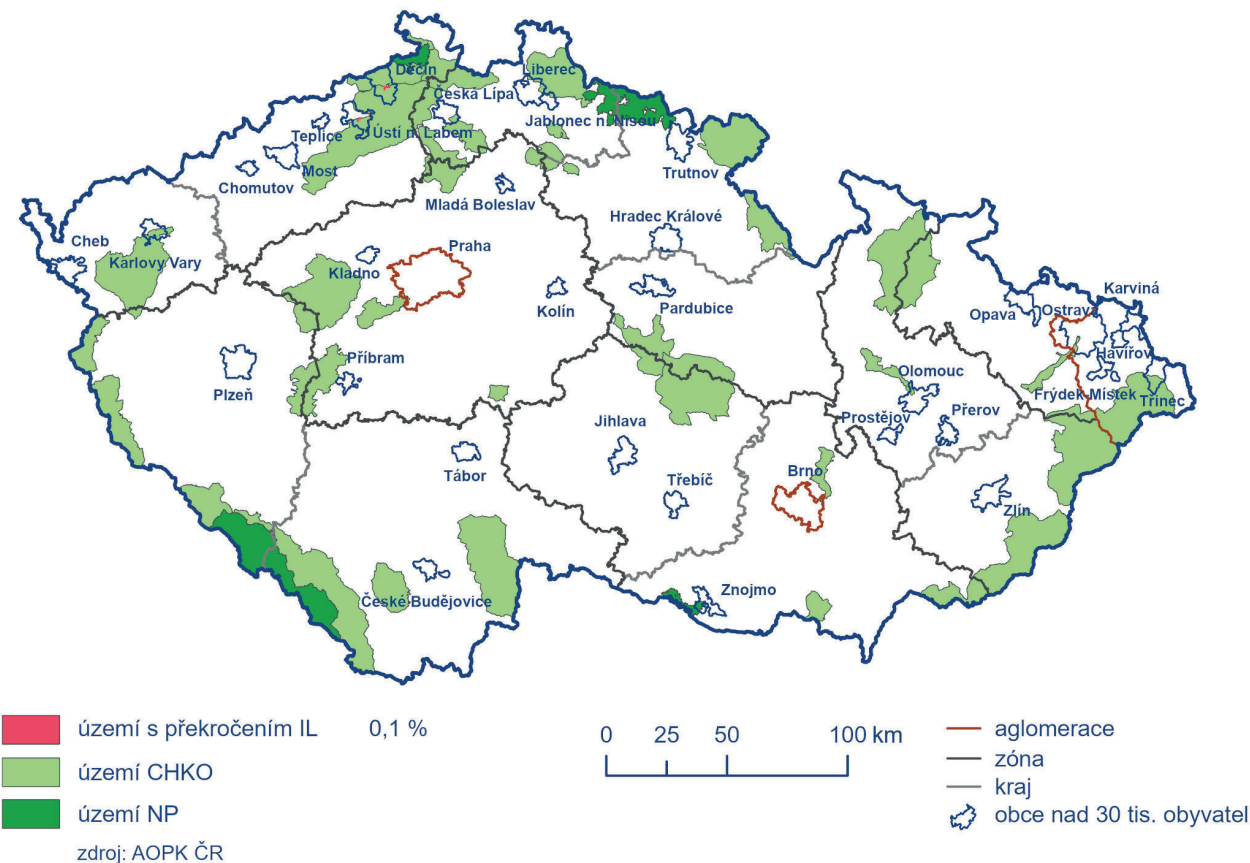
2 Imisní limit pro přízemní O₃ se hodnotí v průměru za tři roky, více viz kap. I, Tab. I.2.

3 Imisní limit pro roční a zimní průměrnou koncentraci SO₂, imisní limit pro roční průměrnou koncentraci NO_x a imisní limit pro O₃ vyjádřený jako expoziční index AOT40.

VII. Oblasti s překročením imisních limitů



Obr. VII.2.1 Vyznačení oblastí s překročenými imisními limity pro ochranu ekosystémů a vegetace na území NP a CHKO se zahrnutím přízemního ozonu, 2022



Obr. VII.2.2 Vyznačení oblastí s překročenými imisními limity pro ochranu ekosystémů a vegetace na území NP a CHKO bez zahrnutí přízemního ozonu, 2022

Tab. VII.2.1 Překročení imisního limitu (NO_x a AOT40) pro ochranu ekosystémů a vegetace v rámci NP a CHKO, % plochy NP a CHKO, 2022

NP + CHKO	NO _x	O ₃	Souhrn
	roční průměr > 30 µg·m ⁻³	AOT 40 > 18 000 µg·m ⁻³ ·h	
Krkonošský národní park	–	99,9	99,9
NP České Švýcarsko	–	100,0	100,0
NP Podjí	–	7,4	7,4
NP Šumava	–	–	–
CHKO Beskydy	–	–	–
CHKO Bílé Karpaty	–	1,9	1,9
CHKO Blaník	–	–	–
CHKO Blanský les	–	–	–
CHKO Brdy	–	–	–
CHKO Broumovsko	–	85,2	85,2
CHKO České středohoří	0,6	65,7	66,0
CHKO Český kras	0,9	0,6	1,5
CHKO Český les	–	–	–
CHKO Český ráj	–	98,3	98,3
CHKO Jeseníky	–	–	–
CHKO Jizerské hory	–	91,6	91,6
CHKO Kokořínsko - Máchův kraj	–	99,3	99,3
CHKO Křivoklátsko	–	–	–
CHKO Labské pískovce	0,2	97,3	97,5
CHKO Litovelské Pomoraví	0,1	–	0,1
CHKO Lužické hory	–	97,4	97,4
CHKO Moravský kras	–	–	–
CHKO Orlické hory	–	36,3	36,3
CHKO Pálava	0,5	35,5	36,1
CHKO Poodří	–	–	–
CHKO Slavkovský les	–	–	–
CHKO Šumava	–	–	–
CHKO Třeboňsko	–	–	–
CHKO Žďárské vrchy	–	71,6	71,6
CHKO Železné hory	–	7,6	7,6

VIII. EVROPSKÝ KONTEXT

Znečištění ovzduší ve velkých průmyslových oblastech patří mezi vážné environmentální problémy Evropy přibližně od poloviny minulého století. Znamé epizody tzv. londýnského smogu přiměly nejen Velkou Británii, ale i další západoevropské země k postupnému přijímání národních zákonů k omezení znečišťování ovzduší.

V 60. letech 20. století začalo být zřejmé, že problém lze vyřešit pouze na základě mezinárodní spolupráce. Ze studií v rámci programu zkoumajícího dálkový přenos znečištění ovzduší, který probíhal v rámci Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD) v letech 1971–1977, vyplynulo, že k acidifikaci řek a jezer ve Skandinávii dochází v důsledku tzv. kyselých dešťů, jež jsou způsobeny znečišťujícími látkami uvolňovanými do ovzduší v kontinentální Evropě. Byl proto přijat první mezinárodní právně závazný dokument, jehož účelem bylo řešit na široké regionální úrovni problémy spojené se znečišťováním ovzduší, a sice Úmluva o dálkovém znečišťování ovzduší přecházejícím hranice států (CLRTAP), kterou v roce 1979 přijala Evropská hospodářská komise OSN.

Díky opatřením jak v rámci CLRTAP, tak zejména později v rámci směrnic Evropské unie (EU), se kvalita ovzduší v Evropě během posledních desetiletí podstatně zlepšila. Podařilo se snížit emise mnoha znečišťujících látek, nicméně znečištění způsobené suspendovanými částicemi a ozonem stále představuje závažná rizika. Značná část evropské populace a ekosystémů je stále vystavena koncentracím znečišťujících látek vyšším, než jsou legislativně stanovené limity a doporučené hodnoty Světové zdravotnické organizace (WHO).

Přes uvedená zlepšení patří znečištění ovzduší k nejrizikovějším environmentálním faktorům způsobujícím předčasná úmrtí, zvyšujícím výskyt širokého spektra nemocí, poškozujícím vegetaci a ekosystémy a vedoucím ke ztrátě biologické rozmanitosti v Evropě. To vše též znamená značné ekonomické ztráty. Další zlepšení vyžaduje opatření a spolupráci na globální, kontinentální, národní a místní úrovni, a to ve většině hospodářských odvětví a se zapojením veřejnosti. Opatření musí zahrnovat technologický rozvoj, strukturální změny včetně optimalizace infrastruktury a územního plánování a změny chování. Ochrana přírodního kapitálu, podpory hospodářské prosperity, lidského blahobytu a sociálního rozvoje jsou součástí vize Evropské unie 2050, která byla stanovena 7. a potvrzena 8. akčním programem EU pro životní prostředí (EU 2013, 2022).

Emise znečišťujících látek a skleníkových plynů v rámci Evropy

Emise hlavních znečišťujících látek vypouštěných do venkovního ovzduší v Evropě od roku 1990 poklesly. Nicméně ke snížení nedošlo dostatečně ve všech sektorech a emise některých znečišťujících látek se dokonce zvýšily. Nedošlo např. k dostatečnému snížení emisí NO_x z mobilních zdrojů, a proto nejsou v mnoha městech dodržovány imisní limity. V posledním desetiletí v EU rovněž vzrostly emise $\text{PM}_{2,5}$ a benzo[a]pyrenu, pocházející z nedokonalého spalování uhlí a biomasy v domácnostech, v soukromých i veřejných budovách. Tyto zdroje se nyní v EU nejvíce podílejí na emisích částic a benzo[a]pyrenu (Obr. VIII.1).

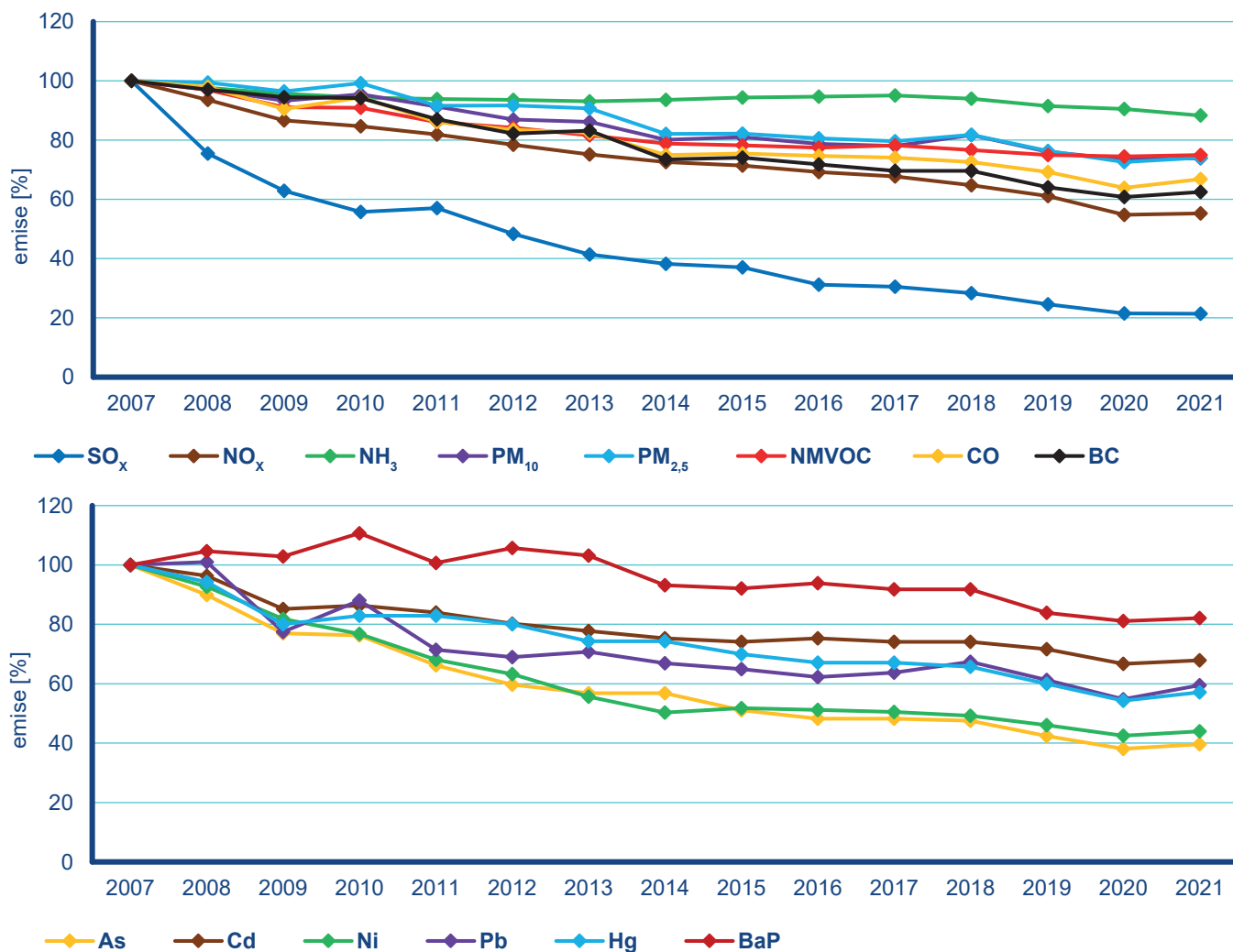
Emise skleníkových plynů zaznamenávají svůj pozvolný pokles, a to především emise CO_2 , CH_4 a N_2O (Obr. VIII.2). U emisí fluorovaných uhlovodíků (F-plynů) byl naopak vidět až do roku 2014 nárůst. V posledních letech se ale začínají projevovat efekty nařízení EU omezující používání F-plynů a začíná docházet k postupnému poklesu jejich emisí. V roce 2020 jejich hodnota poprvé klesla pod úroveň referenčního roku 2007. V roce 2021 pokračuje klesající trend množství emisí hlavních skleníkových plynů. U emisí CO_2 je v roce 2020 patrný výrazný propad v důsledku šíření nákazy koronavirem SARS-CoV-2 a s ním spojeným onemocněním COVID-19.

Celkově platí pro evropské státy mezinárodní povinnosti snižování emisí skleníkových plynů vycházející z požadavků jak Rámcové Úmluvy OSN o změně klimatu, tak z navazujících předpisů Evropské unie. Snižování emisí fluorovaných plynů a omezování jejich používání je pak dáno také Montrealským protokolem.

Monitoring kvality ovzduší v rámci Evropy

Dlouhodobý monitoring kvality ovzduší v Evropě je na vysoké úrovni a hustotou sítě patří Evropa spolu se Severní Amerikou k nejlépe pokrytým kontinentům. Národní monitorovací sítě kvality ovzduší jsou v jednotlivých státech provozovány v souladu s legislativou EU, nicméně praktické zajištění je v jednotlivých státech odlišné. Někde jsou řízeny centrálně agenturami pro životní prostředí nebo meteorologickými ústavy, jinde regionálními úřady. Centrální evropskou databázi dat koncentrací znečišťujících látek naměřených na stanicích imisního monitoringu (AQ e-reporting database) provozuje Evropská agentura pro životní prostředí (EEA). Jednotlivé státy každoročně na základě legislativy EU předávají EEA data naměřená v rámci svých monitorovacích sítí.

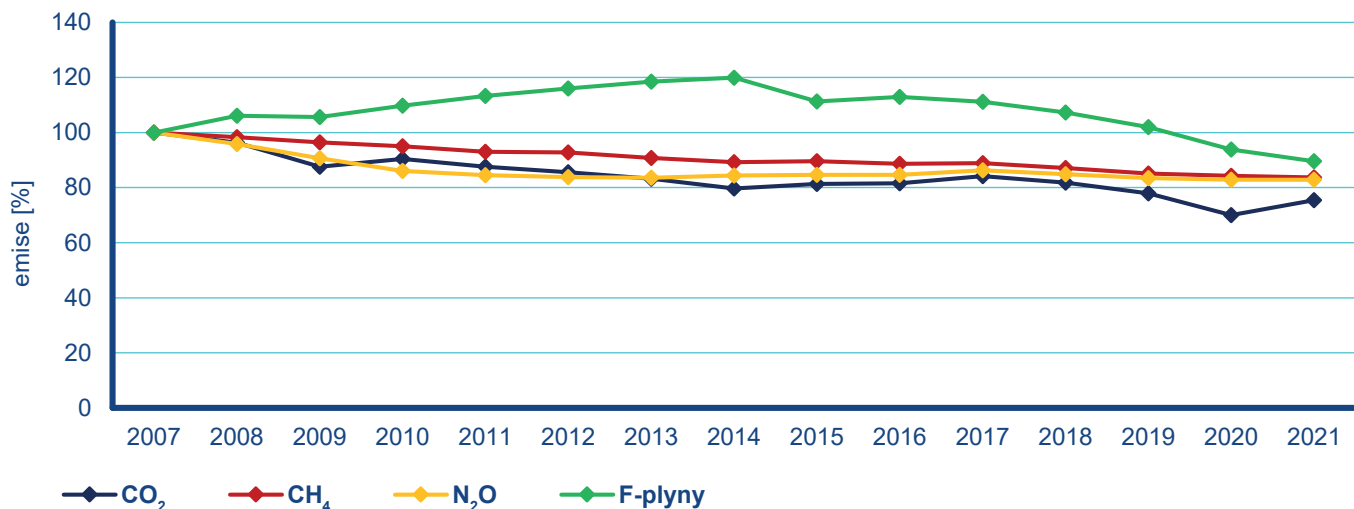
Vedle národních sítí jsou dlouhodobě realizovány panevropské projekty, mezi jejichž hlavní cíle patří detekování dlouhodobých trendů kvality ovzduší v celoevropském kontextu. Jedná se o pro-



Pozn.: Emise jsou vyjádřeny podílem vůči emisím roku 2007. Údaje o využívání půdy, změny ve využívání půdy a lesnictví jsou k dispozici do roku 2012. Předávání zpráv o emisích BC je dobrovolné, nejsou tedy zahrnuty všechny státy.

Zdroj dat: EEA

Obr. VIII.1 Celkové emise ve 27 členských státech Evropské unie, 2007–2021



Pozn.: Emise jsou vyjádřeny podílem vůči emisím roku 2007. Emise jsou uvedeny včetně emisí ze sektoru využívání území, změny ve využívání území a lesnictví.

Zdroj dat: UNFCCC

Obr. VIII.2 Celkové emise skleníkových plynů ve 27 členských státech Evropské unie, 2007–2021

gramy realizované pod CLRTAP (EMEP a skupina pro hodnocení dopadů dálkového přenosu škodlivin přes hranice států), v rámci programu GAW Světové meteorologické organizace (WMO) a v rámci evropských výzkumných infrastruktur (ACTRIS, ICOS). Dálkový přenos znečišťujících látek v rámci celého kontinentu i mimo něj je řešen úmluvou CLRTAP v rámci programu EMEP. Program byl založen v roce 1977 a jedním z jeho hlavních cílů je sledování dlouhodobých trendů kvality ovzduší v regionálním měřítku, a to na základě měření na vybraných pozadových lokalitách.

Aktuální stav kvality ovzduší v Evropě

Z hlediska poškozování lidského zdraví v Evropě je nejproblématictější úroveň koncentrací suspendovaných částic (PM), přizemního ozonu (O_3), oxidu dusičitého (NO_2) a karcinogenního benzo[a]pyrenu. Závažné zdravotní problémy způsobuje znečištěné ovzduší zejména obyvatelům měst a obcí. Poškození ekosystémů způsobuje nejrozsáhleji O_3 , kromě toho zvýšené koncentrace oxidů dusíku (NO_x) přispívají k nadměrné atmosférické depozici dusíku vedoucí v ekosystémech k řadě negativních změn (zejména eutrofizaci, acidifikaci a snižování biodiverzity).

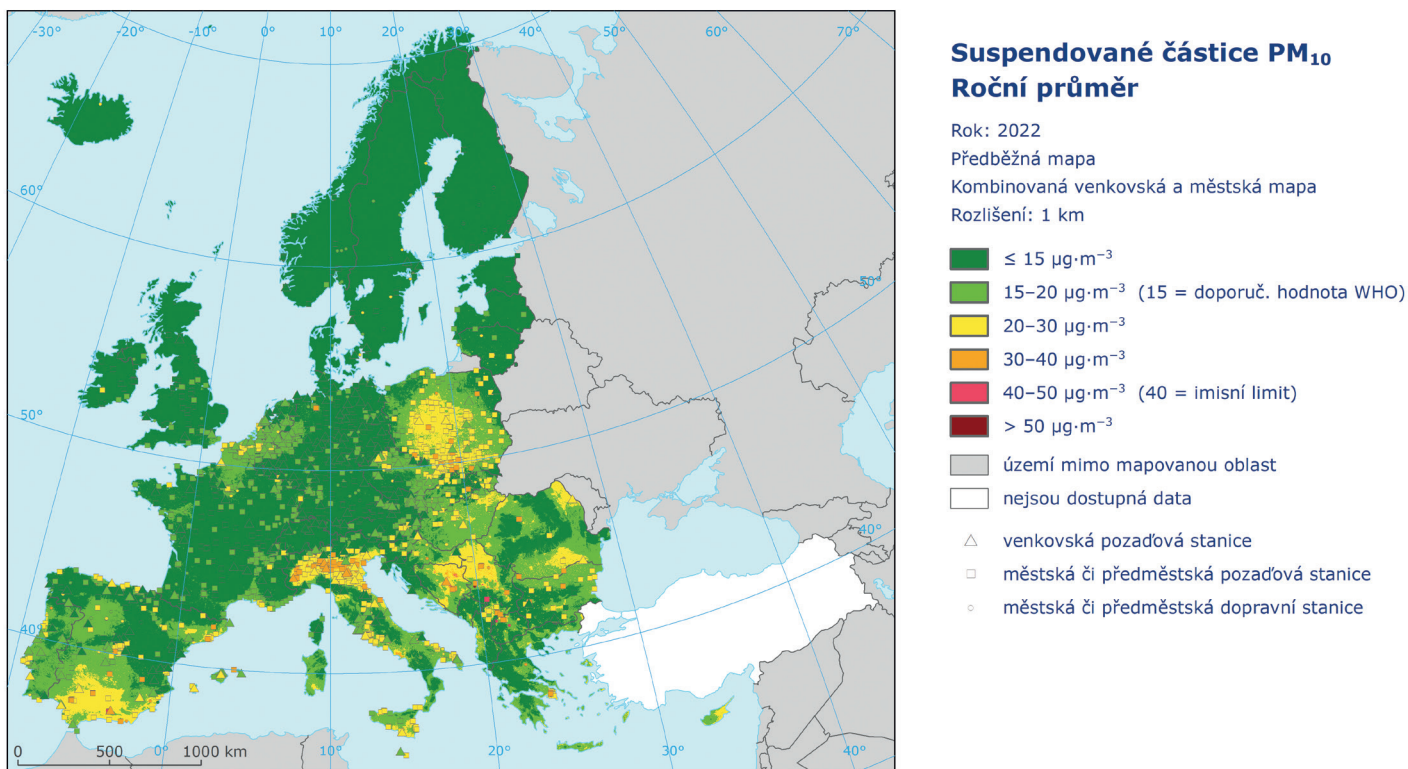
Odhaduje se, že v Evropě¹ bylo v třiletém období 2019–2021 vystaveno 8–9 % obyvatel nadlimitním 24hodinovým koncentracím PM_{10} , cca 1 % obyvatel nadlimitním ročním koncentracím $PM_{2,5}$, 6–20 % obyvatel koncentracím O_3 vyšším než cílová hod-

nota a 0,2–1,3 % obyvatel nadlimitním ročním koncentracím NO_2 (ETC HE 2023). Ročním koncentracím benzo[a]pyrenu vyšším než cílová hodnota bylo v třiletém období 2019–2021 vystaveno cca 14–16 % městské populace EU (EEA 2023).

Odhad procenta populace Evropy vystavené v třiletém období 2019–2021 koncentracím přesahujícím doporučené hodnoty WHO 2021 (Tab. I.3) byl výrazně vyšší, a to 60–74 % pro roční koncentraci PM_{10} , cca 97 % pro roční koncentraci $PM_{2,5}$ a 72–80 % pro roční koncentraci NO_2 (ETC HE 2023). Denní koncentraci O_3 vyšší, než je doporučená hodnota WHO 2021, bylo v letech 2019–2021 vystaveno 94–99 % městské populace EU; v případě roční koncentrace benzo[a]pyrenu to bylo 64–75 % a v případě 24hodinové koncentrace SO_2 0–7 % městské populace EU (EEA 2023).

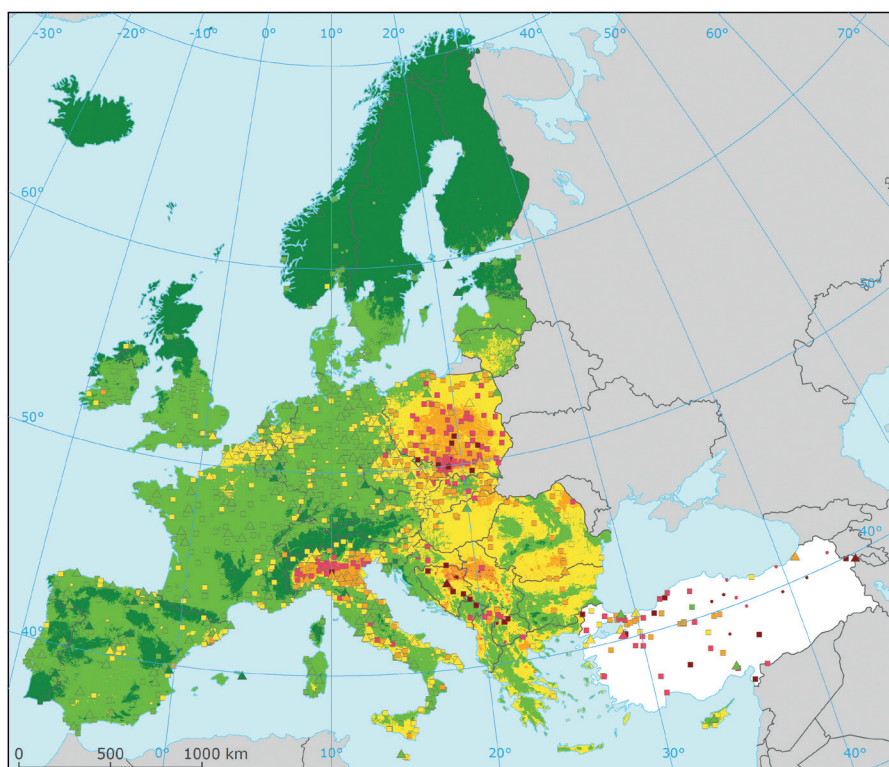
Odhady zdravotních dopadů vlivu znečištěného ovzduší ukazují, že dlouhodobá expozice jemným částicím ($PM_{2,5}$) přispěla v EU v roce 2020 k cca 238 tis. předčasných úmrtí, dlouhodobá expozice koncentracím NO_2 k 49 tis. a krátkodobá expozice koncentracím O_3 přibližně k 24 tis. předčasných úmrtí (EEA 2022).

Nadlimitními koncentracemi suspendovaných částic a benzo[a]pyrenu jsou nejvíce zatíženi obyvatelé střední a východní Evropy včetně Balkánského poloostrova, k plošně nejvíce znečištěným oblastem patří rovněž Pádská nížina v severní Itálii (Obr. VIII.3, Obr. VIII.4, Obr. VIII.5).



Obr. VIII.3 Pole průměrné roční koncentrace PM_{10} v Evropě, 2022, předběžná mapa

1 Včetně území Kypru, bez území Běloruska, Moldavska, Ukrajiny a evropských částí Kazachstánu, Ruska a Turecka.



Suspendované částice PM_{2,5} Roční průměr

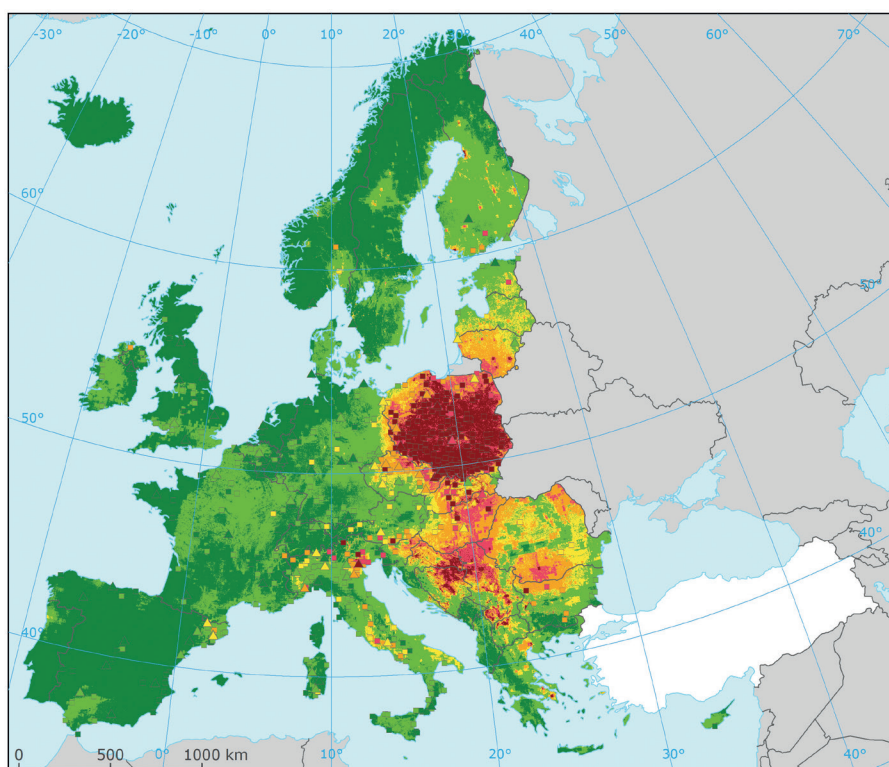
Rok: 2021

Kombinovaná venkovská a městská mapa

Rozlišení: 1 km

- $\leq 5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
- $5\text{--}10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (5 = doporučená hodnota WHO)
- $10\text{--}15 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
- $15\text{--}20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
- $20\text{--}25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (20 = orientační limit)
- $> 25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (25 = imisní limit)
- území mimo mapovanou oblast
- nejsou dostupná data
- △ venkovská požadová stanice
- městská či předměstská požadová stanice
- městská či předměstská dopravní stanice

Obr. VIII.4 Pole průměrné roční koncentrace PM_{2,5} v Evropě, 2021



Benzo[a]pyren Roční průměr

Rok: 2021

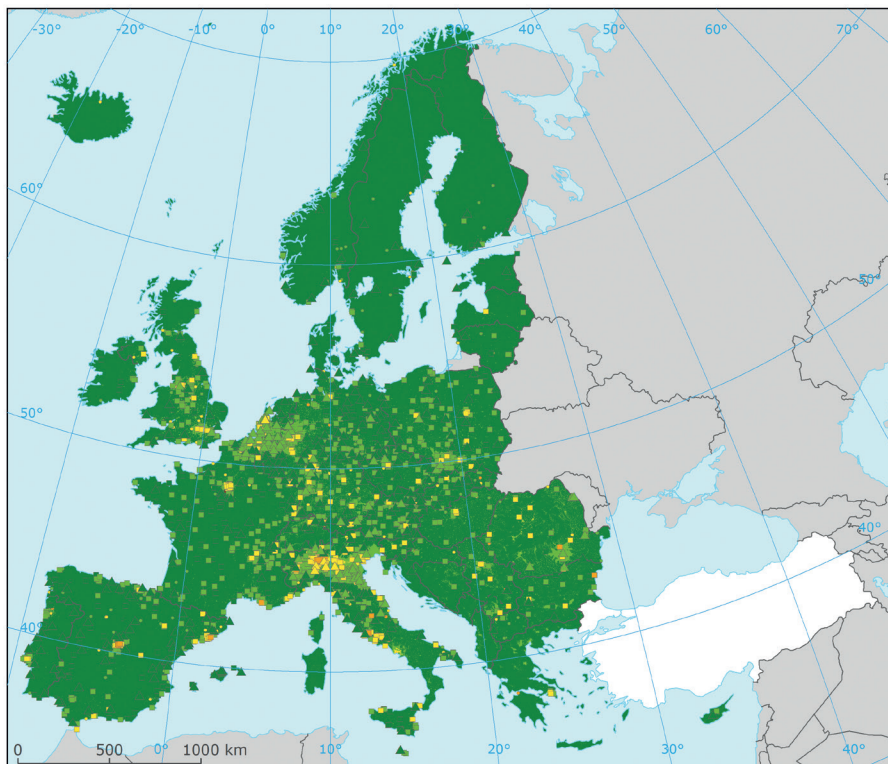
Orientační mapa

Kombinovaná venkovská a městská mapa

Rozlišení: 1 km

- $\leq 0,12 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$
- $0,12\text{--}0,4 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$
- $0,4\text{--}0,6 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$
- $0,6\text{--}1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$
- $1\text{--}1,5 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ (1 = cílový limit)
- $> 1,5 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$
- území mimo mapovanou oblast
- nejsou dostupná data
- △ venkovská požadová stanice
- městská či předměstská požadová stanice

Obr. VIII.5 Pole průměrné roční koncentrace benzo[a]pyrenu v Evropě, 2021, orientační mapa



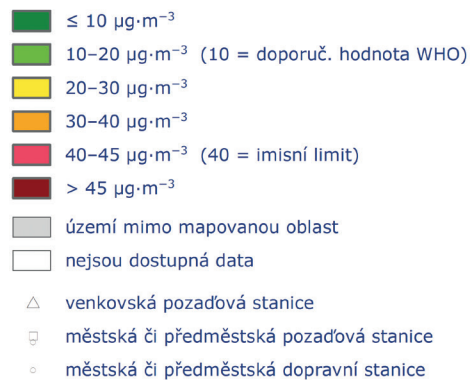
Oxid dusičitý (NO₂) Roční průměr

Rok: 2022

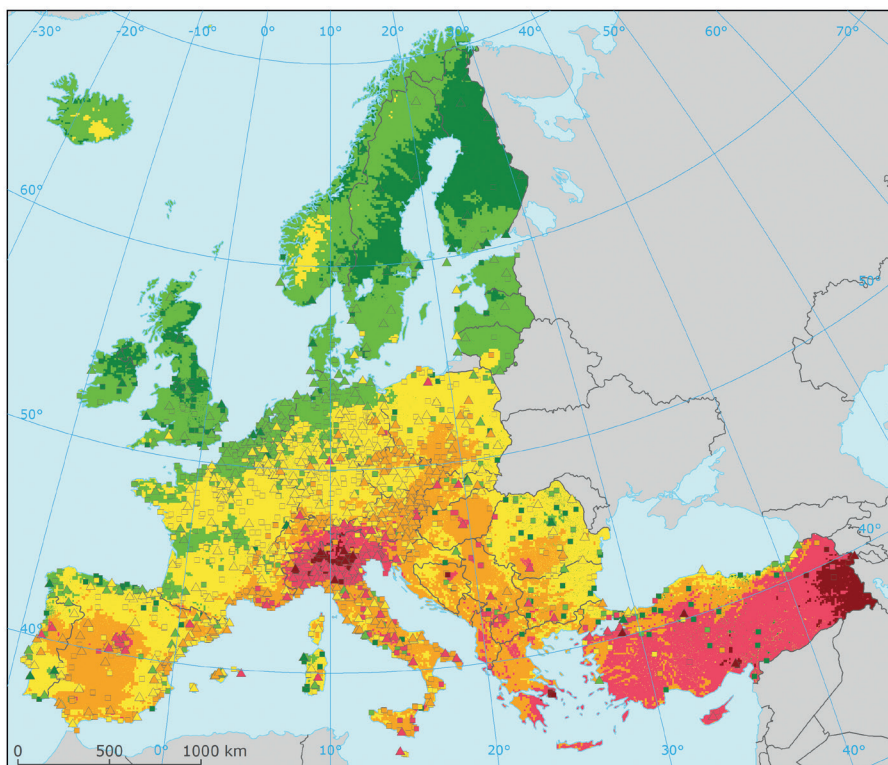
Předběžná mapa

Kombinovaná venkovská a městská mapa

Rozlišení: 1 km



Obr. VIII.6 Pole průměrné roční koncentrace NO₂ v Evropě, 2022, předběžná mapa



Ozon – 93,2 percentil max. denních 8hod. průměrů

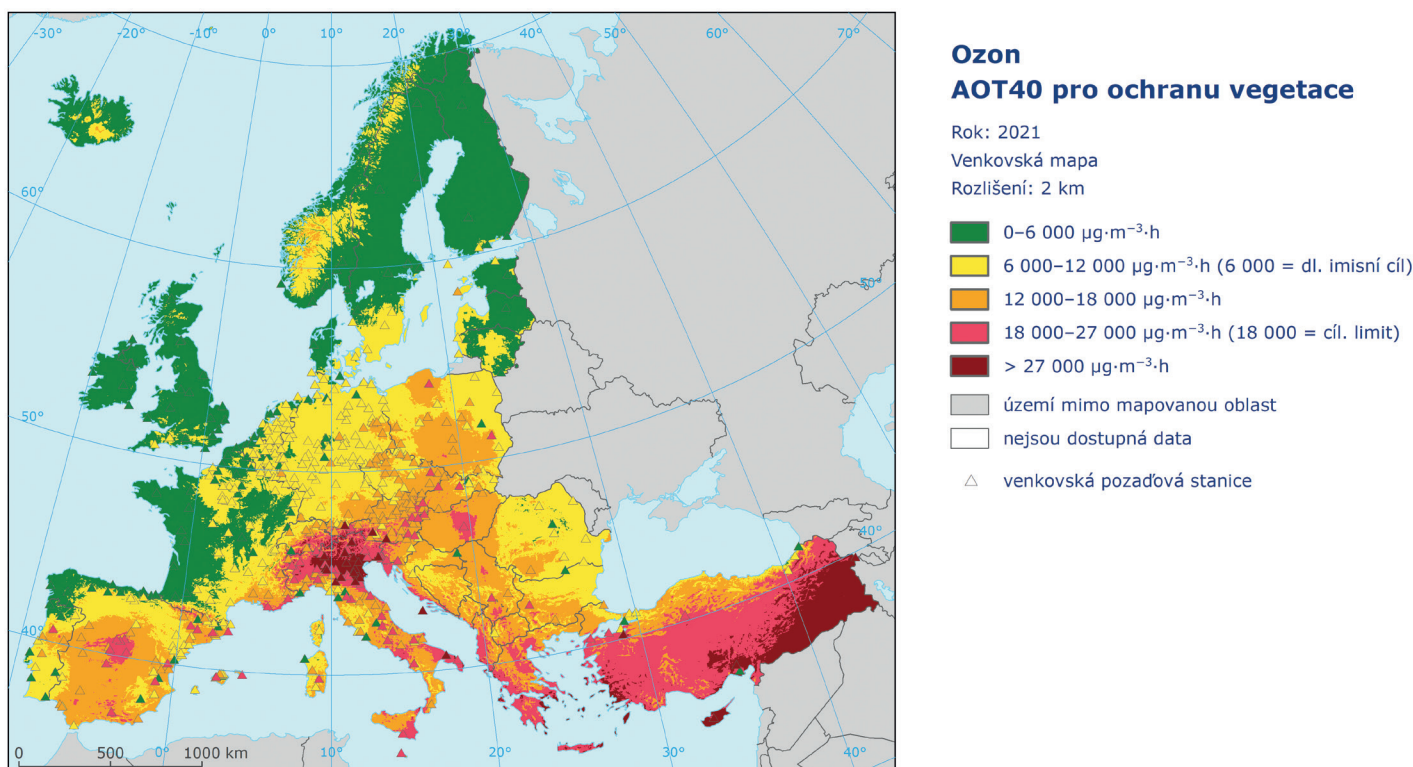
Rok: 2021

Kombinovaná venkovská a městská mapa

Rozlišení: 1 km



Obr. VIII.7 Pole 93,2 percentilu denních maximálních 8hodinových koncentrací O₃ v Evropě, 2021



Obr. VIII.8 Pole hodnot expozičního indexu AOT40 pro ochranu vegetace v Evropě, 2021

Limitní koncentrace NO_2 jsou překračovány zejména v lokalitách ovlivněných dopravou (Obr. VIII.6). Výskyt nadlimitních koncentrací lze předpokládat i ve státech, které výše zmíněné škodliviny sledují pouze na omezeném počtu lokalit, nebo je nesledují vůbec, resp. tyto údaje EEA nepředávají.

K primárním škodlivinám, které pocházejí z místních a oblastních zdrojů emisí, se přidává znečištění ovzduší sekundárním aerosolem (kap. IV.2.3, IV.9.3) a O_3 . Koncentrace O_3 vzhledem k mechanismu jeho vzniku (kap. IV.4.3) narůstají od nízkých hodnot v severní Evropě až po nejvyšší koncentrace zejména ve státech kolem Středozemního moře (Obr. VIII.7, Obr. VIII.8).

Kvalita ovzduší České republiky v evropském kontextu

Úroveň znečištění ovzduší se v různých částech ČR velmi výrazně liší. Na jedné straně jsou oblasti velmi málo znečištěné, ve kterých je kvalita ovzduší obdobná jako v čistých souvisle obydlených regionech Evropy a koncentrace škodlivin ani zdaleka nedosahují imisních limitů. Data z českých požadových stanic programu EMEP jsou srovnatelná s koncentracemi naměřenými na podobně lokalizovaných stredo-evropských stanicích. Na straně druhé aglomerace O/K/F-M patří společně s přilehlou oblastí Polské republiky v dlouhodobé perspektivě k nejvíce znečištěným evropským regionům, a to jak z hlediska rozlohy, tak dosahovaných koncentrací (kap. IV.3). Přenos škodlivin mezi ČR a sousedícími státy je nejintenzivnější právě v oblasti Slez-

ska (podrobněji kap. V.3 a Volná et al. 2022). To je způsobeno jednak zvýšenou úrovní znečištění v tomto regionu na obou stranách hranice, jednak tvarem terénu, který zde usměrňuje proudění do dvou převládajících směrů. Znečištěný vzduch proudí přes státní hranici i v jiných oblastech, ale vzájemné přeshraniční působení je většinou menší, hlavně v důsledku nižší koncentrace přenášeného znečištění. Zatímco v oblasti Slezska je hlavní přeshraniční příspěvek znečištění tvořen emisemi z vytápění domácností, ve všech ostatních regionech pravděpodobně převládá transport průmyslových a dopravních emisí. V okolí státní hranice ve Slezsku tvoří znečištění přenášené z území Polska přibližně polovinu průměrné roční koncentrace suspendovaných částic PM_{10} a směrem do českého vnitrozemí tento podíl klesá. V Ústeckém kraji tvořilo v roce 2022 zahraniční znečištění jednu až dvě třetiny průměrné koncentrace suspendovaných částic PM_{10} , v závislosti na typu lokality. V jiných částech České republiky dosud nebyl přeshraniční přenos podrobně kvalitativně a kvantitativně vyhodnocen nebo jsou údaje v návaznosti na emisní vývoj již zastaralé.

Ohledně úrovně průměrných koncentrací na obyvatele patří ČR k nadprůměrně znečištěným zemím z hlediska suspendovaných částic $\text{PM}_{2,5}$ a benzo[a]pyrenu, k průměrně až nadprůměrně znečištěným zemím z hlediska suspendovaných částic PM_{10} a O_3 , a k podprůměrně až průměrně znečištěným zemím z hlediska NO_2 (ETC HE 2023, EEA 2022).

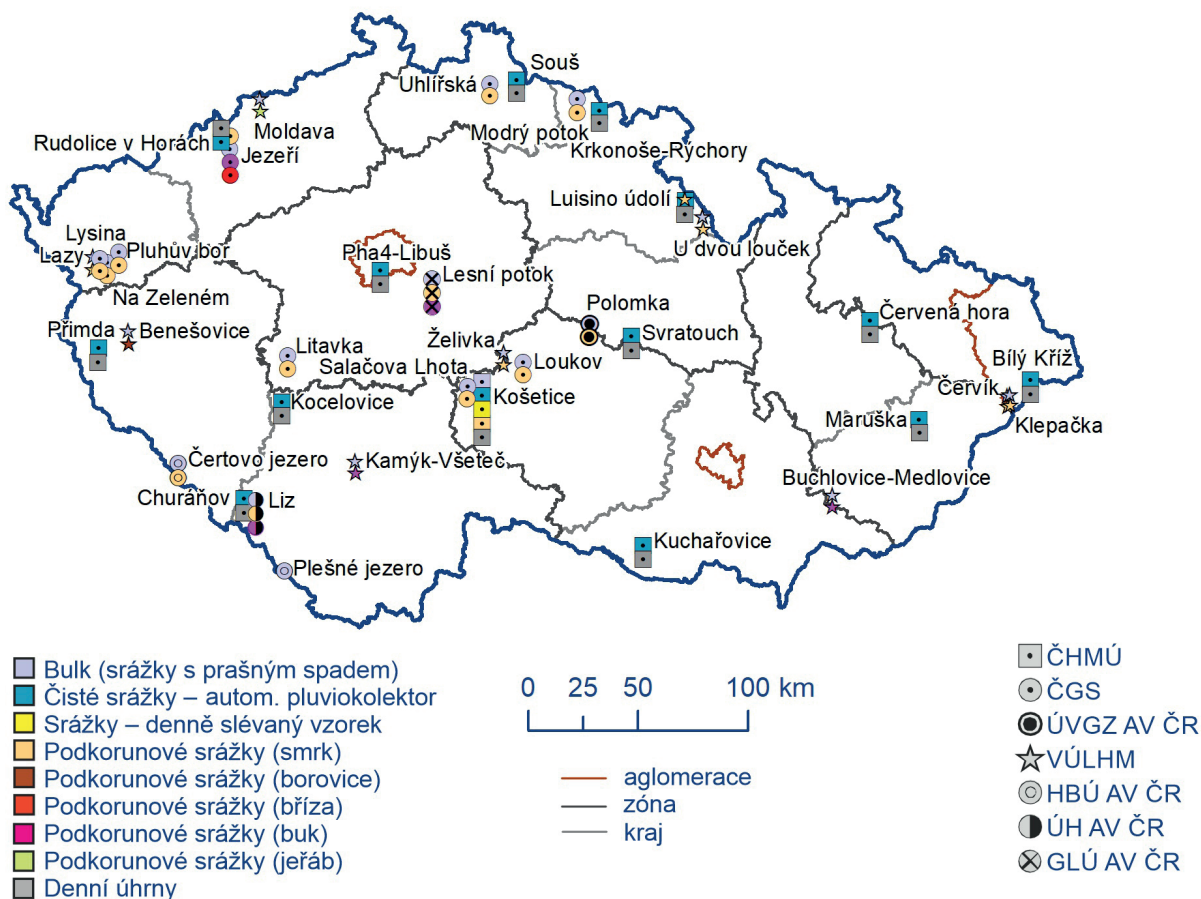
IX. ATMOSFÉRICKÁ DEPOZICE NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY

Atmosférická depozice je tok látek z atmosféry k zemskému povrchu (Braniš, Hůnová 2009). Jedná se o významný proces přispívající k samočištění ovzduší, na druhé straně je však vstupem znečišťujících látek do jiných složek prostředí. Atmosférická depozice má mokrou a suchou složku. Mokrú složku je spojena s výskytem atmosférických srážek (depozice vertikální: déšť, sníh, kroupy; horizontální: mlha, námraza, jinovatka), a je tedy epizodická. Složka suchá představuje depozici plynů a částic různými mechanismy a probíhá neustále.

Atmosférická depozice většiny sledovaných látek se v Evropě za posledních dvacet let významně snížila, v řadě regionů však stále zůstává problémem (EEA 2011). Na území ČR se chemické složení atmosférických srážek a atmosférická depozice sledují dlouhodobě na poměrně značném počtu lokalit.

V roce 2022 byla do databáze Informačního systému kvality ovzduší (ISKO) dodána data o chemickém složení atmosférických srážek celkem z 39 lokalit v ČR (Obr. IX.1). V ČR zajišťuje měření ČHMÚ (14 lokalit), ČGS (10 lokalit), VÚLHM (10 lokalit), HBÚ AV ČR (2 lokality) a ÚH AV ČR, ÚVGZ AV ČR a GLÚ AV ČR (po 1 lokalitě). Dále byla dodána data ze 2 slovenských lokalit (SHMÚ) a 3 německých lokalit (LfULG) v příhraničních oblastech (ČHMÚ 2023e).

Látky prezentované v kapitole atmosférické depozice nemají legislativně stanovené limity, jak je tomu v případě imisí. Z tohoto důvodu byla zvolena odlišná barevná škála za účelem větší přehlednosti depozičních map. Podrobnější informace o atmosférické depozici, odběrech vzorků, měření a kvantifikaci jejich složek a specifikace tvorby map jsou k dispozici v ČHMÚ (2023d).



Obr. IX.1 Staniční síť sledování kvality atmosférických srážek a atmosférické depozice, 2022

Z důvodu poruchy přístroje nejsou k dispozici údaje o mokré depozici těžkých kovů na stanicích ČHMÚ. Množství dat ze stanic ostatních dodavatelů není dostatečné pro tvorbu depozičních map, proto není v textu uvedeno hodnocení mokré a celkové depozice těžkých kovů.

Výsledky

Rok 2022 byl v ČR srážkově normální. Průměrný roční úhrn srážek 634 mm představuje 93 % dlouhodobého normálu 1991–2020 (více viz kap. III). Nižší srážkové úhrny v porovnání s rokem 2021 (683 mm) se projevily na snížení všech depozic, s výjimkou suché depozice síry.

Depozice síry

Průměrná hodnota depozičního toku síry v roce 2022 byla $0,340 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ (Tab. IX.1). Oproti roku 2021 ($0,385 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) se jedná o pokles o 12 %.

Pole celkové depozice síry vyjadřuje celkovou úroveň depozice síry na plochu ČR. Její kvantifikace se provádí na základě měřených koncentrací SO_4^{2-} v atmosférických srážkách a imisních koncentrací SO_2 . V roce 2022 činila celková depozice síry 26 800 t (Tab. IX.2), což je oproti roku 2021 pokles o 11 % (30 335 t). Na 94 % plochy ČR byla v roce 2022 hodnota celkového depozičního toku síry nižší než $0,5 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$. Vyšších hodnot bylo dosaženo

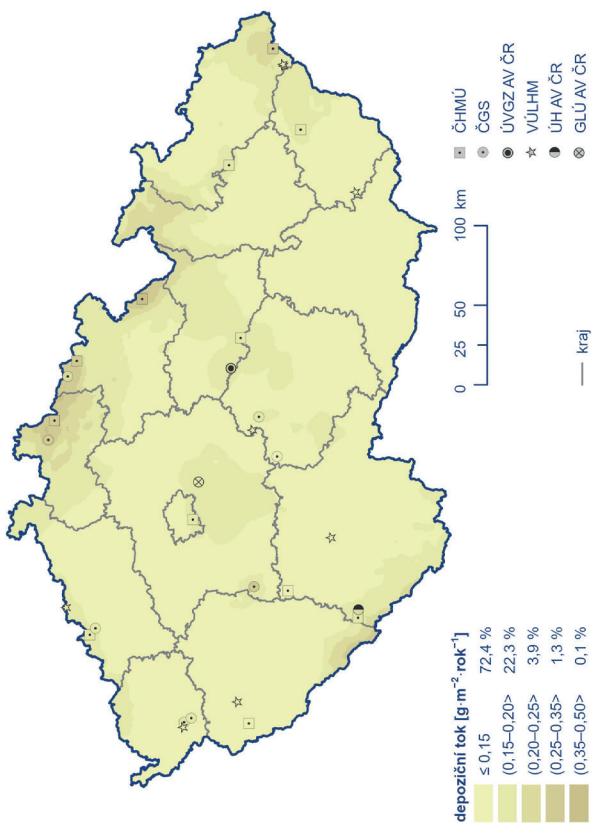
v oblasti Krušných a Jizerských hor, Krkonoš, Orlických hor a Jeseňníků, Ostravska a Moravskoslezských Beskyd. (Obr. IX.2).

Mokrá depozice síry (S_SO_4^{2-}) dosáhla v roce 2022 hodnoty 10 724 t, zatímco v roce 2021 hodnoty 14 786 t (pokles o 27 %). Na celém území ČR se hodnoty depozičního toku pohybovaly pod $0,5 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$. Vyšších hodnot mokré složky ($> 0,25 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) pak bylo dosaženo v Krkonoších a v Jizerských a Orlických horách (1,4 %; Obr. IX.3). Suchá depozice síry (S_SO_2) dosáhla v roce 2022 hodnoty 16 076 t, zatímco v roce 2021 to bylo 15 549 t (nárůst o 3 %). Na většině území ČR (99,9 %) se hodnoty depozičního toku S_SO_2 pohybovaly pod $0,5 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$. Vyšší hodnoty suché složky byly dosahovány v Krušných horách a na Ostravsku (Obr. IX.4).

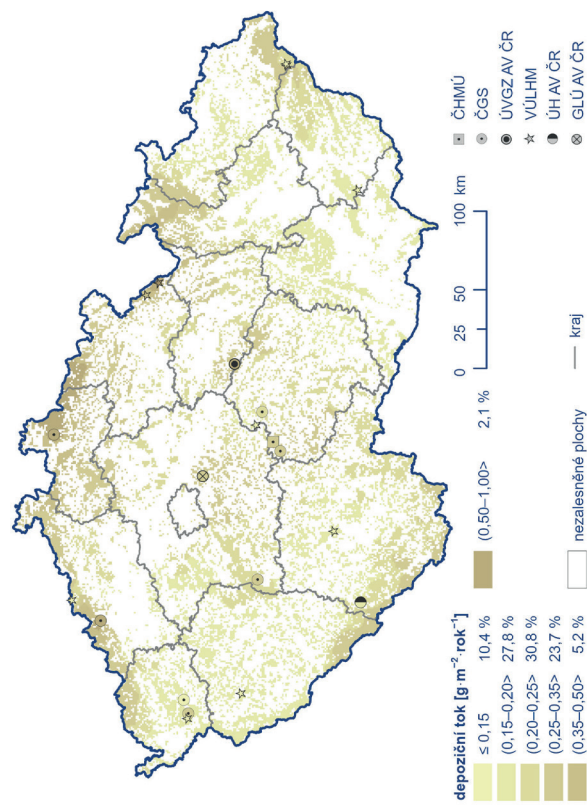
Podkorunová depozice síry (S_SO_4^{2-}) na zalesněný povrch ČR dosáhla v roce 2022 hodnoty 6 152 t, což je oproti roku 2021 (7 174 t) pokles o 14 % (Tab. IX.3). Maximálních hodnot ($1 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) bylo dosaženo v horských příhraničních oblastech (2,1 % zalesněné plochy ČR; Obr. IX.5). Mapové zobrazení podkorunové depozice síry bylo vytvořeno pro místa s porosty na základě pole koncentrací síry v podkorunových srážkách („throughfall“) a z verifikovaného pole srážek procentuálně modifikovaného množstvím srážek naměřeným pod porosty na jednotlivých stanicích v rozsahu 54 % (Liz) až 103 % (Moldava) srážkového úhrnu na volné ploše pro rok 2022. Podkorunová depozice obecně zahrnuje mokrou vertikální a horizontální depozici (z mlh, nízkých oblačností a z námraz) a suchou depozici částic a plynů v lesních porostech.

Tab. IX.1 Průměrné hodnoty depozičních toků S, N a H v České republice, 2022

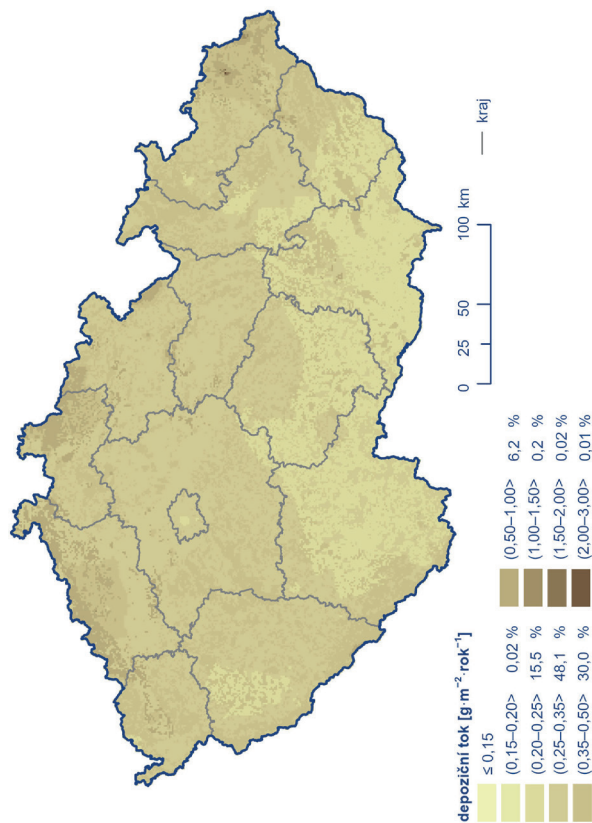
Prvek	Depozice	$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$	$\text{keq}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$
S (SO_4^{2-})	mokrá	0,136	0,085
S (SO_2)	suchá	0,204	0,127
S	celková	0,340	0,212
N (NO_3^-)	mokrá	0,126	0,090
N (NH_4^+)	mokrá	0,209	0,149
N (NO_x)	suchá	0,165	0,117
N	celková	0,499	0,357
H (pH)	mokrá	0,002	0,024
H (SO_2, NO_x)	suchá	0,024	0,243
H	celková	0,027	0,267



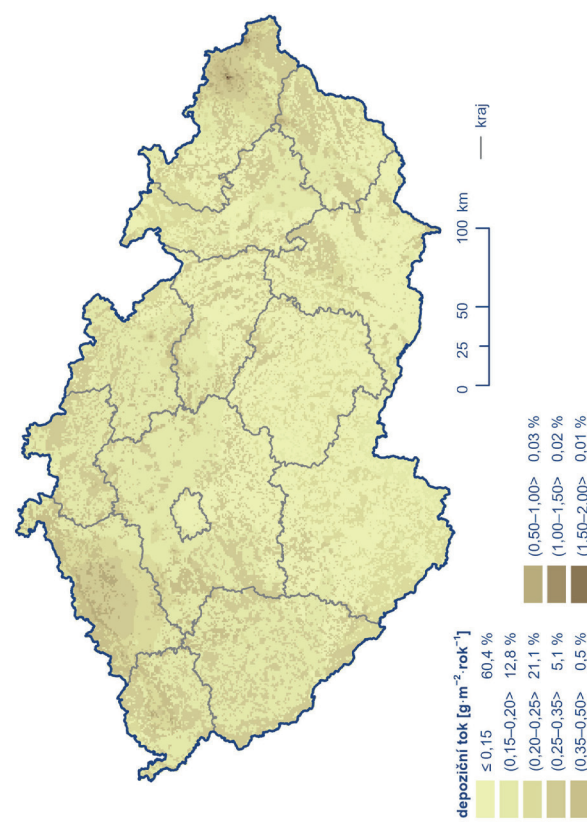
Obr. IX.3 Pole mokré roční depozice síry ($\text{S}_{\text{SO}_2^-}$), 2022



Obr. IX.5 Pole podkorunové roční depozice síry, 2022



Obr. IX.2 Pole celkové roční depozice síry, 2022



Obr. IX.4 Pole suché roční depozice síry (S_{SO_2}), 2022

Depozice dusíku

Průměrná hodnota depozičního toku dusíku v roce 2022 byla $0,499 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ (Tab. IX.1). Oproti roku 2021 ($0,702 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) se jedná o pokles o 29 %.

Celková depozice dusíku na plochu ČR byla v roce 2022 rovna hodnotě 39 375 t (Tab. IX.2). Ve srovnání s rokem 2021 (55 383 t) se jedná o pokles o 29 %. Na 93 % plochy ČR byla v roce 2022 hodnota celkového depozičního toku dusíku nižší než $0,75 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$. Vyšších hodnot bylo dosaženo v oblasti Jizerských a Orlických hor a Jeseníků (Obr. IX.6).

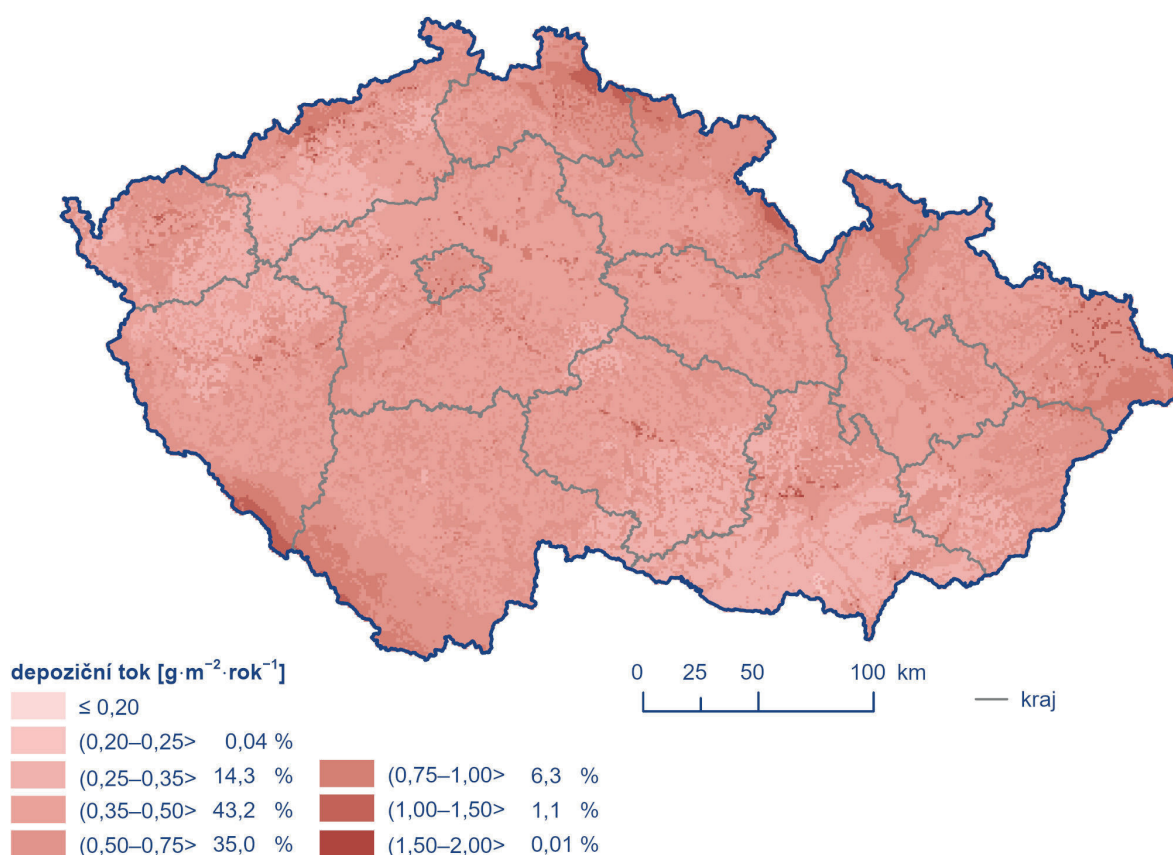
Depozice oxidovaných forem dusíku (N_2O), měla v roce 2022 hodnotu 22 921 t, zatímco v roce 2021 hodnotu 33 451 t (pokles o 32 %). Přičemž mokrá složka byla rovna hodnotě 9 950 t, což je oproti roku 2021 (18 876 t) pokles o 47 %, a suchá složka pak byla rovna hodnotě 12 971 t, tedy pokles o 11 % proti roku 2021 (14 575 t). Mokrá depozice redukovaných forem (N_2O) se v roce 2022 snížila na hodnotu 16 454 t oproti roku 2021 (21 932 t, pokles o 25 %). Celková mokrá depozice dusíku (součet mokré depozice N_2O a N_2O) pak byla v roce 2022 rovna hodnotě 26 404 t, což je v porovnání s rokem 2021 (40 808 t) pokles o 35 %.

Nejvyšší hodnoty (nad $0,35 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) mokré depozice oxidovaných (0,4 % území ČR) i redukovaných (4,7 % území ČR) forem

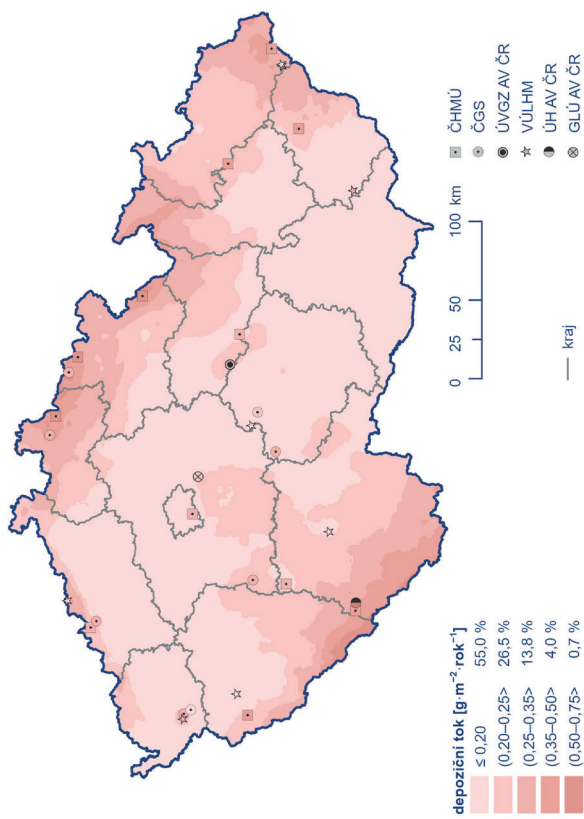
dusíku jsou zaznamenány v Krkonoších, Jizerských a Orlických horách a na Šumavě (Obr. IX.7, Obr. IX.8). Celková mokrá depozice se na většině území pohybuje pod $0,5 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ (91,5 %), vyšších hodnot pak opět dosahuje v Krkonoších, v Jizerských a Orlických horách a na Šumavě (8,5 % rozlohy ČR, Obr. IX.9). Vyšší hodnoty celkové suché depozice (nad $0,75 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) jsou pozorovány lokálně v rámci celé ČR, přičemž činí 0,41 % celého území (Obr. IX.10).

Tab. IX.2 Odhad celkové roční depozice uvedených složek na plochu České republiky v tunách, 2022

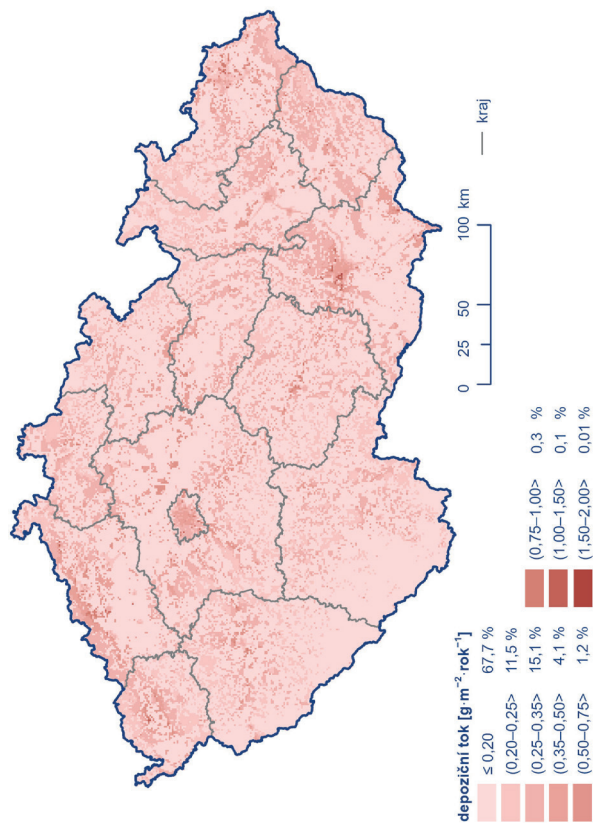
	Depozice [t]		
	mokrá	suchá	celková
S	10 724	16 076	26 800
N (ox)	9 950	12 971	22 921
N (red)	16 454		
N (ox + red)	26 404		39 375
H⁺	194	1 931	2 125
Cd		0,9	
Pb		18	



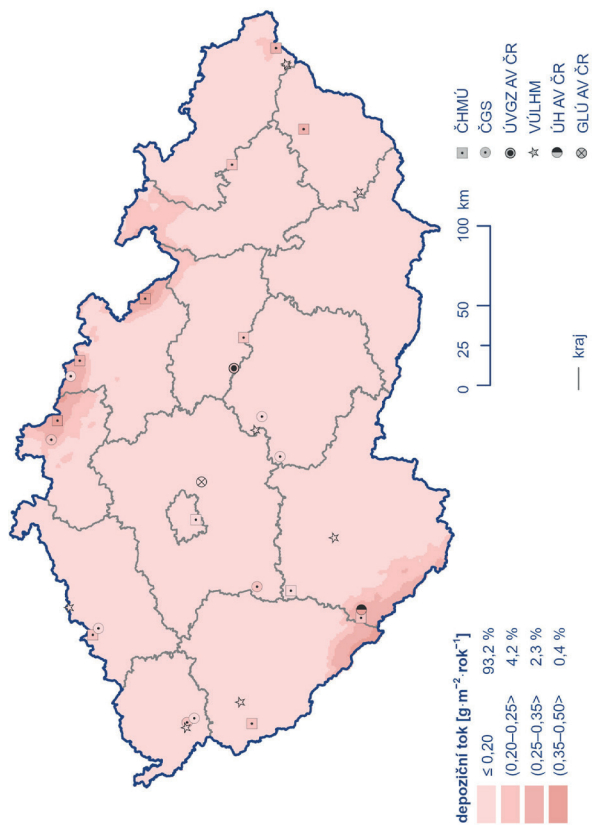
Obr. IX.6 Pole celkové roční depozice dusíku, 2022



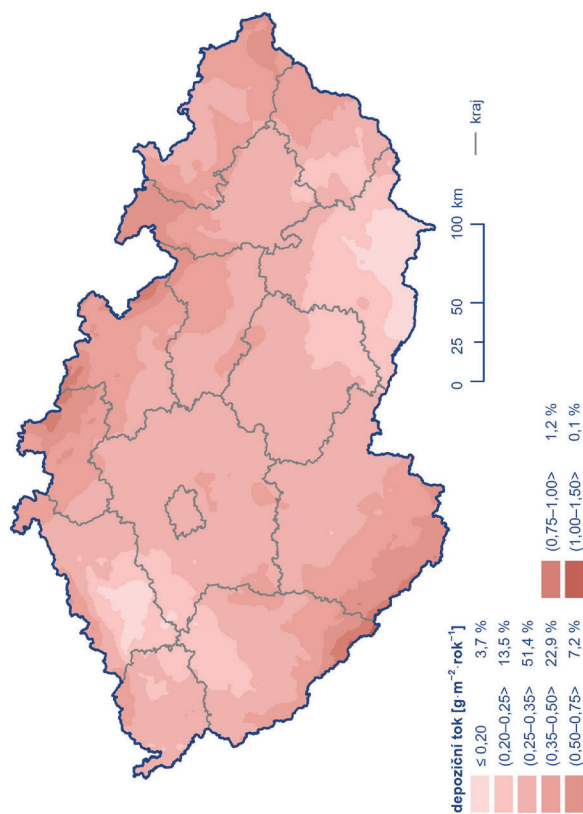
Obr. IX.8 Pole mokré roční depozice dusíku (N_NH₄⁺), 2022



Obr. IX.10 Pole suché roční depozice dusíku (N_NO_x), 2022



Obr. IX.7 Pole mokré roční depozice dusíku (N_NO₃⁻), 2022



Obr. IX.9 Pole celkové mokré roční depozice dusíku, 2022

Depozice vodíkových iontů

Průměrná hodnota depozičního toku vodíku v roce 2022 byla $0,027 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ (Tab. IX.1). Oproti roku 2021 ($0,028 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) se jedná o pokles o 4 %.

Celková depozice vodíkových iontů na plochu ČR byla v roce 2022 rovna hodnotě 2 125 t (Tab. IX.2). Oproti roku 2021 (2 232 t) se jedná o pokles o 5 %. Mokrý složka dosáhla v roce 2022 hodnoty 194 t, zatímco v roce 2021 to bylo 219 t (pokles o 12 %) a suchá složka byla v roce 2022 rovna hodnotě 1 931 t, oproti 2 013 t v roce 2021 (pokles o 4 %).

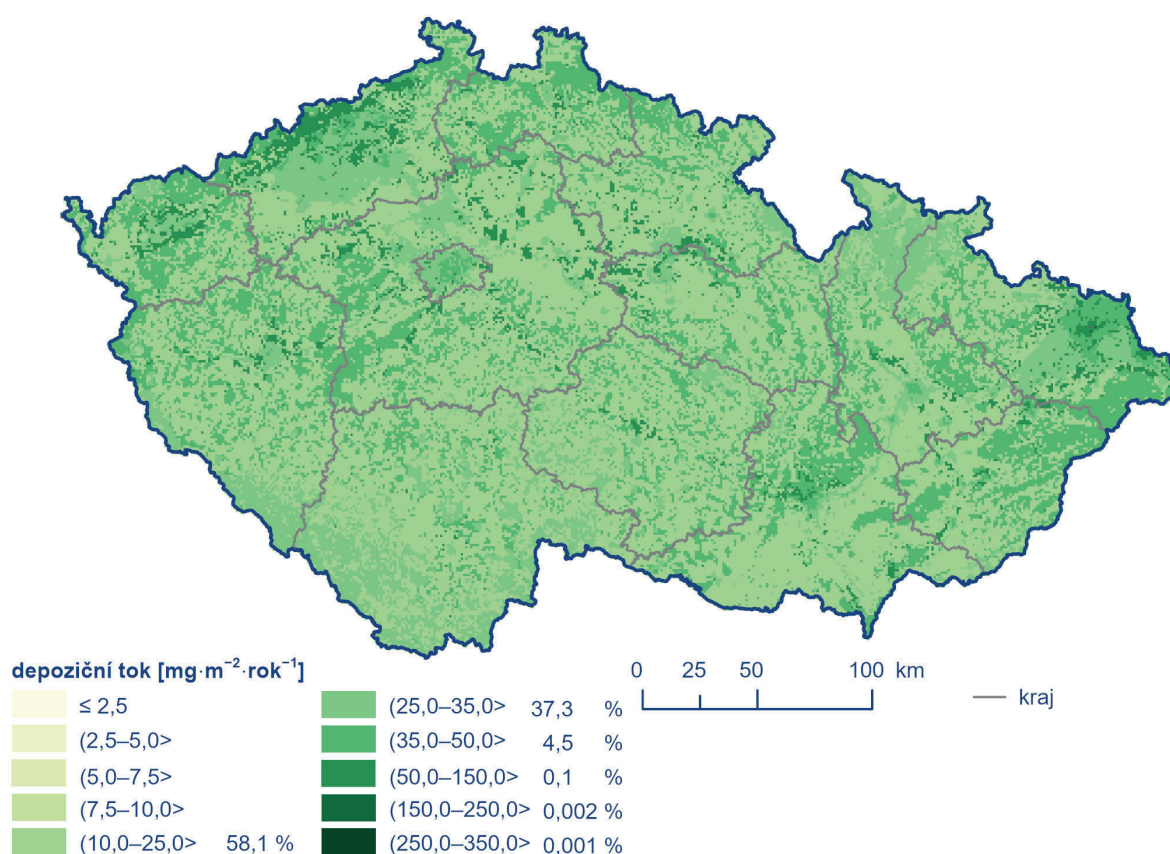
Celková depozice vodíkových iontů dosahuje na většině území ČR (99,9 %) hodnot mezi 10 a $50 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$. Vyšších hodnot je dosažováno v Krušných horách a na Ostravsku (Obr. IX.11). Mokrý depozice dosahuje hodnot maximálně $10 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$, přičemž nejvyšší hodnoty nad $5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ jsou zaznamenány ve vrcholových partiích Jizerských hor a Krkonoš (1,1 % ČR; Obr. IX.12). Suchá depozice je srovnatelná s celkovou depozicí (Obr. IX.13).

Depozice kademnatých, olovnatých, chloridových a nikelnatých iontů

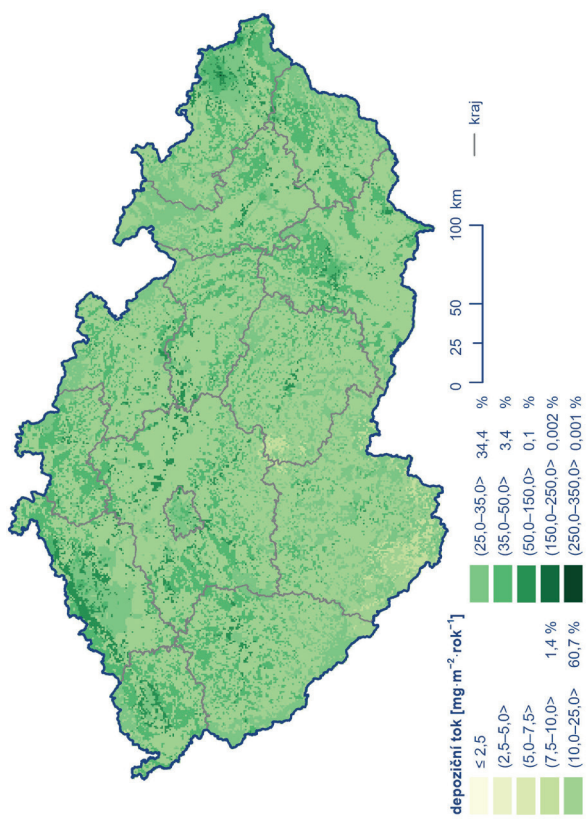
Suchá depozice kadmia byla v roce 2022 (0,9 t) stejná jako v roce 2021 (Tab. IX.2). Hodnot vyšších než $0,05 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ dosahuje téměř výhradně v Libereckém kraji, v Krkonoších a Podkrkonoší a částečně i na Ostravsku (2,3 % ČR; Obr. IX.14).

Suchá depozice olova byla v roce 2022 (18 t) srovnatelná s rokem 2021 (19 t; Tab. IX.2). Nejvyšších hodnot (nad $0,7 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) bylo dosaženo na Ostravsku (3,81 %; Obr. IX.15).

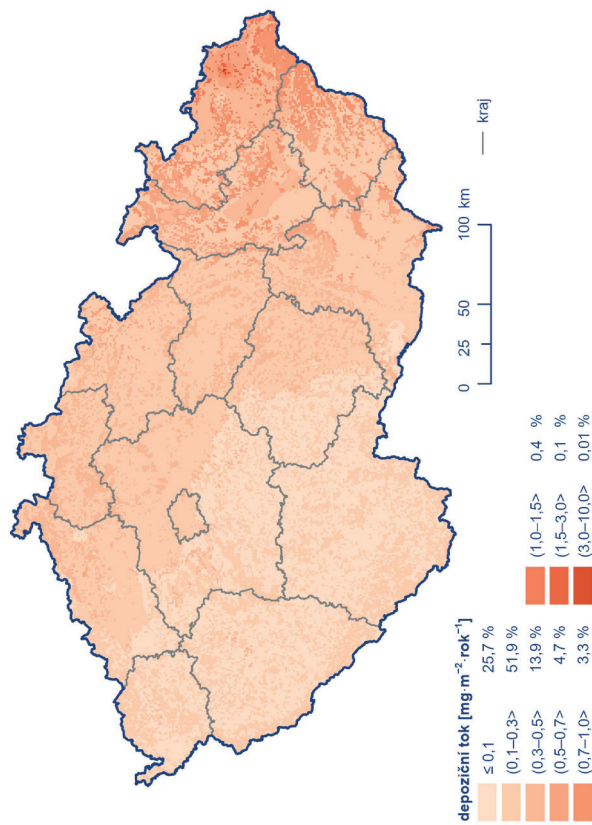
Mokrý depozice chloridových iontů nabývá, podobně jako u dalších sledovaných látek, v rámci ČR vyšších hodnot (nad $0,5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) primárně v horských oblastech (vzhledem k vyšším srážkovým úhrnům), a to zejména v Jizerských horách a v Krkonoších (0,3 % ČR; Obr. IX.16).



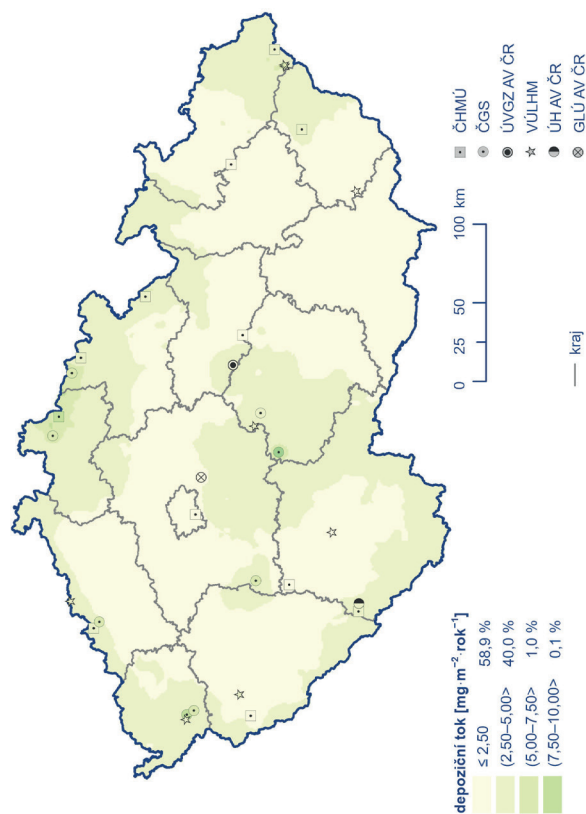
Obr. IX.11 Pole celkové roční depozice vodíkových iontů, 2022



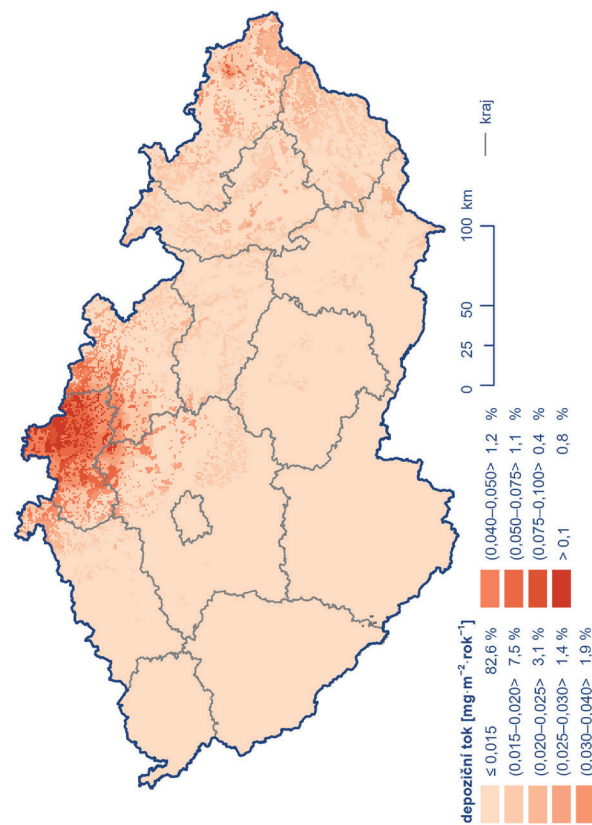
Obr. IX.13 Pole suché roční depozice vodíkových iontů odpovídající depozici plynů SO_2 a NO_x , 2022



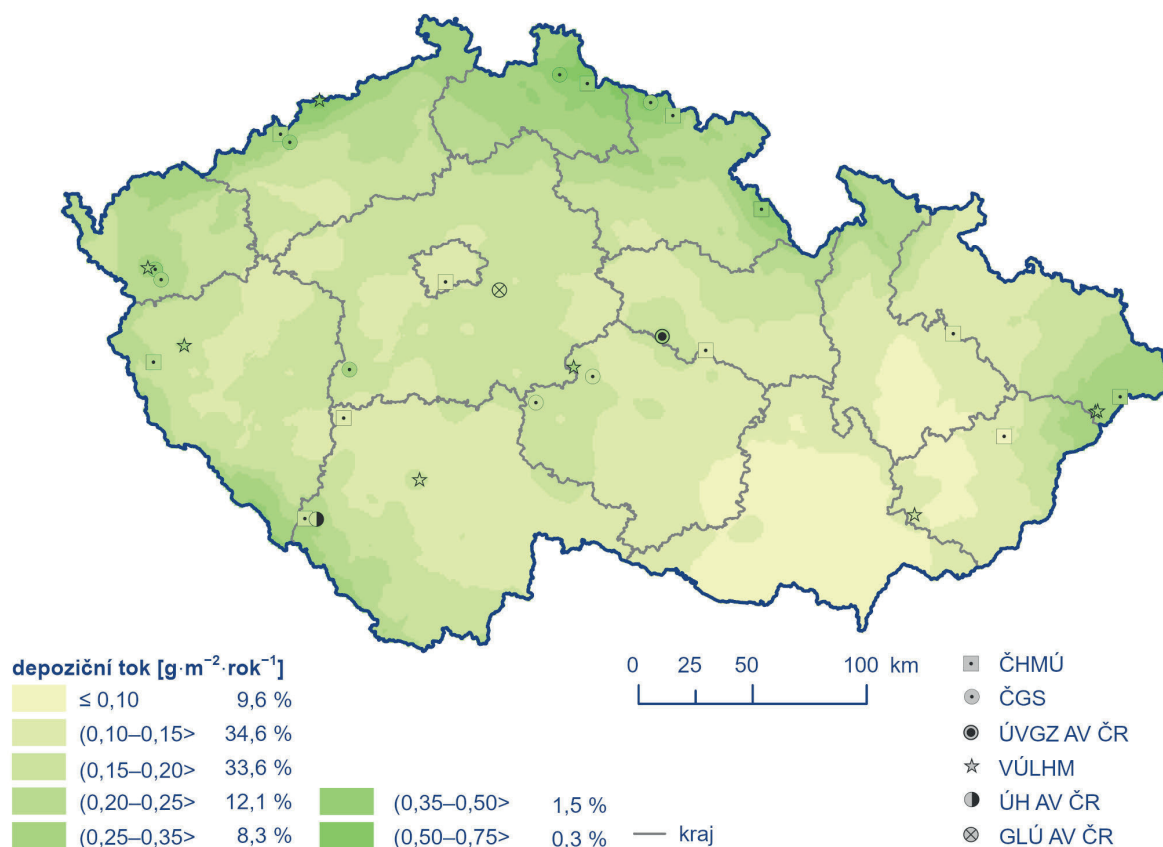
Obr. IX.15 Pole suché roční depozice olova, 2022



Obr. IX.12 Pole mokré roční depozice vodíkových iontů, 2022



Obr. IX.14 Pole suché roční depozice kadmia, 2022



Obr. IX.16 Pole mokré roční deponice chloridových iontů, 2022

Tab. IX.3 Odhad celkové roční deponice síry na zalesněný povrch České republiky (26 428 km²) v tunách, 2003–2022

	depozice [t]	
	celková	podkorunová
2003	21 306	26 818
2004	23 247	32 835
2005	22 855	26 461
2006	21 975	25 660
2007	17 445	29 279
2008	15 528	30 197
2009	16 590	26 193
2010	17 621	27 944
2011	15 118	18 691
2012	15 311	19 079
2013	16 530	19 723
2014	16 810	12 836
2015	13 294	16 044
2016	12 625	19 724
2017	14 621	12 608
2018	14 870	14 002
2019	13 133	10 707
2020	13 057	7 492
2021	12 757	7 174
2022	11 644	6 152

Vývoj depozice

Od roku 2003 lze pozorovat pokles celkové roční depozice síry (Obr. IX.17). V letech 2003–2006 byla hodnota celkové depozice vyšší než 65 000 t s výjimkou roku 2003 (51 510 t), který byl výrazně srážkově podnormální (516 mm, tj. 77 % dlouhodobého normálu). Od roku 2015 se celková depozice pohybuje pod 40 000 t na plochu ČR, přičemž lze pozorovat setrvalé až mírně klesající hodnoty, a to v souladu s úrovní koncentrace SO_2 v přízemní vrstvě atmosféry. V roce 2022 byla dosažena nejnižší hodnota celkové roční depozice síry od roku 2003. Porovnáme-li mokrou a suchou složku depozice, převládala do roku 2010 mokrá složka, opět s výjimkou roku 2003. Od roku 2013 převažuje suchá složka, s výjimkou roku 2021, kdy byl poměr obou složek vyrovnaný.

Roční depozice síry na zalesněný povrch ČR (26 428 km²) vykazuje od roku 2002, stejně jako podkorunová depozice síry, pokles s výraznějšími výkyvy (Tab. IX.3). Celková depozice na zalesněný povrch ČR (11 644 t), stejně jako podkorunová depozice síry (6 152 t), dosáhla v roce 2022 druhé nejnižší hodnoty od roku 2003. Hodnoty podkorunové depozice jsou do roku 2016 vyšší než hodnoty celkové depozice, s výjimkou roku 2014 a od roku 2017 je pak vyšší celková depozice. Dlouhodobě jsou vyšší hodnoty podkorunové depozice pozorovány zejména v některých horských oblastech, což lze přičítat příspěvku depozice z mlhy, nízké oblačnosti a námraz (horizontální depozice). Celková depozice síry je počítána jako součet vertikální mokré a suché depozice z SO_2 , horizontální mokrá depozice není vzhledem k neurčitostem do celkové depozice zahrnuta.

Celková roční depozice dusíku se v letech 2003–2013 pohybovala v rozmezí 40 000–50 000 t (Obr. IX.18). Od roku 2012 lze pozorovat její mírný pokles s občasnými výkyvy v roce 2017 a 2021. Hodnota celkové roční depozice dusíku byla v roce 2022 nejnižší od roku 2003, což koresponduje s imisními koncentracemi NO_x . Do roku 2010 převažovala mokrá složka oxidovaných forem dusíku. Od roku 2011 převažuje mírně suchá složka, s výjimkou let 2013 a 2016, které mají obě složky vyrovnané. Od roku 2017 převažuje velmi mírně mokrá složka depozice, v roce 2022 pak opět suchá.

S vývojem depozice dusíku a síry (Hůnová et al. 2014) je možné sledovat změny vzájemného poměru těchto prvků v atmosférických srážkách související s vývojem emisí jednotlivých sloučenin. Na vybraných stanicích ČHMÚ (wet-only) lze od roku 2002 pozorovat mírný, i když nikoliv monotónní nárůst poměru dusičnanů a síranů (Hůnová et al. 2017). V letech 2002 a 2003 převažovaly v atmosférických srážkách sírany. Do roku 2011 byl poměr celkem vyrovnaný, s výjimkou roku 2009 a od roku 2012 pak zřetelně převažují dusičnany. V roce 2022 byla dosažena druhá nejvyšší hodnota poměru (1,48) od roku 2002, přičemž nejvyšší hodnoty (1,58) bylo dosaženo v roce 2017 (Obr. IX.19).

Celková depozice vodíkových iontů se do roku 2012 pohybuje mezi 2 500 a 5 000 t. Od roku 2013 je pak patrný pokles depozice, přičemž v roce 2022 byla zaznamenána nejnižší hodnota. U de-

pozice vodíkových iontů výrazně dominuje suchá složka, přičemž podíl mokré složky od roku 2007 stále klesá (Obr. IX.20).

Celková depozice kademnatých iontů do roku 2013 pohybuje v rozmezí 6–12 t, s výjimkou roku 2011. Od roku 2014 je znatelný pokles depozice, od roku 2019 pak opětovný mírný vzestup. Nejnižší hodnota byla zaznamenána v roce 2018. U depozice kademnatých iontů převažuje mokrá složka, a to v poměru cca 7:1. Jedinou výjimkou je rok 2018, kdy měly obě složky rovnoměrné zastoupení (Obr. IX.21). Rok 2022 nelze hodnotit z důvodu poruchy přístroje.

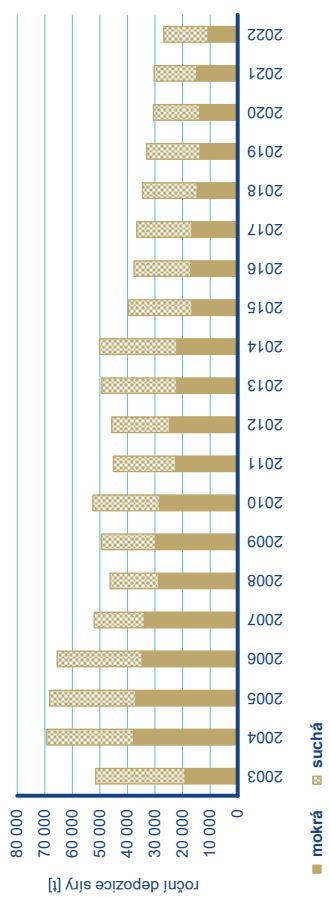
Celková depozice olovnatých iontů se do roku 2006 pohybuje v rozmezí 150–200 t. Mezi r. 2006 a 2007 došlo k výraznému poklesu, a to téměř o 40 %. Od roku 2007 je pak patrný další mírný pokles depozice s výkyvy v letech 2012 a 2015. Nejnižší hodnota byla zaznamenána v roce 2020. Stejně jako u depozice kademnatých iontů, i zde převažuje mokrá složka v poměru cca 7:1. Výjimku tvoří rok 2012, kdy je zastoupení obou složek srovnatelné (Obr. IX.22). Rok 2022 nelze hodnotit z důvodu poruchy přístroje.

Vývoj mokré depozice na vybraných stanicích ČHMÚ

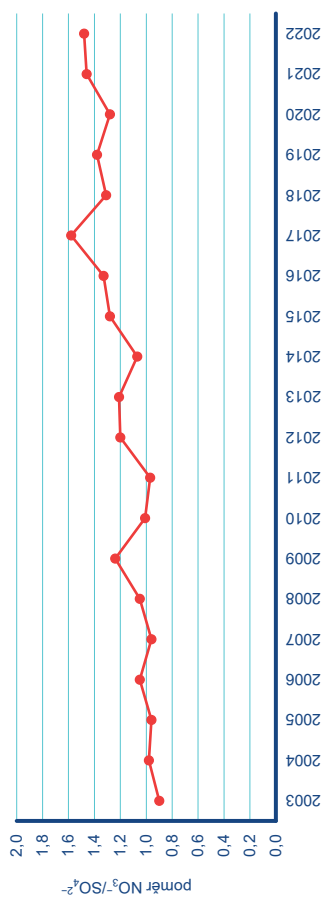
Pro hodnocení mokré depozice bylo vybráno pět stanic ČHMÚ, s odběrem typu „wet-only“. Jedná se o stanice Praha-Libuš, Svratouch, Košetice, Souš a Přimda. Mokrá depozice je značně ovlivněna meteorologickými a klimatickými podmínkami a emisními zdroji, proto jsou hodnoty depozice meziročně velmi proměnlivé. Při hodnocení výše zmíněných stanic lze říci, že nejvyšší hodnoty mokré depozice jsou dosahovány na stanici Souš, naopak nejnižší na stanici Košetice.

Od roku 2002 je pozorován pokles mokré depozice síranových iontů (SO_4^{2-}) s výkyvy v závislosti na meteorologických podmínkách (Obr. IX.23). Stejně jako u depozice SO_4^{2-} , je u depozice dusičnanových iontů (NO_3^-) pozorován pokles s výraznými výkyvy (Obr. IX.24). Vývoj depozice amonných iontů (NH_4^+) v letech 2003–2022 je značně proměnlivý v závislosti na meteorologických podmínkách a množství emisních zdrojů (Obr. IX.25). Vývoj depozice vodíkových iontů je značně proměnlivý, nicméně lze vysledovat klesající tendenci, zejména na stanici Souš (Obr. IX.26).

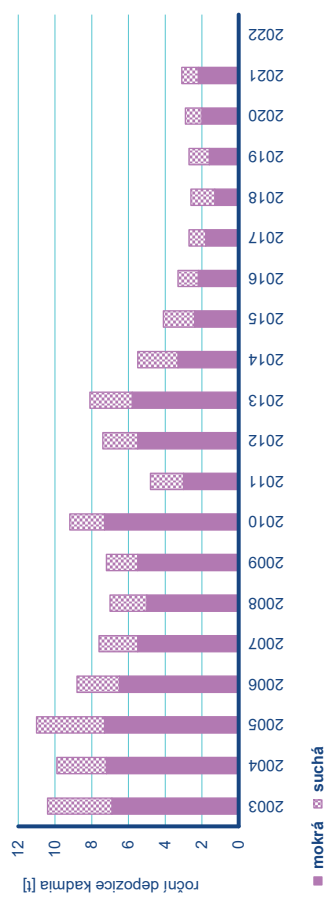
Hodnoty depozice kademnatých iontů do roku 2013 klesají, od roku 2014 pak stagnují na hodnotách pod 0,2 mg·m⁻². Výrazně vyšší depozice kadmia na stanici Souš odpovídají dlouhodobě vysoké imisní zátěži této oblasti (Obr. IX.27). Hodnoty depozice olovnatých iontů vykazují v roce 2006 výrazný nárůst mokré depozice na všech stanicích, v případě Souše a Svratouchu až k hodnotě 7 mg·m⁻². Od roku 2014 pak hodnoty depozice stagnují pod 1 mg·m⁻² (Obr. IX.28). Rok 2022 nelze hodnotit z důvodu poruchy přístroje.



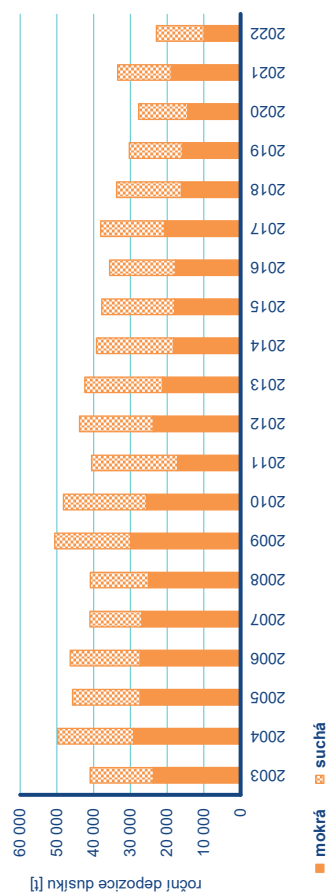
Obr. IX.17 Roční depozice síry ($S_{SO_2^-}$, S_{SO_4} , S_{SO_2}) na plochu České republiky, 2003–2022



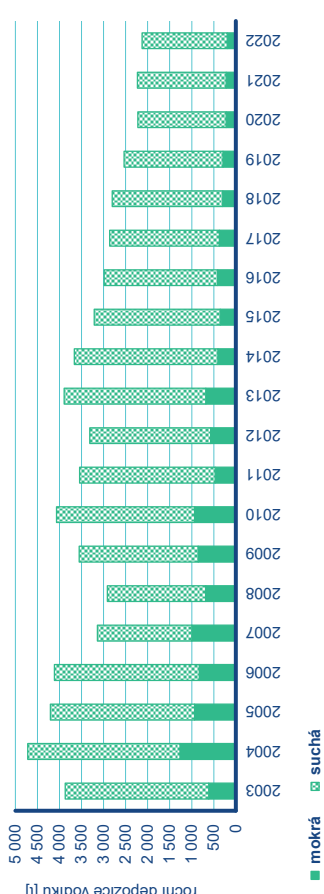
Obr. IX.19 Poměr koncentrací dusičnanů a síranů v atmosférických srážkách (vyjádřených jako $meq \cdot l^{-1}$) na lokalitách ČHMÚ, 2003–2022



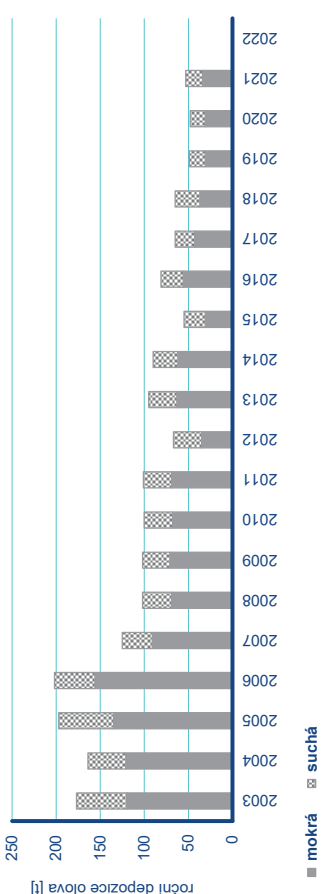
Obr. IX.21 Roční depozice Cd^{2+} na plochu České republiky, 2003–2022



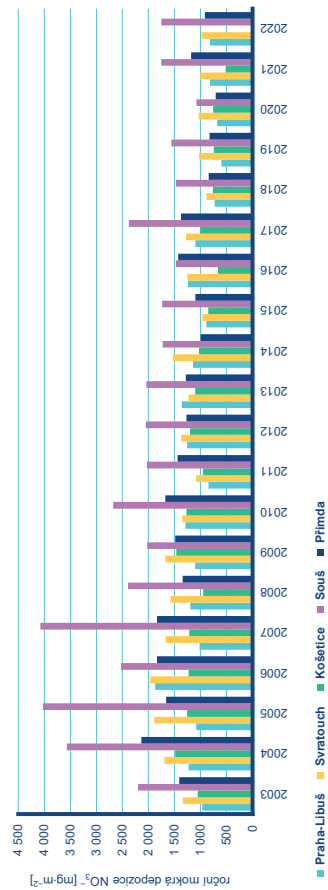
Obr. IX.18 Roční depozice oxidovaných forem dusíku ($N_{NO_3^-}$, N_{NO_x}) na plochu České republiky, 2003–2022



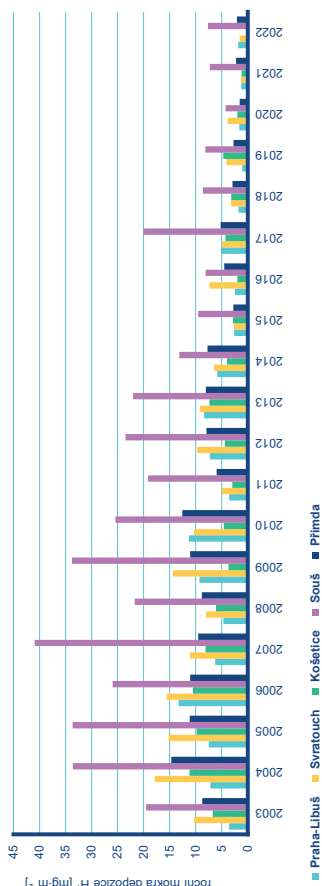
Obr. IX.20 Roční depozice H^+ na plochu České republiky, 2003–2022



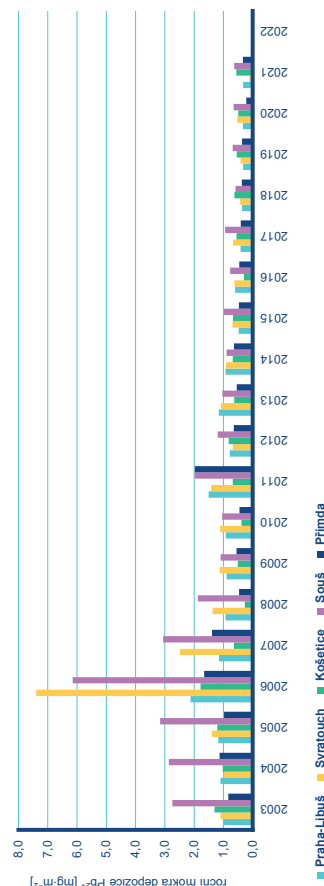
Obr. IX.22 Roční depozice Pb^{2+} na plochu České republiky, 2003–2022



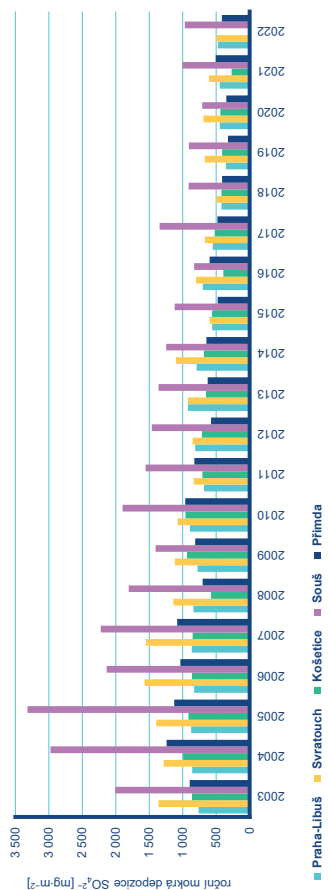
Obr. IX.24 Roční mokrá depozice NO_3^- na vybraných stanicích ČHMÚ, 2003–2022



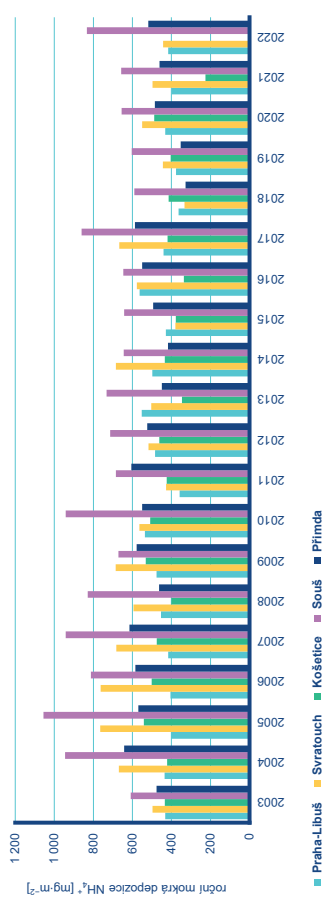
Obr. IX.26 Roční mokrá depozice H^+ na vybraných stanicích ČHMÚ, 2003–2022



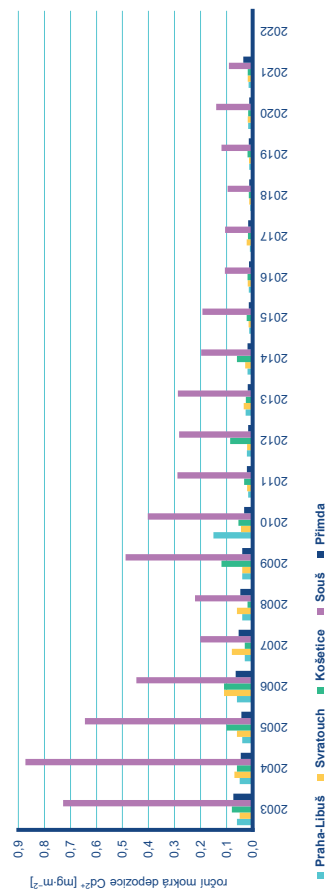
Obr. IX.28 Roční mokrá depozice Pb^{2+} na vybraných stanicích ČHMÚ, 2003–2022



Obr. IX.23 Roční mokrá depozice SO_4^{2-} na vybraných stanicích ČHMÚ, 2003–2022



Obr. IX.25 Roční mokrá depozice NH_4^+ na vybraných stanicích ČHMÚ, 2003–2022



Obr. IX.27 Roční mokrá depozice Cd^{2+} na vybraných stanicích ČHMÚ, 2003–2022

X. EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ

Skleníkové plyny se vyskytují v atmosféře Země a přispívají k tzv. skleníkovému efektu. Jsou produkovány nejen přirozenými procesy v přírodě, ale i činnostmi člověka. Sledováním těchto tzv. antropogenních emisí skleníkových plynů se zabývá inventarizace emisí a propadů skleníkových plynů. Více o metodice zpracování a povinnostech vykazování lze nalézt v ČHMÚ (2023d).

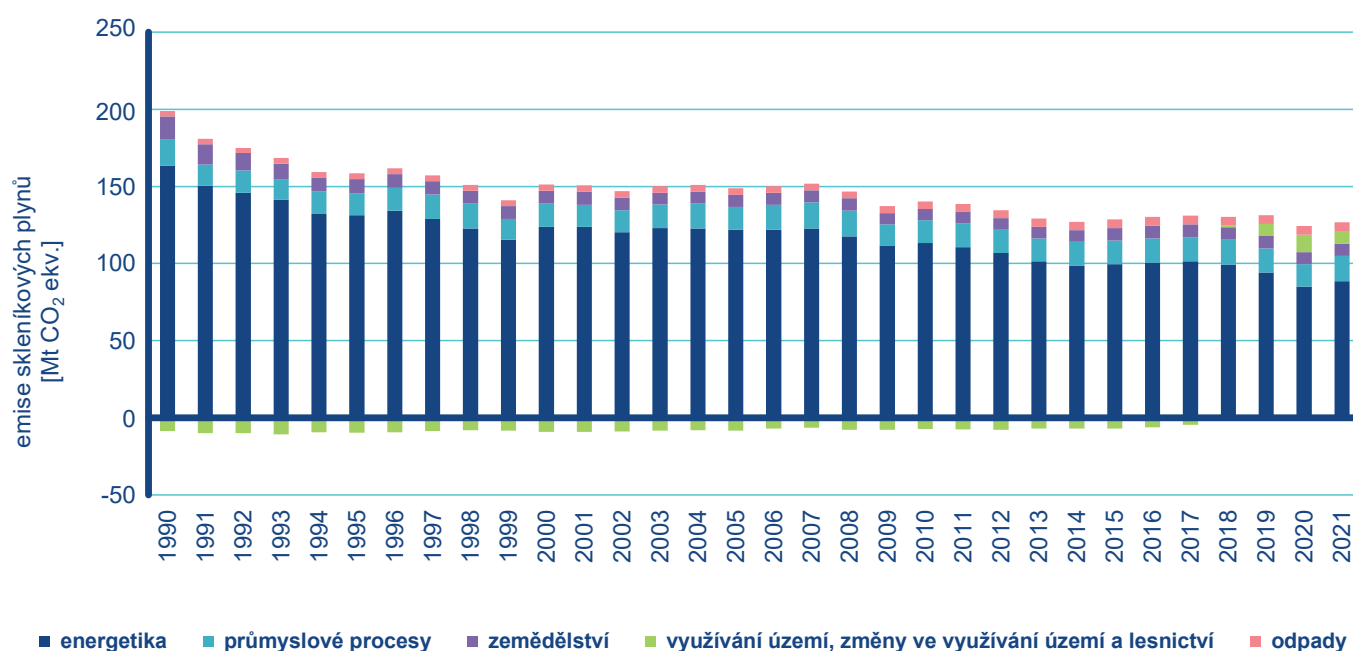
Celkové emise skleníkových plynů včetně zahrnutí jejich propadů ze sektoru Využívání území, změny ve využívání území a lesnictví (LULUCF), vyjádřené v ekvivalentních hodnotách oxidu uhličitého (CO₂ ekv.), poklesly v ČR z hodnoty 192 mil. tun v roce 1990 na 127 mil. tun v roce 2021 (Tab. X.1). Samotné emise (bez LULUCF) poklesly z hodnoty 201 mil. tun na 119 mil. tun, vůči referenčnímu roku 1990 došlo k poklesu o 41 %. Tímto Česká republika splnila závazek druhého kontrolního období Kyotského protokolu; a to do roku 2020 snížit emise o 20 % vůči základnímu roku 1990. Česká republika zároveň plní závazek v rámci Pařížské do-

hody z 2015, tedy snížit množství emisí o 40 % do roku 2030 ve srovnání s rokem 1990.

K poklesu emisí v roce 2020, který je patrný ve všech grafech, přispěla také pandemie covid-19. Podíl jednotlivých sektorů na celkových emisích v CO₂ ekv. v průběhu let je patrný z Obr. X.1.

Podíl emisí CO₂ na celkových emisích skleníkových plynů v CO₂ ekvivalentu (bez LULUCF) byl v roce 2021 82 %, podíl emisí CH₄ 11 % a podíl emisí N₂O 4 %. Podíl fluorovaných uhlovodíků v CO₂ ekv. v roce 2021 činil 3 % (ČHMÚ 2023c).

Systém emisního obchodování je důležitou součástí zdrojů dat při přípravě podkladových údajů pro inventarizaci emisí skleníkových plynů (ČHMÚ 2023c). Emise vykazované v EU ETS v roce 2021 dosáhly 57,86 Mt CO₂, což činí 60 % z celkových emisí CO₂ České republiky (Tab. X.2).



Obr. X.1 Podíl jednotlivých sektorů na celkových emisích skleníkových plynů, 1990–2021

Tab. X.1 Vývoj emisí skleníkových plynů, 1990–2021

	CO ₂ vč. net CO ₂ z LULUCF	CO ₂ bez net CO ₂ z LULUCF	CH ₄	N ₂ O	F-plyny	Celkem emise vč. LULUCF	Celkem emise bez LULUCF
	Mt	Mt	Mt (CO ₂ ekv.)	Mt (CO ₂ ekv.)	Mt (CO ₂ ekv.)	Mt (CO ₂ ekv.)	Mt (CO ₂ ekv.)
1990	158	166	27	8	0	192	201
1991	141	151	25	6	0	173	183
1992	137	147	24	6	0	167	177
1993	131	142	23	5	0	159	170
1994	125	134	22	5	0	152	161
1995	123	133	21	5	0	150	160
1996	127	137	21	5	0	154	163
1997	124	132	21	5	0	150	159
1998	119	127	20	5	1	144	152
1999	110	118	19	5	1	134	142
2000	119	128	18	5	1	143	152
2001	119	128	17	6	1	143	152
2002	116	125	17	5	1	139	148
2003	120	129	17	5	1	143	151
2004	121	129	16	5	1	144	152
2005	118	127	17	5	1	142	150
2006	121	128	17	5	2	144	151
2007	123	130	16	5	2	146	153
2008	116	124	16	5	2	140	148
2009	108	116	16	5	2	130	138
2010	111	118	16	4	3	134	141
2011	109	116	16	5	3	132	140
2012	104	112	16	5	3	128	136
2013	100	108	15	5	3	123	130
2014	98	105	15	5	3	121	128
2015	99	106	15	5	3	122	129
2016	101	107	15	5	4	125	131
2017	104	109	14	5	4	127	132
2018	108	107	14	5	4	131	130
2019	109	102	14	5	4	132	124
2020	104	92	13	4	4	125	114
2021	106	97	13	5	4	127	119

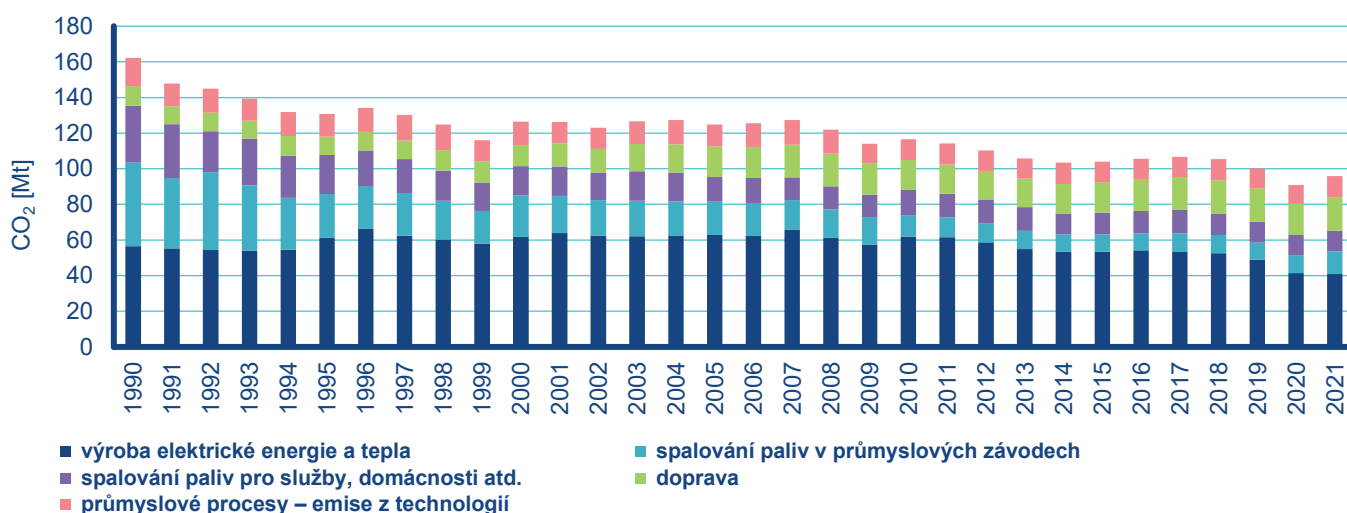
Tab. X.2 Vývoj emisí vykazovaných v systému EU ETS, 2010–2021

	Spalovací (energetická) zařízení	Rafinace minerálních olejů	Výroba surového železa a oceli	Výroba sílku (cementu) a vápna	Výroba skla a skelných vláken	Výroba keramiky	Výroba celulózy, papíru a lepenky	Celkové emise CO ₂ v EU ETS	Celkové emise CO ₂ v ČR	Podíl emisí CO ₂ z EU ETS
	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂	%
2010	62,53	1,05	6,08	3,35	0,67	0,41	0,65	75,26	118,47	63,53
2011	61,12	0,99	5,92	3,74	0,63	0,44	0,59	73,82	116,15	63,55
2012	56,73	0,95	5,86	3,40	0,65	0,42	0,59	68,94	112,20	61,44
2013	55,06	0,82	5,91	3,12	0,64	0,39	0,50	67,50	107,53	62,77
2014	53,65	0,91	5,90	3,35	0,67	0,39	0,48	66,44	105,05	63,24
2015	53,63	0,93	5,70	3,46	0,72	0,38	0,48	66,37	105,79	62,73
2016	54,20	0,71	6,06	3,70	0,73	0,40	0,46	67,31	107,42	62,67
2017	53,88	1,00	5,45	3,82	0,75	0,41	0,46	66,84	108,47	61,62
2018	53,22	0,92	5,79	4,15	0,74	0,43	0,48	66,80	107,03	62,41
2019	49,28	0,98	5,29	4,14	0,73	0,45	0,52	62,43	101,67	61,40
2020	41,96	0,80	5,36	3,92	0,72	0,41	0,51	54,60	92,40	59,09
2021	45,15	0,96	5,79	4,03	0,74	0,42	0,53	57,86	96,67	59,85

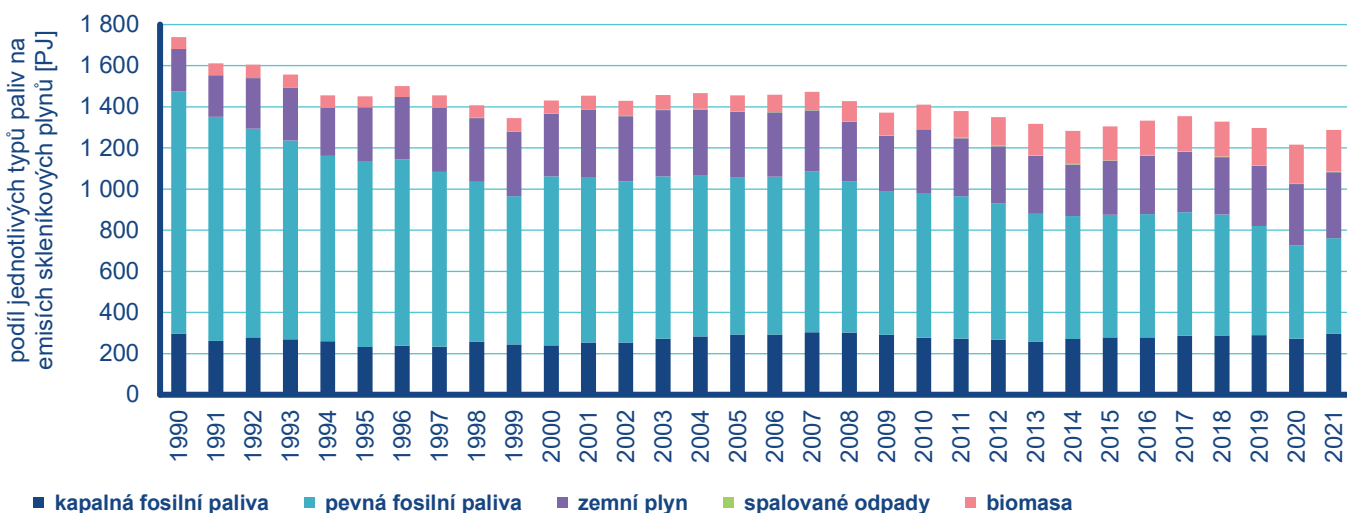
Oxid uhličitý

Emise CO₂ pocházejí zejména ze spalování fosilních paliv. Z ostatních procesů přispívá zejména odsiřování, rozklad uhličitánů při výrobě vápna, cementu a skla, metalurgická a chemická výroba. K emisím a propadům (pohlčení CO₂) dochází v sektoru LULUCF. Jak je vidět z Obr. X.1, do roku 2017 převládaly z LULUCF propady CO₂, ovšem od roku 2018 již převládají emise. Tato situace je způsobená kůrovcovou kalamitou, která vyžaduje kácení lesních porostů, jež by jinak CO₂ zachytávaly. V jiných oblastech, jako např. v průmyslových procesech, není dosud zachytávání CO₂ v ČR registrováno. K emisím CO₂ ze spalovacích procesů přispívá nejvíce spalování pevných paliv, v menší míře pak i spalování kapalných a plyných paliv. V posledních letech dochází ke změnám ve struktuře používaných paliv, zvyšuje se podíl spalování zemního plynu a biomasy, naopak je patrný pokles využívání uhelných paliv. I tak ale v ČR využití především hnědého uhlí a dalších uhelných paliv stále převládá (ČHMÚ 2023c) (Obr. X.3).

Mezi roky 1990 a 2021 došlo k poklesu emisí CO₂ o 41 % (Obr. X.2). Podílel se na něm zejména pokles v odvětvích Energetiky – ve výrobě elektrické energie a tepla pro výrobní závody a služby, domácnosti a další. Pokles emisí při spalování ve výrobních podnicích na začátku 90. let je dán útlumem a restrukturalizací některých průmyslových odvětví, ke konci období byl pokles emisí způsoben úsporami a zaváděním nových technologií. Snížení emisí ve službách a domácnostech lze připsat na vrub hospodárnějšímu využití energií (zvyšování energetické účinnosti, zejména zateplování budov, a hospodárnějšímu nakládání s energií). Naopak v dopravě je patrný opačný trend, a to nárůst emisí. Ten se ale v posledních letech zastavil a emise spíše kolísají, což je dáno obecně efektivnějšími možnostmi spalovacích procesů a také změnou složení spalovaných pohonných hmot. Jak je již zmíněno výše, od roku 2018 má svůj podíl na emisích CO₂ i sektor LULUCF (ČHMÚ 2023c).



Obr. X.2 Podíl jednotlivých sektorů na emisích CO₂, 1990–2021



Obr. X.3 Podíl jednotlivých druhů spalovaných paliv na emisích CO₂, 1990–2021

Metan

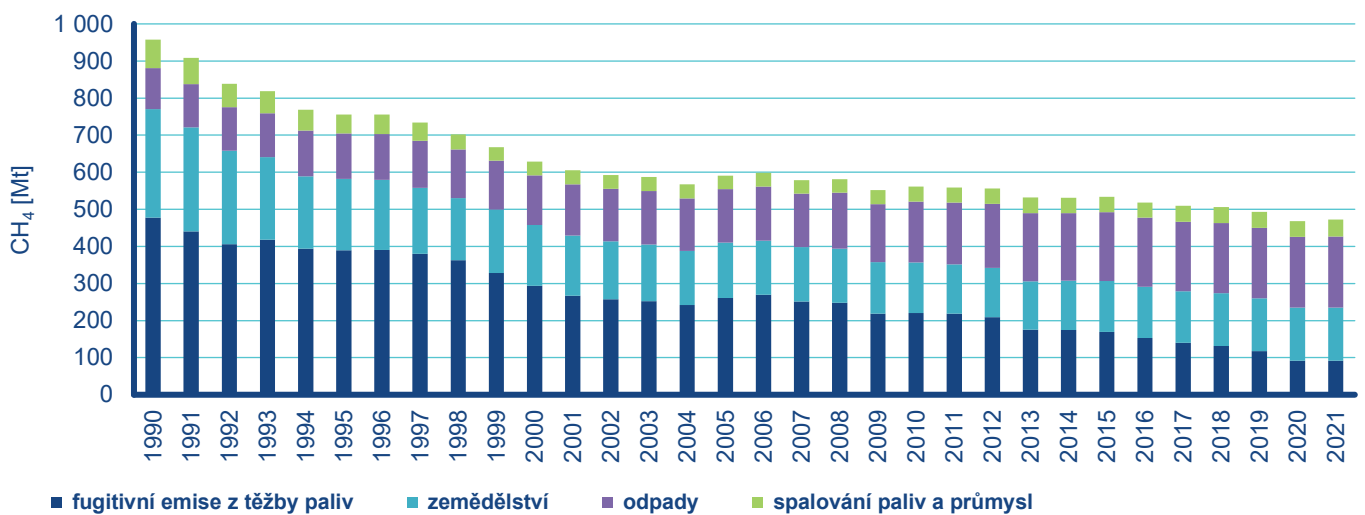
Metan (CH_4) je z pohledu produkce v ČR druhý nejdůležitější skleníkový plyn. Antropogenní emise CH_4 v ČR pocházejí zejména ze sektoru odpadů. Dalším významným zdrojem emisí CH_4 je chov zvířat, kdy tento plyn vzniká během trávicích pochodů (zejména u skotu) a při rozkladu exkrementů živočišného původu. Změny v těchto oblastech se pak projevují i na trendech emisí CH_4 ; v posledních letech je např. patrná změna ve fugitivních emisích z těžby a zpracování paliv v návaznosti na uzavření některých dolů na Ostravsku (ČHMÚ 2023c).

V období 1990–2021 došlo ke snížení emisí CH_4 o 51 % (Obr. X.4), které bylo způsobeno zejména poklesem těžby uhlí a stavu hospodářských zvířat, v menší míře pak i nižší spotřebou pevných paliv v domácnostech. Nárůst emisí v sektoru Odpadů je zmírněn využíváním skládkového plynu či bioplynu k energetickým účelům.

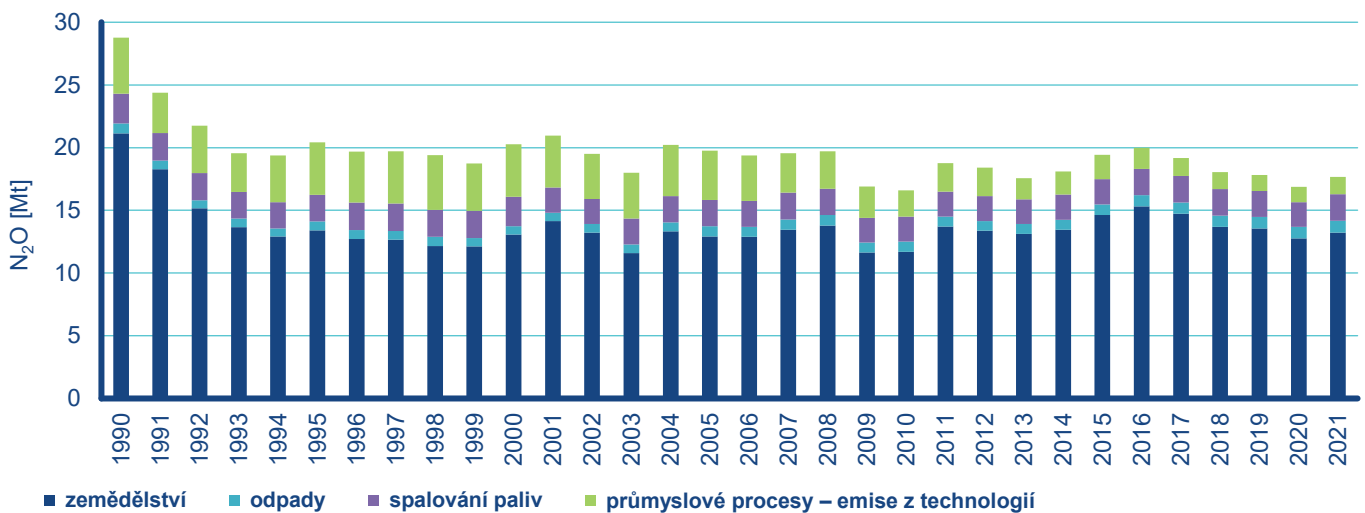
Oxid dusný

Největší množství emisí oxidu dusného (N_2O) pochází ze zemědělských aktivit, zejména z denitrifikace dusíku dodávaného do půdy ve formě umělých hnojiv nebo organického materiálu. Dalším významným zdrojem je spalování paliv. (ČHMÚ 2023c).

V období 1990–2021 došlo k poklesu emisí N_2O o 39 % (Obr. X.5), a to zejména v důsledku snížení používání umělých hnojiv v zemědělství, poklesem stavu hospodářských zvířat a v důsledku cíleného zavádění technologií na odstraňování emisí oxidu dusného při výrobě kyseliny dusičné.



Obr. X.4 Podíl jednotlivých sektorů na emisích CH_4 , 1990–2021

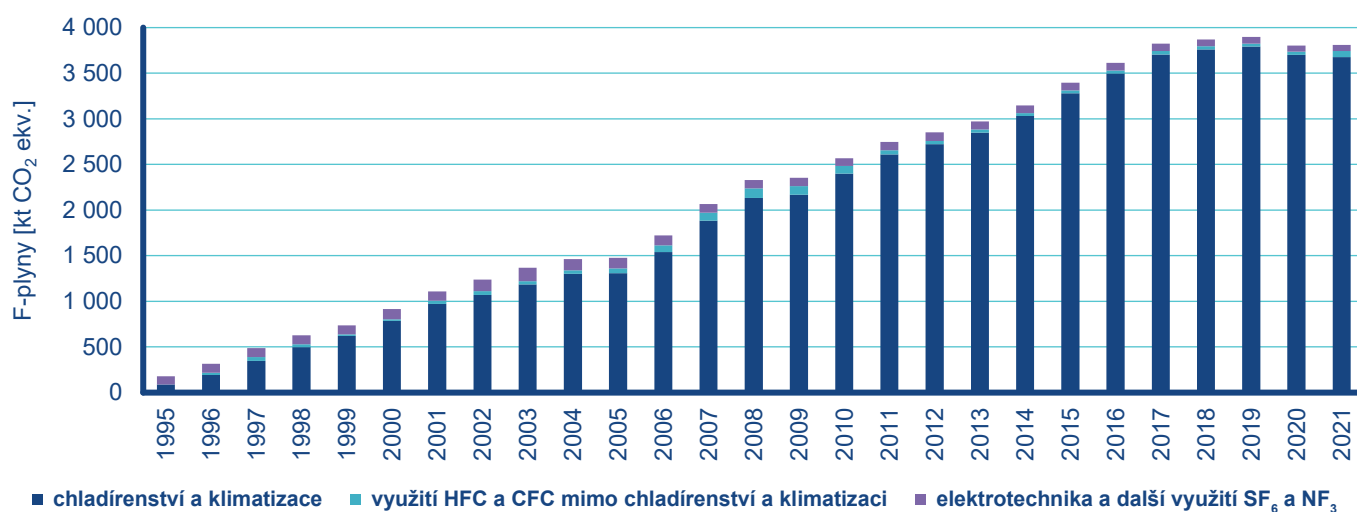


Obr. X.5 Podíl jednotlivých sektorů na emisích N_2O , 1990–2021

Fluorované plyny

Emise fluorovaných plynů vzrostly od roku 1995 ze 178,3 kt na 3 809 kt CO₂ ekv. v roce 2021 (Obr. X.6). Tím vzrostl i podíl fluorovaných plynů na celkových agregovaných emisích z průmyslových procesů (z 1,3 % v roce 1995 na 23,5 % v roce 2021). Tyto látky nejsou v ČR vyráběny a veškerá jejich spotřeba je kryta dovozem. Jsou využívány především v chladírenské a klimatizační technice (zejména HFCs), v elektrotechnice (zejména SF₆ a nově od roku 2010 i NF₃) a v řadě dalších oborů (např. plazmatické leptání, náplně hasicích prostředků, hnací plyny pro aerosoly a nadouvadla). Emise vznikají především úniky ze zařízení, ve kterých jsou tyto plyny používány. Nárůst emisí je způsoben jejich používáním jako náhrady za látky poškozující ozonovou vrstvu Země (CFC, HCFC – zejména jako chladiva), vyšším používáním

moderních technologií (klimatizace) a výrobním zaměřením ČR (produkce automobilů a klimatizačních jednotek) (ČHMÚ 2023c). Rapidní nárůst emisí F-plynů ve spojení s jejich vysokým potenciálem globálního oteplování (GWP, Global Warming Potential) vedl celosvětově ke zvýšené pozornosti v monitorování úrovně emisí a následně k regulaci použití F-plynů. Tyto regulace se týkají zejména aplikací, pro které jsou k dispozici alternativní technologie, které jsou ekonomicky efektivnější a mají menší nebo žádný dopad na klimatický systém Země. V posledních letech tedy dochází k nahrazování fluorovaných plynů s vysokým GWP za plyny s nízkým GWP. Díky legislativním opatřením fluorované plyny také již nejsou používány jako meziokenní izolace, nadouvadla nebo jako chladiva do chladírenské techniky určené pro domácnosti. Nicméně i nadále jsou jejich emise stále uvolňovány do atmosféry z důvodu dlouhé životnosti těchto zařízení.



Obr. X.6 Podíl jednotlivých sektorů na emisích fluorovaných plynů, 1995–2021

LITERATURA

- AKINLADE, G.O., OLANIYI, H.B., OLISE, F.S., OWOADE, O. K., ALMEIDA, S. M., ALMEIDA-SILVA, M., HOPKE, P. K., 2015. Spatial and temporal variations of the particulate size distribution and chemical composition over Ibadan, Nigeria. *Environment Monitoring Assessment*, Vol. **187**, p. 1–14 [online]. [cit. 1. 7. 2021]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4755-4>.
- ASKPCR, 2014. Firmy sklářského průmyslu v ČR [online]. [cit. 26. 6. 2014]. Dostupné z WWW: www.askpccr.cz/o-skle/firmysklarskeho-prumyslu-v-cr/.
- BACHMANN, J., 2009. Black carbon : A Science / Policy Primer. Technical report. Pew Center on Global Climate Change [online]. [cit. 6. 10. 2020]. Dostupné z WWW: <https://www.c2es.org/site/assets/uploads/2009/12/black-carbon-primer.pdf>.
- BERANOVÁ, R., 2013. Odborné vzdělávání úředníků pro výkon státní správy ochrany ovzduší v České republice: Výroba skla, včetně skleněných vláken [online]. [cit. 26. 6. 2014]. Dostupné z WWW: https://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/obrazky/seminare/ovzdusi/seminar3/9_beranova.pdf.
- BLANCHARD, C. L., HIDY, G. M., TANENBAUM, S., 2010. NMOC, ozone, and organic aerosol in the southeastern United States, 1999–2007: Ozone trends and sensitivity to NMOC emissions in Atlanta, Georgia. *Atmospheric Environment*. Vol. **44**, p. 4840–4849 [online]. [cit. 25. 7. 2014]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.07.030>.
- BRANIŠ, M., HŮNOVÁ, I., eds., 2009. Atmosféra a klima. Aktuální otázky ochrany ovzduší. Praha, Karolinum. ISBN: 978-80-246-1598-1.
- BRAUER, M., HOEK, G., VAN VLIET, P., MELIEFSTE, K., FISCHER, P. H. et al., 2002. Air pollution from traffic and the development of respiratory infections and asthmatic and allergic symptoms in children. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. Vol. **166**, p. 1092–1098.
- BROOKES, D., EATON, S., GRIFFIN, A., KENT, A., LOADER, A. et al., 2013. Air Pollution in the UK 2012. London: Department for Environment, Food and Rural Affairs [online]. [cit. 1. 7. 2014]. Dostupné z WWW: https://uk-air.defra.gov.uk/library/annualreport/viewonline?year=2012_issue_1.
- CARSLAW, D. C., BEEVERS, S. D., TATE, J. E., WESTMORELAND, E. J., WILLIAMS, M. L., 2011. Recent evidence concerning higher NO_x emissions from passenger cars and light duty vehicles. *Atmospheric Environment*. Vol. **45**, p. 7053–7063 [online]. [cit. 28. 5. 2018]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.09.063>.
- CHOI, H., JEDRYCHOWSKI, W., SPENGLER, J., CAMANN, D. E., WHYATT, R. M. et al., 2006. International Studies of Prenatal Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Fetal Growth. *Environmental Health Perspectives*. Vol. **114**, p. 1744–1750 [online]. [cit. 1. 7. 2014]. Dostupné z WWW: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1665416>.
- CHOW, J. C., WATSON, J. G., DORAISWAMY, P., ANTONY CHEN, L. W., SODEMAN, D. A. et al., 2009. Aerosol light absorption, black carbon, and elemental carbon at the Fresno Supersite, California. *Atmospheric Research*. Vol. **93**, p. 874–887 [online]. [cit. 31. 3. 2016]. Dostupné z WWW: https://env1.gist.ac.kr/~antl/APTL_publications/2009/2009_7.pdf.
- COLBECK, I., MACKENZIE, A. R., 1994. Air Pollution by photochemical oxidants. *Air Quality Monographs*. Vol. **1**. Amsterdam: Elsevier. ISBN 0-444-88542-0.
- COPERNICUS, 2022: Regional air quality forecast for Europe. [cit. 7. 8. 2022]. Dostupné z WWW: <https://www.regional.atmosphere.copernicus.eu/>.
- ČERNÁ, M., KRŠKOVÁ-BATÁRIOVÁ, A., PUKLOVÁ, V., 2011. Obsah olova v krvi dětí a dospělých. Informační list SZÚ [online]. [cit. 10. 9. 2019]. Dostupné z WWW: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/obsah-olova-v-krvi-deti-a-dospelych?highlight=olovo>.
- ČHMÚ, 2016. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2015 [online]. [cit. 9. 8. 2023]. Dostupné z WWW: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/15groc/gr15cz/Obsah_CZ.html.
- ČHMÚ, 2019. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018 [online]. [cit. 9. 8. 2023]. Dostupné z WWW: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/18groc/gr18cz/Obsah_CZ.html.

- ČHMÚ, 2020. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2019 [online]. [cit. 9. 8. 2023]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/19groc/gr19cz/Obsah_CZ.html.
- ČHMÚ, 2023a. Emisní bilance České republiky [online]. [cit. 11. 05. 2023]. Dostupné z WWW: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/emisnibilance_CZ.html.
- ČHMÚ, 2023b. Zprávy o emisní inventuře [online]. [cit. 11. 05. 2023]. Dostupné z WWW: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/embil/metodiky_EB.html.
- ČHMÚ, 2023c. National Inventory report of the Czech Republic, Praha: ČHMÚ. ISBN 978-80-7653-052-2.
- ČHMÚ, 2023d. Systém sběru, zpracování a hodnocení dat [online]. Dostupné z WWW: <https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/nakladatelstvi/assets/system-sberu-2022.pdf>.
- ČHMÚ, 2023e. Znečištění ovzduší a atmosférická depozice v datech, Česká republika 2022. Souhrnný tabelární přehled [online]. [cit. 8. 8. 2023]. Dostupné z WWW: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2021_enh/index_CZ.html.
- ČHMÚ, 2023f. Česká zpráva o emisní inventuře v roce 2023 [online]. [cit. 11. 05. 2022]. Dostupné z WWW: <https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/embil/CZ-informativni-zprava-emisni-inventury-2023.pdf>.
- ČMeS, 2023. Elektronický meteorologický slovník (eMS). [online]. [cit. 24. 03. 2023]. Dostupné z WWW: <http://slovník.cmes.cz>.
- ČSÚ, 2022. Spotřeba paliv a energií v domácnostech Energo – 2021 [online]. [cit. 11. 05. 2023]. Dostupné z WWW: www.czso.cz/csu/czso/spotreba-paliv-a-energie-v-domacnostech-energo-2021.
- ČSÚ, 2023a. Krajská správa ČSÚ pro Středočeský kraj. Charakteristika kraje [online]. [cit. 27. 06. 2023]. Dostupné z WWW: https://www.czso.cz/csu/xs/charakteristika_kraje.
- ČSÚ, 2023b. Sčítání 2021. Zveřejnění výsledků [online]. [cit. 27. 06. 2023]. Dostupné z WWW: <https://www.scitani.cz/domov>.
- EC, 1997. SO₂. Position paper [online]. [cit. 1. 7. 2014]. Dostupné z WWW: https://ec.europa.eu/environment/air/pdf/pp_so2.pdf.
- EC, 2001a. Ambient air pollution by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) [online]. [cit. 8. 4. 2019]. Dostupné z WWW: https://ec.europa.eu/environment/air/pdf/pp_pah.pdf.
- EC, 2001b. Ambient air pollution by As, Cd and Ni compounds, Position paper [online]. [cit. 1. 7. 2014]. Dostupné z WWW: https://ec.europa.eu/environment/air/pdf/pp_as_cd_ni.pdf.
- EC, 2011. Commission staff working paper establishing guidelines for determination of contributions from the re-suspension of particulates following winter sanding or salting of roads under the Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe. SEC(2011) 207 final [online]. [cit. 22. 7. 2014]. Dostupné z WWW: https://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/sec_2011_0208.pdf.
- EC, 2013. The Clean Air Policy Package [online]. [cit. 1. 7. 2014]. Dostupné z WWW: https://ec.europa.eu/environment/air/clean_air/index.htm.
- EC, 2019. Sdělení komise evropskému parlamentu, evropské radě, radě, evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a výboru regionů. Zelená dohoda pro Evropu [online]. [cit. 7. 8. 2023]. Dostupné z WWW: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0010.02/DOC_1&format=PDF.
- EC, 2021. Sdělení komise evropskému parlamentu, radě, evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a výboru regionů. Cesta ke zdravé planetě pro všechny. Akční plán EU: „Vstříc nulovému znečištění ovzduší, vod a půdy“ [online]. [cit. 8. 8. 2023]. Dostupné z WWW: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0400>.
- EC, 2022. Návrh Směrnice Evropského parlamentu a Rady o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu (přepřacované znění) [online]. [cit. 8. 8. 2023]. Dostupné z WWW: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2022:542:FIN>.
- EDWARDS, S. C., JEDRYCHOWSKI, W., BUTSCHER, M., CAMANN, D., KIELTYKA, A. et al., 2010. Prenatal Exposure to Airborne Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Children's Intelligence at 5 Years of Age in a Prospective Cohort Study in Poland. *Environmental Health Perspectives*. Vol. 118, p. 1326–1331 [online]. [cit. 1. 7. 2014]. Dostupné z WWW: <https://dx.doi.org/10.1289/ehp.0901070>.
- EEA, 2013. Air quality in Europe – 2013 report. EEA Technical report 9/2013. Copenhagen: EEA [online]. [cit. 1. 7. 2014]. Dostupné z WWW: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2013>.
- EEA, 2011. Air quality in Europe – 2011 report. Technical report 12/2011. Copenhagen: EEA [online]. [cit. 5. 8. 2014]. Dostupné z WWW: <https://www.eea.europa.eu/publications/annual-report-2011>.
- EEA, 2022. Air quality in Europe 2022. Web report. [online]. [cit. 18. 7. 2023]. Dostupné z WWW: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022>.
- EEA, 2023. Europe's air quality status 2023. Web report. [online]. [cit. 18. 7. 2023]. Dostupné z WWW: <https://www.eea.europa.eu/publications/europes-air-quality-status-2023>.

- EMEP, 1990. EMEP workshop on measurement of hydrocarbons/VOC. 1990. EMEP/CCC 3/90. Lillestrøm: NILU.
- ETC/ACM, 2018. European air quality maps for 2015. ETC/ACM Technical Paper 2017/7 [online]. [cit. 10. 9. 2019]. Dostupné z WWW: https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etcacm_tp_2017_7_aqmaps2015.
- ETC HE, 2023. Air quality maps of EEA and cooperating countries for 2021. Eionet Report ETC HE 2023/3 (v přípravě).
- EU, 2004. Directive 2004/107/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air [online]. [cit. 9. 10. 2020]. Dostupné z WWW: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004L0107&from=en>.
- EU, 2008. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe [online]. [cit. 20. 3. 2015]. Dostupné z WWW: <https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:CS:PDF>.
- EU, 2013. Rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady č. 1386/2013/EU ze dne 20. listopadu 2013 o všeobecném akčním programu Unie pro životní prostředí na období do roku 2020 „Spokojený život v mezích naší planety“, OJ L 354, 28. 12. 2013, p. 171–200 [online]. [cit. 18. 7. 2023]. Dostupné z WWW: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:32013D1386>.
- EU, 2015. Commission Regulation (EU) 2015/1189 of 28 April 2015 implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for solid fuel boilers, Annex III, point 4b [online]. [cit. 8. 8. 2020]. Dostupné z WWW: <http://data.europa.eu/eli/reg/2015/1189/oj>.
- EU, 2022. Rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady (EU) 2022/591 ze dne 6. dubna 2022 o všeobecném akčním programu Unie pro životní prostředí na období do roku 2030, OJ L 114, 12. 4. 2022, p. 22–36 [online]. [cit. 18. 7. 2023]. Dostupné z WWW: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=OJ:L:2022:114:TOC>.
- FERGUSON, Sue. Smoke dispersion prediction systems. In: Hardy, C., Ottmar, R., Peterson, J., Core, J., Seamon, P., eds., Smoke Management Guide for Pre646 scribed and Wildland Fire: 2001 Edition. National Wildfire Coordination Group, 2001, pp. 163–178 [online]. [cit. 8. 4. 2022]. Dostupné z WWW: <https://www.nwgc.gov/sites/default/files/publications/pms420-2.pdf>.
- FIALA, J., ZÁVODSKÝ, D., 2003. Kompendium ochrany kvality ovzduší. Část 2. Chemické aspekty znečištěného ovzduší – troposférický ozon. Příloha časopisu Ochrana ovzduší.
- FINLAYSON-PITTS, B. J., PITTS JR, J. N., 1999. Chemistry of the upper and lower atmosphere: theory, experiments, and applications. ISBN 9780122570605.
- FUZZI, S., BALTENSPERGER, U., CARSLAW, K., DECESARI, S., DENIER VAN DER GON, H. et al., 2015. Particulate matter, air quality and climate: lessons learned and future needs. *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol. 15, p. 8217–8299 [online]. [cit. 20. 6. 2017]. Dostupné z WWW: <https://www.atmos-chem-phys.net/15/8217/2015/>.
- GEHRIG, R., BUCHMANN, B., 2003. Characterising seasonal variations and spatial distribution of ambient PM₁₀ and PM_{2.5} concentrations based on long-term Swiss monitoring data. *Atmospheric Environment*, Vol. 37, p. 2571–2580 [online]. [cit. 22. 7. 2014]. Dostupné z WWW: [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(03\)00221-8](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(03)00221-8).
- GU, J., PITZ, M., SCHNELLE-KREIS, J., DIEMER, J., RELLER, A., ZIMMERMANN, R., et al. 2011. Source apportionment of ambient particles: Comparison of positive matrix factorization analysis applied to particle size distribution and chemical composition data. *Atmospheric Environment*, Vol. 45, p. 1849–1857 [online]. [cit. 22. 7. 2014]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.01.009>.
- HINDS, W. C., 1999. Aerosol technology: properties, behavior, and measurement of airborne particles. New York: Wiley. ISBN: 9780471194101.
- HORÁLEK, J., DENBY, B., SMET DE, P., LEEUW DE, F., KURFÜRST, P. et al., 2007. Spatial mapping of Air quality for European scale assessment. ETC/ACC Technical Paper 2006/6 [online]. [cit. 9. 8. 2021]. Dostupné z WWW: https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etcacc_techpaper_2006_6_spat_aq.
- HŮNOVÁ, I., MAZNOVÁ, J., KURFÜRST, P., 2014. Trends in atmospheric deposition fluxes of sulphur and nitrogen in Czech forests. *Environmental Pollution*, Vol. 184, p. 668–675. [online]. [cit. 22. 9. 202]. Dostupné z WWW: doi: 10.1016/j.envpol.2013.05.013.
- HŮNOVÁ I., KURFÜRST P., STRÁNÍK V., MODLÍK M., 2017. Nitrogen deposition to forest ecosystems with focus on its different forms. *Science of the Total Environment*, Vol. 575, p. 791–798 [online]. [cit. 10. 9. 2019]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.140>.
- HŮNOVÁ, I., BÄUMELT, V., 2018. Observation-based trends in ambient ozone in the Czech Republic over the past two decades. *Atmospheric Environment*, Vol. 172, p. 157–167 [online]. [cit. 10. 9. 2019]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.10.039>.

- HŮNOVÁ, I., KURFÜRST P., BALÁKOVÁ L., 2019a. Areas under high ozone and nitrogen loads are spatially disjunct in Czech forests. *Science of the Total Environment*, Vol. **656C**, p. 567–575 [online]. [cit. 10. 9. 2019]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.371>.
- HŮNOVÁ, I., BRABEC, M., MALÝ, M., 2019b. What are the principal factors affecting ambient ozone concentrations in Czech mountain forests? *Frontiers in Forests and Global Change*, Vol. **2**, p. 1–13 [online]. [cit. 10. 9. 2019]. Dostupné z WWW: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/ffgc.2019.00031/full>.
- HŮNOVÁ, I., BRABEC, M., MALÝ, M., 2020. Trends in ambient O₃ concentrations at twelve sites in the Czech Republic over the past three decades: Close inspection of development. *Science of the Total Environment*, Vol. **746**, 141038 [online]. [cit. 6. 9. 2023]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141038>.
- HUSAIN, L., DUTKIEWICZ, V. A., KHAN, A. J., GHAURI, B. M., 2007. Characterization of carbonaceous aerosols in urban air. *Atmospheric Environment*. Vol. **41**, p. 6872–6883 [online]. [cit. 31. 3. 2016]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.04.037>.
- IARC, 2020. Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–127. List of classifications by alphabetical order. Lyon: IARC [online]. [cit. 10. 10. 2020]. Dostupné z WWW: <http://monographs.iarc.fr/list-of-classifications>.
- IARC, 2015. Outdoor air pollution. *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. Vol. **109**. Lyon, France – 2015 [online]. [cit. 27. 4. 2016]. Dostupné z WWW: <https://publications.iarc.fr/538>.
- IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P.M. Midgley, eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. [online]. [cit. 27. 4. 2020]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>.
- KENDALL, M.G., 1955: Rank Correlation Methods. Charles Graffin: London, United Kingdom.
- KOBIZE, 2022. Central Emission Database (CED) for national air quality modelling in Poland for 2019.
- LI, Z., PORTER, E. N., SJODIN, A., LARRY, L., NEEDHAM, L. L. et al., 2009. Characterization of PM_{2.5} bound polycyclic aromatic hydrocarbons in Atlanta. Seasonal variations at urban, suburban, and rural ambient air monitoring sites. *Atmospheric Environment*. Vol. **49**, p. 4187–4193 [online]. [cit. 1. 7. 2014]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.05.031>.
- LOŽEK, V., KUBÍKOVÁ, J., ŠPRYŇAR, P. et al., 2005. Střední Čechy. In: MACKOVČIN, P., SEDLÁČEK, M., eds., Chráněná území ČR, svazek XIII. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Brno: EkoCentrum. ISBN 80-86064-87-5 a ISBN 80-86305-01-5.
- LUBEN, T. J., NICHOLS, J. L., DUTTON, S. J., KIRrane, E., OWENS, E. O., et al. 2017. A systematic review of cardiovascular emergency department visits, hospital admissions and mortality associated with ambient black carbon. *Environment international*. Vol. **107**, p. 154–162.
- LUDYKAR, D., WESTERHOLM, R., ALMEN, J., 1999. Cold start emissions at +22, –7 and –20 degrees C ambient temperatures from a three-way catalyst (TWC) car: regulated and unregulated exhaust components. *Science of the Total Environment*. Vol. **235**, p. 65–69 [online]. [cit. 1. 7. 2014]. Dostupné z WWW: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(99\)00190-4](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(99)00190-4).
- MANN, H.B, 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*. Vol. **13**, p. 245–259.
- MHMP, 2020. Praha – životní prostředí 2018 [online]. Dostupné z WWW: http://envis.praha-mesto.cz/rocnky/Pr18_pdf/ElzpravaZP18_kapB1.pdf.
- MOLDANOVÁ, J., 2009. Chemie plynné fáze. [Gas-phase chemistry.] In: BRANIŠ, M., HŮNOVÁ, I., eds., Atmosféra a klima. Aktuální otázky ochrany ovzduší. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-1598-1.
- MŽP, 2019. Aktualizace Národního programu snižování emisí České republiky [online]. [cit. 08.06.2020]. Dostupné z WWW: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/strategicke_dokumenty/\\$FILE/OOO-Aktualizace_NPSE_2019-final-20200217.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/strategicke_dokumenty/$FILE/OOO-Aktualizace_NPSE_2019-final-20200217.pdf).
- MŽP, 2020. Aktualizované programy zlepšování kvality ovzduší 2020+ [online]. [cit. 28. 4. 2021]. Dostupné z WWW: https://www.mzp.cz/cz/aktualizace_programu_zlepsovani_kvality_ovzdusi_2020.
- MŽP, 2021. Aktualizované programy zlepšování kvality ovzduší 2020+ [online]. [cit. 28. 4. 2021]. Dostupné z WWW: https://www.mzp.cz/cz/aktualizace_programu_zlepsovani_kvality_ovzdusi_2020.
- MŽP, 2022. Sdělení odboru ochrany ovzduší MŽP, kterým se stanoví seznam reprezentativních měřicích lokalit pro vyhlášení vzniku nebo ukončení smogových situací. *Věstník MŽP*, roč. XXXII, částka 3, s. 34–38 [online]. [cit. 17. 5. 2022]. Dostupné z WWW: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/vestnik_mzp_2022/\\$FILE/SOTPR-Vestnik_duben_2022-20220426.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/vestnik_mzp_2022/$FILE/SOTPR-Vestnik_duben_2022-20220426.pdf).
- MŽP, 2023. Strategické dokumenty [online]. [cit. 17. 5. 2022]. Dostupné z WWW: https://www.mzp.cz/cz/strategicke_dokumenty#programy_zlepsovani.

- NA, K., COCKER, D. R., 2005. Organic and elemental carbon concentrations in fine particulate matter in residences, schoolrooms, and outdoor air in Mira Loma, California. *Atmospheric Environment*. Vol. **39**, p. 3325–3333.
- NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 525/2013 ze dne 21. května 2013 o mechanismu monitorování a vykazování emisí skleníkových plynů a podávání dalších informací na úrovni členských států a Unie vztahujících se ke změně klimatu a o zrušení rozhodnutí č. 280/2004/ES.
- NEUŽIL, V., 2012. Podíl NO a NO₂ ve spalínách. Výzkumná zpráva. Praha: KONEKO.
- OOKA, R., KHIEM, M., HAYAMI, H., YOSHIKADO, H., HUANG, H. et al., 2011. Influence of meteorological conditions on summer ozone levels in the central Kanto area of Japan. *Procedia Environmental Sciences*. Vol. **4**, p. 138–150 [online]. [cit. 25. 7. 2014]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.03.017>.
- PAOLETTI, E., DE MARCO, A., BEDDOWS, D. C. S., HARRISON, R. M., MANNING, W. J., 2014. Ozone levels in European and USA cities are increasing more than at rural sites, while peak values are decreasing. *Environmental Pollution*. Vol. **192**, p. 295–299 [online]. [cit. 25. 7. 2014]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.04.040>.
- PEEL, J. L., TOLBERT, P. E., KLEIN, M., METZGER, K. B., FLANDERS, W. D. et al., 2005. Ambient air pollution and respiratory emergency department visits. *Epidemiology*. Vol. **16**, p. 164–174 [online]. [cit. 8. 4. 2019]. Dostupné z WWW: https://faculty.mercer.edu/butler_aj/documents/peelepipaper.pdf.
- PETZOLD, A., OGREN, J. A., FIEBIG, M., LAJ, P., LI, S. - M. et al., 2013. Recommendations for reporting “black carbon” measurements. *Atmos. Chem. Phys*. Vol. **13**, p. 8365–8379 [online]. [cit. 31. 3. 2016]. Dostupné z WWW: <https://www.wmo-gaw-wcc-aerosol-physics.org/files/Petzold-recom-rep-black-carbon.pdf>.
- PÖSCHL, U., 2011. Gas–particle interactions of tropospheric aerosols: Kinetic and thermodynamic perspectives of multi-phase chemical reactions, amorphous organic substances, and the activation of cloud condensation nuclei. *Atmospheric Research*. Vol. **101**, p. 562–573 [online]. [cit. 1. 7. 2014]. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2010.12.018>.
- ŘSD, 2022. Celostátní sčítání dopravy 2020. [online]. [cit. 24. 7. 2023]. Dostupné z WWW: https://scitani.rsd.cz/CSD_2020.
- SAMET, J. M., ZEGER, S. L., DOMINICI, F., CURRIERO, F., COURSAK, I. et al., 2000. The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part II: Morbidity and mortality from air pollution in the United States. Research Report (Health Effects Institute). No. 94, Part II [online]. [cit. 27. 4. 2016]. Dostupné z WWW: <https://www.cabq.gov/airquality/documents/pdf/samet2.pdf>.
- SAMOLI, E., TOULOUMI, G., ZANOBBETTI, A., LE TERTRE A., SCHINDLER, C. et al., 2003. Investigating the dose–response relation between air pollution and total mortality in the APHEA-2 multicity project. *Occupational and Environmental Medicine*. Vol. **60**, p. 977–982 [online]. [cit. 28. 4. 2016]. Dostupné z WWW: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1740450/pdf/v060p00977.pdf>.
- SATSANGI, A., PACHAURI, T., SINGLA, V., LAKHANI, A., KUMARI, K. M., 2012. Organic and elemental carbon aerosols at a suburban site. *Atmospheric Research*. Vol. **113**, p. 13–21 [online]. [cit. 28. 6. 2017]. Dostupné z WWW: https://www.researchgate.net/profile/aparna_satsangi/publication/257035672_organic_and_elemental_carbon_aerosols_at_a_suburban_site/links/564533e308aef646e6cc2842.pdf.
- SCHWARZ, J., CHI, X., MAENHAUT, W., CIVIŠ, M., HOVORKA, J. et al., 2008. Elemental and organic carbon in atmospheric aerosols at downtown and suburban sites in Prague. *Atmospheric Research*. Vol. **90**, p. 287–302.
- SEIBERT, R., VOLNÁ, V., HLADKÝ, D., KREJČÍ, B., 2022. Shrnutí příčin znečištění ovzduší ve východní části Ostravy. Závazný výsledek Dílčího cíle 2.1. Zlepšení identifikace zdrojů znečištění. Projekt SS02030031: ARAMIS – Integrovaný systém výzkumu, hodnocení a kontroly kvality ovzduší [online]. [cit. 22. 8. 2022]. Dostupné z WWW: <http://www.projekt-aramis.cz/results/result6.pdf>.
- SEINFELD, J. H., PANDIS, S. N., 2006. Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change, 2nd edition. New York: John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0-471-72017-1.
- SICARD, P., DE MARCO, A., TROUSSIER, F., RENO, C., VAS, N. et al., 2013. Decrease in surface ozone concentrations at Mediterranean remote sites and increase in the cities. *Atmospheric Environment*. Vol. **79**, p. 705–715 [online]. [cit. 25. 7. 2014]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.10.027>.
- SILLMAN, S., LOGAN, J. A., WOFYSY, S. C., 1990. The sensitivity of ozone to nitrogen oxides and hydrocarbons in regional ozone episodes. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. Vol. **9**, p. 1837–1851. ISSN: 2169-8996.
- SOLBERG, S., CLAUDE, A., REIMANN, S., 2018. VOC measurements 2016. EMEP/CCC-Report 4/2018. ISBN 978-82-425-2946-6. p. 67 [online]. [cit. 7. 6. 2021]. Dostupné z WWW: <https://projects.nilu.no/ccc/reports.html>.
- STANIER, C. O., KHLYSTOV, A. Y., PANDIS, S. N., 2004. Ambient aerosol size distributions and number concentrations measured during the Pittsburgh Air Quality Study (PAQS). *Atmospheric Environment*. Vol. **38**, p. 3275–3284 [online]. [cit. 28. 6. 2017]. Dostupné z WWW: <https://dukespace.lib.duke.edu/dspace/bitstream/handle/10161/6549/PAQS%20number%20size%20dist.pdf?sequence=1>.

- STIEB, D. M., JUDEK S., BURNETT R. T., 2003. Meta-analysis of time-series studies of air pollution and mortality: update in relation to the use of generalized additive models. *Journal of the Air & Waste Management Association*. Vol. **53**, p. 258–261 [online]. [cit. 28. 4. 2016]. Dostupné z WWW: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10473289.2003.10466149>.
- STULL, R. B., 2003. An introduction to boundary layer meteorology (Vol. 13). Springer Science & Business Media. ISBN 978-9027727695.
- SZÚ, 2015. Odhad zdravotních rizik pro ČR pro rok 2014. [Estimate of health risks for the Czech Republic in the year 2014.] [online]. [cit. 27. 4. 2016]. Dostupné z WWW: https://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/dokumenty_zdravi/rizika_CRI_2014.pdf.
- ŠKÁCHOVÁ, H., 2020. Hodnocení metod stanovení podmínek pro rozptyl znečišťujících látek v období 2007–2018 v Ústeckém kraji. *Meteorologické zprávy*, roč. **73**, č. 4, s. 103–109. ISSN 0026-1173. [online]. [cit. 24. 3. 2022]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/casmz/assets/2020/CHMU_MZ_4-20.pdf.
- ŠKÁCHOVÁ, H., (ed.) 2022. Kvalita ovzduší na území České republiky. Březen 2022. [online]. [cit. 20. 7. 2022]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/mes_zpravy/BREZEN_2022.pdf.
- TEIXEIRA, E. C., AGUDELO-CASTAÑEDA, D. M., GUIMARÃES FACHEL, J. M., LEAL, K. A., DE OLIVEIRA GARCIA, K. et al., 2012. Source identification and seasonal variation of polycyclic aromatic hydrocarbons associated with atmospheric fine and coarse particles in the Metropolitan Area of Porto Alegre, RS, Brazil. *Atmospheric Research*. Vol. **118**, p. 390–403 [online]. [cit. 1. 7. 2014]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.07.004>.
- TOMASI, C., FUZZI, S. and KOKHANOVSKY, A., eds., 2017. Atmospheric Aerosols: Life Cycles and Effects on Air Quality and Climate. Wiley. ISBN 978-3-527-33645-6.
- TUCH, T., BRAND, P., WICHMANN, H. E., HEYDER, J., 1997. Variation of particle number and mass concentration in various size ranges of ambient aerosols in Eastern Germany. *Atmospheric Environment*. Vol. **31**, p. 4193–4197.
- UN-ECE, 1991. The Protocol to the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution on the Control of Emissions of Volatile Organic Compounds (VOCs, i.e. hydrocarbons) or Their Transboundary Fluxes. 1991. Geneve: UN-ECE [online]. [cit. 7. 6. 2021]. Dostupné z WWW: https://www.unece.org/env/lrtap/vola_h1.html.
- UN-ECE, 1999. The 1999 Göthenburg Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone [online]. [cit. 31. 7. 2014]. Dostupné z WWW: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/full%20text/1999%20Multi.E.Amended.2005.pdf>.
- VÍDEN, I., 2005. Chemie ovzduší. Praha: VŠCHT. ISBN 80-7080-571-4.
- VLČEK, O., CORBET, L., 2011. Porovnání výstupů Eulerovského modelu CAMx s měřeními ze staniční sítě ČR – část 1: aerosoly. [Comparison of the CAMx outputs with measurements in the Czech monitoring network – part 1: aerosols.] *Meteorologické zprávy*, roč. **64**, č. 5, s. 142–151 [online]. [cit. 20. 6. 2017]. Dostupné z WWW: <https://portal.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/casmz/novy/2011/Meteo-2011-05.pdf>.
- VOJTÍŠEK, M., 2010. O provozu vznětových motorů a aerosolech jimi produkovaných v městských aglomeracích. In: SMOLÍK, J. ed., Konference ČAS 2010. Sborník konference. Praha, 18.–19. 11. 2010. Praha: Česká aerosolová společnost, ISBN: 978-80-86186-25-2 [online]. [cit. 8. 7. 2014]. Dostupné z WWW: http://cas.icpf.cas.cz/download/Sbornik_VKAS_2010.pdf.
- VOLNÁ, V., HLADKÝ, D., SEIBERT, R., KREJČÍ, B. (2022). Transboundary Air Pollution Transport of PM₁₀ and Benzo[a]pyrene in the Czech–Polish Border Region. *Atmosphere* 2022, **13**, 341 [online]. [cit. 25. 7. 2023]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.3390/atmos13020341>.
- Vyhláška č. 330/2012 Sb., o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích. In: Sběrka zákonů. 12. října 2012. ISSN 1211-1244.
- Vyhláška č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší. In: Sběrka zákonů. 30. listopad 2012. ISSN 1211-1244.
- WEATHERHEAD, E. C., REINSEL, G. C., TIAO, G. C., MENG, X-L., CHOI, D., et al., 1998. Factors affecting the detection of trends: Statistical considerations and applications to environmental data. *Journal of Geophysical Research*, Vol. **103**, p. 17149–17161 [online]. [cit. 10. 9. 2019]. Dostupné z WWW: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/98JD00995>.
- WHO, 2000. Air Quality Guidelines for Europe, 2nd ed. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe [online]. [cit. 1. 7. 2014]. Dostupné z WWW: Dostupný z WWW: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf.

- WHO, 2006. Air quality guidelines: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide. Copenhagen, Denmark: World Health Organization, c2006. ISBN 9289021926. Dostupné z WWW: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2009/air-quality-guidelines.-global-update-2005.-particulate-matter,-ozone,-nitrogen-dioxide-and-sulfur-dioxide>.
- WHO, 2013. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP. WHO Regional Office for Europe [online]. [cit. 2. 6. 2020]. Dostupné z WWW: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf?ua=1.
- WHO, 2014. Ambient (outdoor) air quality and health. Fact sheet [online]. [cit. 10. 9. 2019]. Dostupné z WWW: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
- WHO, 2021. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO [online]. [cit. 20. 4. 2022]. Dostupné z WWW: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>.
- YOUNG, L. H., KEELER, G. J., 2007. Summertime Ultrafine Particles in Urban and Industrial Air: Aitken and Nucleation Mode Particle Events. *Aerosol and Air Quality Research*. Vol. 7, p. 379–402.
- YUE, W., STÖLZEL, M., CYRYS, J., PITZ, M., HEINRICH J., et al. 2009. Source apportionment of ambient fine particle size distribution using positive matrix factorization in Erfurt, Germany. *Sci Total Environ.*, Vol. 398, p. 133–144.
- Zákon č. 25/2008 Sb., o integrovaném registru znečišťování životního prostředí a integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí a o změně některých zákonů. [Act No. 25/2008 Coll. on the integrated pollution register and the integrated system on the fulfilment of notification obligations in the field of environmental protection, as amended.] In: Sbírka zákonů. 13. únor 2008. ISSN 1211-1244.
- Zákon o ovzduší č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. In: Sbírka zákonů. 13. června 2012. ISSN 1211-1244.
- ZHANG, K. M., WEXLER, A. S., FANG, Y., HINDS, W. C., SIOUTAS C. 2004. Evolution of particle number distribution near roadways . Part II : the ‘ Road-to-Ambient ’ process. *Atmospheric Environment*, Vol. 38, p. 6655–6665.
- ZHOU, L., HOPKE, P. K., STANIER CH. O., PANDIS S.N. ,ONDOV, J. M., et al. 2005. Investigation of the relationship between chemical composition and size distribution of airborne particles by partial least squares and positive matrix factorization. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 110, p. 1–14.

SEZNAM ZKRATEK

a. s.	akciová společnost
ACTRIS	Aerosols, Clouds and Trace gases Research InfraStructure Network
AOT40	kumulativní expozice nad prahovou koncentrací 40 ppb
ASKPCR	Asociace sklářského a keramického průmyslu ČR
AV ČR	Akademie věd ČR
BaP	benzo[a]pyren
BC	černý uhlík
CENIA	Česká informační agentura životního prostředí
CFC	chlorfluorované uhlovodíky
CLRTAP	Úmluva o dálkovém znečišťování ovzduší překračujícím hranice států
ČEZ	České energetické závody
ČGS	Česká geologická služba
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
ČSÚ	Český statistický úřad
DIC	dlouhodobý imisní cíl
EC	elementární uhlík
EC	Evropská komise
EEA	Evropská agentura pro životní prostředí
EMEP	Program spolupráce při monitorování a hodnocení dálkového přenosu látek znečišťujících ovzduší v Evropě
Eol	Rozhodnutí Rady 97/101/EC o výměně informací (Eol)
ES	Evropské společenství
ESFRI	Evropské strategické fórum výzkumných infrastruktur
ETC/ACM	Evropské tematické centrum znečištění ovzduší a zmírnění klimatické změny
ETC HE	Evropské tematické centrum lidské zdraví a životní prostředí
EU	Evropská unie
EU ETS	evropský systém emisního obchodování
GAW	Globální sledování atmosféry (Global Atmosphere Watch)
GLÚ AV ČR	Geologický ústav AV ČR, v. v. i.
GWP	potenciál globálního oteplování
HBÚ AV ČR	Hydrobiologický ústav Akademie věd ČR
HCB	hexachlorbenzen
HCFC	hydrochlorfluorovodíky
HFC	částečně fluorované uhlovodíky
CHKO	chráněná krajinná oblast
IARC	Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny
ICOS	Evropský systém pro sledování úrovně CO ₂
IKO	index kvality ovzduší
IL	imisní limit
IPCC	Mezivládní panel pro změnu klimatu
IPH	informativní prahová hodnota
ISKO	Informační systém kvality ovzduší

ISPOP	Integrovaný systém plnění ohlašovacích povinností
LfULG	Saský státní úřad pro životní prostředí, zemědělství a geologii
LRTAP	Konvence o sledování dlouhodobých trendů kvality ovzduší
LULUCF	Využívání půdy, změny ve využívání půdy a lesnictví
MHMP	Magistrát hlavního města Prahy
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NAOK	Národní atmosférická observatoř Košetice
NFR	Klasifikace pro reporting
NMVOC	nemetanové těkavé organické látky
NO _x	směs oxidů dusíku
NP	národní park
O/K/F-M	Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek
OC	organický uhlík
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
OSN	Organizace spojených národů
PAH	polycyklické aromatické uhlovodíky
PCB	polychlorované bifenyly
PM ₁₀	frakce prašného aerosolu < 10 μm
PM _{2,5}	frakce prašného aerosolu < 2,5 μm
POP	persistentní organické látky
PZKO	Program zlepšování kvality ovzduší
REZZO	Registr emisí a stacionárních zdrojů
RP	rozptylové podmínky
RPH	regulační prahová hodnota
Sb.	Sbírka zákonů
SEČ	středoevropský čas
SELČ	středoevropský letní čas
SLDB	Sčítání lidu, domů a bytů
SO _x	směs oxidů síry
SPE	souhrnná provozní evidence
SSIM	Státní síť imisního monitoringu
SVRS	Smogový varovný a regulační systém
SZÚ	Státní zdravotní ústav
TC	celkový uhlík
TAČR	Technologická agentura ČR
TZL	tuhé znečišťující látky
UCR	hodnota jednotkového rizika
ÚCHP AV ČR	Ústav chemických procesů Akademie věd ČR
UN-ECE	Evropská hospodářská komise OSN
ÚH AV ČR	Ústav pro hydrodynamiku AV ČR
ÚVGZ AV ČR	Ústav výzkumu globální změny AV ČR
VOC	těkavé organické látky
VPH	varovná prahová hodnota
VÚLHM	Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti
WAM	scénář s dodatečným opatřením
WEM	scénář s platným opatřením
WHO	Světová zdravotnická organizace
WMO	Světová meteorologická organizace
ZABAGED	Základní báze geografických dat České republiky
ZÚ	Zdravotní ústav

PŘÍLOHA I

Podrobná specifikace prezentovaných imisních map

Plošné mapy jsou z výsledků měření v jednotlivých lokalitách konstruovány s využitím a kombinací mnoha informací (ČHMÚ 2023d). Nejistoty jednotlivých map jsou závislé zejména na hustotě sítě měřicích stanic a na rovnoměrnosti pokrytí území ČR stanicemi, dále na nejistotách jednotlivých měření, vstupů do modelů, modelových výpočtů a na použitém způsobu konstrukce plošných map. Mapy mají nejmenší nejistotu v blízkosti měřicích stanic. Přestože jsou nejistoty zejména některých map dosti vysoké, jedná se o odhady imisního pole, které adekvátně odpovídají použitým podkladům a stavu současného poznání. K nejistotám map je nutno přihlížet při jejich interpretaci.

V dalších odstavcích jsou uvedeny podklady, které byly použity pro konstrukci imisních map pro rok 2022, a specifikace jednotlivých map prezentovaných v této ročence.

1. Použitá data

a. Měřená imisní data. Použity jsou roční charakteristiky naměřených dat z databáze ISKO.

b. Výstupy z rozptylových modelů. Použity jsou výstupy z eulerovského modelu CAMx a Gaussovského modelu SYMOS provozovaných ČHMÚ a medián ansámblu evropských předpovědních modelů CAMS. Modely odpovídají hodnocenému roku. V případě modelů CAMx a SYMOS pak byly použity nejaktuálnější emisní vstupy, které byly v době přípravy ročenky k dispozici. Podrobný popis použitých modelů a vstupních dat je v ČHMÚ (2023d).

c. Emise z dopravy: rozlišení 1×1 km, zdroj: silniční doprava dle sčítání ŘSD 2020 (ŘSD 2022).

d. Nadmořská výška: rozlišení 1×1 km, zdroj: ZABAGED, Zeměměřičský úřad.

e. Hustota populace: rozlišení 1×1 km, zdroj: dle sčítání SLDB 2021 (ČSÚ 2023b).

2. Odhad nejistoty

Pro odhad nejistoty příslušné mapy byla použita metoda **křížového ověřování (cross-validation)**, viz Horálek et al. (2007). Odhad koncentrací v místech měření je vytvořen vždy s vypuštěním daného měření pomocí ostatních dat, a tím je objektivně odhadnuta kvalita mapy mimo místa měření. Tento postup byl opakovaně použit pro všechna místa měření. Odhadnuté hodnoty byly porovnány s naměřenými hodnotami pomocí **standardní chyby odhadu (root-mean-square error, RMSE)**, resp. **relativní standardní chyby odhadu (RRMSE)**:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\hat{Z}(s_i) - Z(s_i))^2}$$

$$RRMSE = \frac{RMSE}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Z(s_i)} \cdot 100$$

kde $Z(s_i)$ je naměřená hodnota koncentrace v i -tém bodě, $\hat{Z}(s_i)$ je odhad v i -tém bodě pomocí ostatních dat, N je počet měřicích stanic.

Odhad nejistoty byl z výpočetních důvodů počítán jen pro interpolaci reziduí; celková nejistota mapy je proto obecně poněkud větší. Též je třeba zmínit, že jde o střední nejistotu celé mapy, prostorové rozložení nejistoty nebylo odhadováno.

3. Parametry jednotlivých map

Pro mapy jednotlivých škodlivin jsou v Tab. 1–8 prezentovány doplňkové veličiny použité v lineárním regresním modelu a jejich parametry (c , a_1 , a_2 , ...), parametry interpolace pomocí krigingu (range, nugget, partial sill) a převrácené hodnoty vzdálenosti (váha IDW) a u většiny map je též uvedena odhadnutá nejistota mapy (RMSE). Tyto parametry jsou uvedeny vždy pro jednotlivé imisní vrstvy (venkovská, městská, dopravní).

a. Suspendované částice PM_{10} : Pro konstrukci map bylo použito 54 venkovských (bez rozlišení na pozařadové a průmyslové), 86 městských a předměstských pozařadových a 29 dopravních stanic. Výsledky měření šesti městských a předměstských průmyslových stanic byly zohledněny pouze v jejich bezprostředním okolí (Tab. 1).

b. Jemné suspendované částice $PM_{2,5}$: Pro konstrukci mapy bylo použito 30 venkovských (bez rozlišení na pozadové a průmyslové), 52 městských a předměstských pozadových a 21 dopravních stanic. Výsledky měření osmi městských a předměstských průmyslových stanic byly zohledněny pouze v jejich bezprostředním okolí. Z důvodu metodiky mapování nebyla vyčíslena nejistota mapy (Tab. 2). Důvodem je použití mapy PM_{10} jako doplňkové veličiny – vzhledem k silné regresní vazbě PM_{10} a $PM_{2,5}$ by odhad nejistoty byl podhodnocen.

c. Benzo[a]pyren: Pro konstrukci mapy bylo použito 10 venkovských a 49 městských a předměstských stanic (bez rozlišení na pozadové, dopravní a průmyslové), které byly doplněny 13 venkovskými a 17 městskými a předměstskými stanicemi, jejichž hodnoty byly odhadnuty pomocí naměřených hodnot v předchozích letech. V případě městské i venkovské mapové vrstvy byla využita exponenciální závislost s městskou resp. venkovskou mapou $PM_{2,5}$. Vzhledem k malému počtu měřicích stanic v malých sídlech je odhad nejistoty venkovských oblastí pouze orientační (Tab. 3).

d. Oxid dusičitý a oxidy dusíku: Pro konstrukci mapy NO_2 bylo použito 30 venkovských (bez rozlišení na pozadové a průmyslové), 49 městských a předměstských pozadových a 23 dopravních stanic. Výsledky měření 4 městských a předměstských průmyslových stanic byly zohledněny pouze v jejich bezprostředním okolí. Pro konstrukci mapy NO_x bylo použito 28 venkovských, 48 městských a předměstských pozadových a 24 dopravních stanic (Tab. 4).

e. Přízemní ozon: Pro konstrukci mapy 26. nejvyššího maximálního denního 8hodinového klouzavého průměru bylo použito 32 venkovských, 28 městských a předměstských pozadových stanic. Výsledky měření 3 dopravních a 1 městské a předměstské průmyslové stanice byly zohledněny pouze v jejich bezprostředním okolí. Pro konstrukci mapy AOT40 bylo použito 30 venkovských, 34 městských a předměstských pozadových stanic (Tab. 5).

f. Benzen: Pro konstrukci mapy bylo použito 8 venkovských, 24 městských a předměstských pozadových stanic. Výsledky měření 2 průmyslových a 6 dopravních stanic byly zohledněny pouze v jejich bezprostředním okolí. Vzhledem k malému počtu venkovských stanic je odhad nejistoty venkovských oblastí pouze orientační (Tab. 6).

g. Těžké kovy: Pro konstrukci mapy arsenu bylo použito 11 venkovských a 35 městských a předměstských stanic (bez rozlišení na pozadové, dopravní a průmyslové). Pro konstrukci mapy kadmia bylo použito 54 stanic (bez rozlišení podle typu). Vysoká relativní nejistota mapy kadmia souvisí s nízkými hodnotami kadmia na většině území (Tab. 7).

h. Oxid siřičitý: Pro konstrukci mapy 4. nejvyšší 24hodinové koncentrace bylo použito 35 venkovských (bez rozlišení na pozadové a průmyslové) a 34 městských a předměstských pozadových stanic. Výsledky měření 3 dopravních a 3 průmyslových stanic byly zohledněny pouze v jejich bezprostředním okolí. Pro mapy ročního resp. zimního průměru bylo použito 35 resp. 35 venkovských (bez rozlišení na pozadové a průmyslové) a 34 městských a předměstských pozadových stanic. Výsledky měření 3 resp. 2 dopravních a 3 průmyslových stanic byly zohledněny pouze v jejich bezprostředním okolí (Tab. 8).

V počtech stanic jsou zahrnuty i zahraniční (německé a polské) stanice, které byly při tvorbě některých map použity.

Pro sloučení městské a venkovské vrstvy bylo použito mezi klasifikačních intervalů (ČHMÚ 2022d): $\alpha_1 = 200 \text{ obyv}\cdot\text{km}^{-2}$, $\alpha_2 = 1000 \text{ obyv}\cdot\text{km}^{-2}$. Pro sloučení pozadové a dopravní vrstvy bylo použito mezi klasifikačních intervalů (ČHMÚ 2022d): $\tau_1 = 3 \text{ t}\cdot\text{rok}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$, $\tau_2 = 8 \text{ t}\cdot\text{rok}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ (pro mapy PM_{10} a $PM_{2,5}$), resp. $\tau_1 = \tau_2 = 5 \text{ t}\cdot\text{rok}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ (pro mapy NO_2 a NO_x), přičemž pro mapy PM_{10} a $PM_{2,5}$ byly použity emise tuhých znečišťujících látek (TZL), zatímco pro mapy NO_2 a NO_x byly použity emise NO_x^1 .

1 U plošných map NO_2 a NO_x byla dopravní vrstva použita pouze ve městech.

Tab. 1 Parametry map PM_{10}

Lineární regresní model + interpolace reziduí	Roční průměr			36. nejvyšší denní průměr		
	venkov	městské pozadí	doprava	venkov	městské pozadí	doprava
c (konstanta)	10,7	17,8	14,4	18,4	31,1	27,3
a1 (model CAMx)	1,11	0,59	0,80	0,84	0,61	0,61
a2 (model SYMOS)	0,73			2,12		
a3 (nadmožská výška)	-0,0069	-0,0119		-0,0109	-0,0233	
range [km]	47	84	5	41	88	6
nugget	0,6	3,5	0	2,0	15,0	0
partial sill	1,9	1,4	5,1	7,9	4,5	19,9
váha IDW	1	1		1	1	
RMSE [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	1,7	2,6	2,1	3,1	4,6	4,1
relat. RMSE [%]	10	13	10	11	14	11

Tab. 2 Parametry mapy $PM_{2,5}$

Lineární regresní model + interpolace reziduí	Roční průměr		
	venkov	městské pozadí	doprava
c (konstanta)	2,6	0,5	0,8
a1 (venkovská mapa PM_{10})	0,47		
a2 (městská pozadivá mapa PM_{10})		0,68	
a3 (dopravní mapa PM_{10})			0,63
a4 (model SYMOS)	1,86		
range [km]	15	120	21
nugget	0	1,0	0,2
partial sill	1,1	0,0	0,7
váha IDW		1	1

Tab. 3 Parametry mapy benzo[a]pyrenu

Lineární regresní model + interpolace reziduí	Roční průměr	
	venkov	města
c (konstanta)	0,4	-0,2
b1 (konstanta)	0,47	
b2 (konstanta)		0,17
a1 (exp(b1*městská mapa PM _{2,5}))	0,0004	
a2 (exp(b2*městská mapa PM _{2,5}))		0,079
a3 (model CAMx zjemněný SYMOSem)		0,79
range [km]	14	3
nugget	0	0
partial sill	0,06	0,14
váha IDW		1
RMSE [ng·m⁻³]	> 0,3	0,4
relat. RMSE [%]	> 40	35

Tab. 4 Parametry map NO₂ a NO_x

Lineární regresní model + interpolace reziduí	NO ₂ – roční průměr			NO _x – roční průměr		
	venkov	městské pozadí	doprava	venkov	městské pozadí	doprava
c (konstanta)	6,9	16,8	18,1	4,2	17,2	29,8
a1 (model SYMOS NO ₂)	5,31	1,41				
a2 (model SYMOS NO ₂ – REZZO 4)			3,19			
a3 (model SYMOS NO _x)				3,60	0,80	
a4 (model SYMOS NO _x – REZZO 4)						2,52
a5 (nadmořská výška)	-0,005	-0,015				
váha IDW	1	1	1	1	1	1
RMSE [µg·m⁻³]	0,9	2,8	5,3	1,6	7,3	14,9
relat. RMSE [%]	11	19	23	15	33	33

Tab. 5 Parametry map přízemního ozonu

Lineární regresní model + interpolace reziduí	26. nejvyšší maximální denní 8hod. průměr		Expoziční index AOT40	
	venkov	městské pozadí	venkov	městské pozadí
c (konstanta)	112,63	26,3	16575	7089
a1 (model CAMS)		0,83		0,85
a2 (nadmořská výška)	0,0039		1,11	
váha IDW	2,3	1,1	1	1
RMSE [µg·m⁻³]	3,8	4,0	2827	2704
relat. RMSE [%]	3	4	16	17

Tab. 6 Parametry mapy benzenu

Lineární regresní model + interpolace reziduí	Roční průměr	
	venkov	městské pozadí
c (konstanta)	0,0	-0,1
a1 (model CAMx)	4,94	7,78
váha IDW	1	1
RMSE [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	0,3	0,4
relat. RMSE [%]	45	29

Tab. 7 Parametry map arsenu a kadmia

Lineární regresní model + interpolace reziduí	Arsen – roční průměr		Kadmium – roční průměr
	venkov	města	celková mapa
c (konstanta)	-1,3		0,1
a1 (venkovská mapa PM_{10})	0,17		
a2 (model CAMx)			0,83
range [km]	170	54	13
nugget	0	0,4	0
partial sill	0,3	0,8	0,1
váha IDW		1	
RMSE [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	0,6	0,9	0,3
relat. RMSE [%]	54	46	117

Tab. 8 Parametry map SO_2

Lineární regresní model + interpolace reziduí	4. nejvyšší denní průměr		Roční průměr		Zimní průměr	
	venkov	městské pozadí	venkov	městské pozadí	venkov	městské pozadí
c (konstanta)	2,9	7,7	1,7	2,7	2,1	2,9
a1 (model CAMx)	0,90	0,38	0,74	0,45	0,70	0,34
váha IDW	3	1,1	1	1,1	3	2
RMSE [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	4,1	5,7	1,1	1,6	1,1	2,2
relat. RMSE [%]	37	40	33	34	27	19

PŘÍLOHA II

Vliv energetické krize na kvalitu ovzduší v roce 2022

Energetická krize, která postihla Českou republiku (ČR) a další evropské státy, měla celou řadu dopadů jak v ekonomickém sektoru, tak v oblasti životního prostředí. Kvůli skokovému zdražení plynu a elektřiny hledaly domácnosti způsoby, jak snížit náklady. Jednou z možností bylo snížení spotřeby energie na vytápění, která má většinou velmi výrazný podíl na celkové spotřebě. Řada domácností měla snahu hledat alternativní způsoby vytápění s nižšími náklady. Úplný nebo i částečný návrat ke spalování pevných paliv však s sebou přináší negativní dopady na kvalitu ovzduší a znamená zvýšení emisí znečišťujících látek z vytápění. Zda se však toto zvýšení emisí projeví i na koncentracích znečišťujících látek naměřených na stanicích imisního monitoringu závisí i na dalších faktorech – především meteorologických a rozptylových podmínkách, ale také na množství emisí těchto látek z jiných zdrojů.

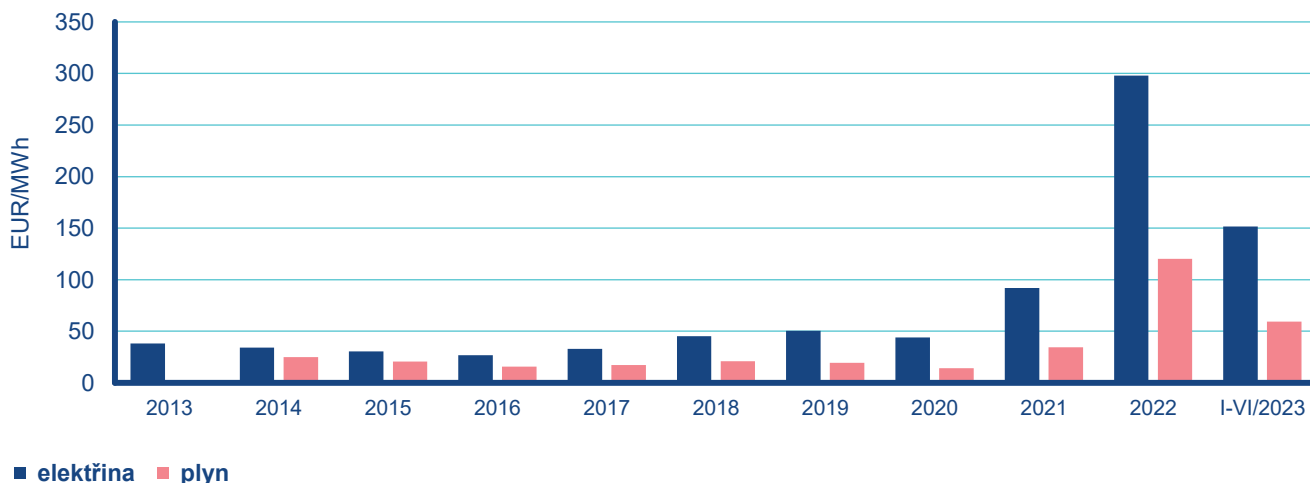
Energetická krize

Podle údajů SLDB 2021 bylo v ČR zemním plynem vytápěno více než 1,5 mil. bytů a v případě elektrické energie cca 390 tis. bytů.

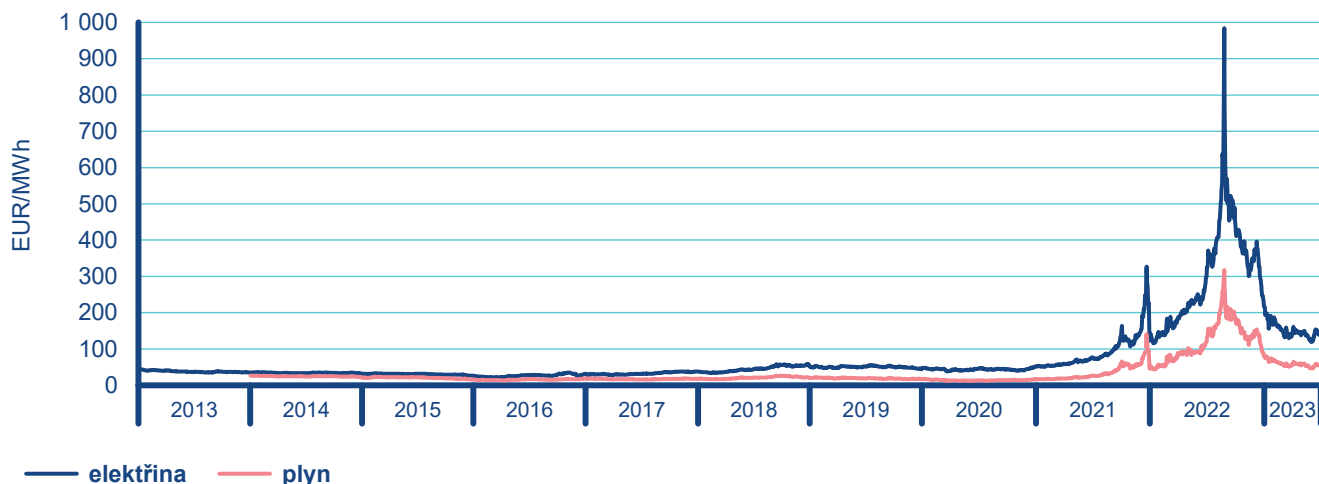
Přibližně 60 % těchto bytů bylo v rodinných domech. Cena plynu a elektřiny v roce 2022 prudce vzrostla, výrazněji však začala stoupat již v roce 2021 (Obr. 1). Nárůst cen elektřiny sice dopadl na menší počet domácností, nicméně jejich navýšení bylo výraznější než u zemního plynu. Průměrná cena elektřiny na českém trhu byla v roce 2022 více než trojnásobná ve srovnání s předchozím rokem. Data za rok 2023 v době přípravy tohoto textu nejsou kompletní, ale jak ukazuje průměrná cena za první půlrok, ceny ve srovnání s rokem 2022 výrazněji klesly (přibližně na polovinu), přesto zůstávají o 50 % vyšší než v roce 2021 a více než trojnásobné ve srovnání s obdobím před rokem 2021. Obr. 2 pak ukazuje stejná data, avšak v denním kroku a ilustruje výrazné výkyvy, které energetický trh v roce 2022 zažil.

Nejenom elektřina, ale také zemní plyn zaznamenal prudký nárůst ceny od roku 2021, s kulminací v roce 2022. Stejně jako v případě elektřiny zde byl zaznamenán více než trojnásobný nárůst ceny v roce 2022 ve srovnání s předchozím rokem a data za první půlrok roku 2023 naznačují pokles cen, které jsou však stále vyšší než před rokem 2022.

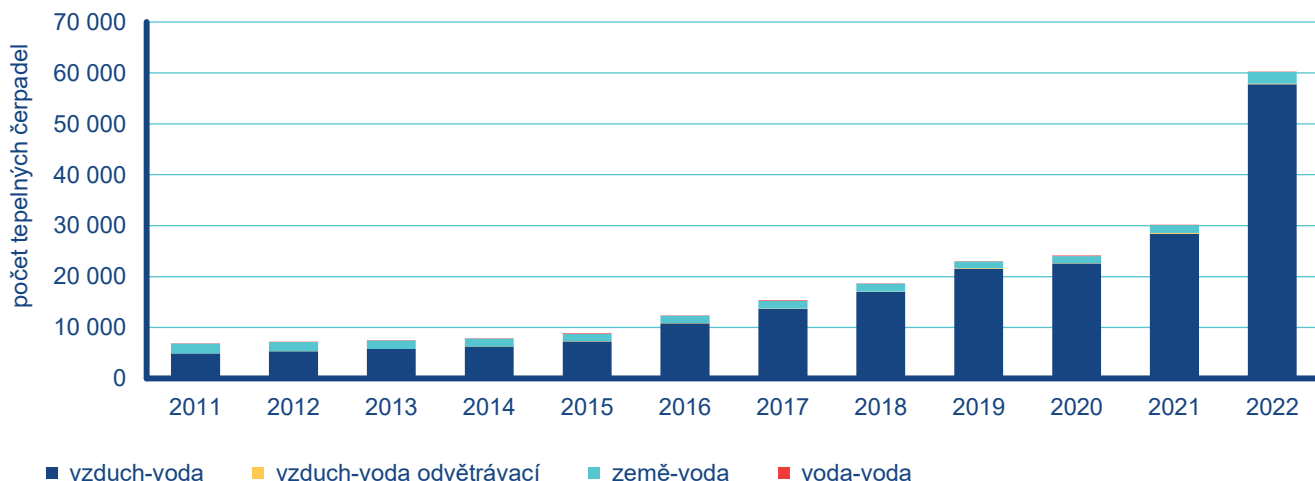
Od 1. 9. 2022 měl být v platnosti zákaz provozu kotlů na pevná paliva o jmenovitém tepelném příkonu do 300 kW včetně nesplňujících požadavky minimálně III. emisní třídy. Tento zákaz však byl na návrh Ministerstva životního prostředí v souvislosti s nestabilní situací trhu a historickým růstem inflace a cen energie posunut u domácností o dva roky, tedy na 1. 9. 2024.



Obr. 1 Průměrná cena elektřiny a plynu v jednotlivých letech období 2013 až 2023 v ČR
Zdroj dat: Power Exchange Central Europe, a. s.



Obr. 2 Vývoj ceny elektřiny a plynu v 10letém období 2013–2022 a první polovině roku 2023 v ČR
Zdroj dat: Power Exchange Central Europe, a. s.



Obr. 3 Odhad roční dodávky tepelných čerpadel na český trh (ks)
Zdroj dat: MPO

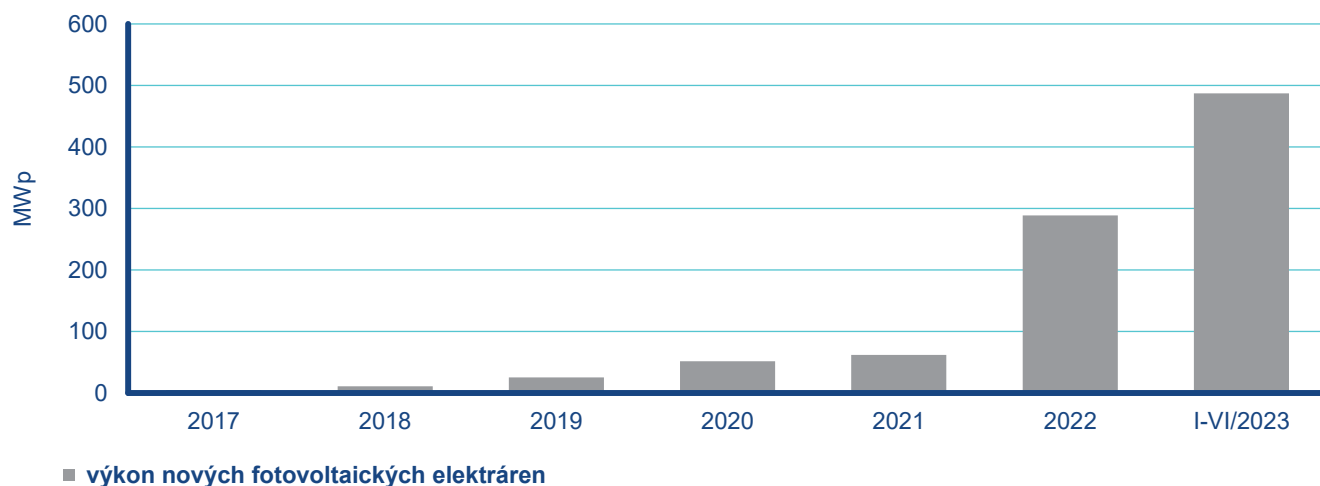
Změny ve způsobu vytápění

Energetická krize zapříčinila, že některé domácnosti přešly k levnějšímu způsobu vytápění (z plynového/elektrického na vytápění pevnými palivy), řada domácností zároveň začala využívat z pohledu kvality ovzduší vhodnější alternativní zdroje vytápění, jako jsou například tepelná čerpadla, získávání vlastní elektřiny ze solárních panelů apod.

Data Ministerstva průmyslu a obchodu (MPO) potvrzují velmi výrazný nárůst prodeje tepelných čerpadel v ČR v roce 2022. Obecně tento počet stoupá dlouhodobě (Obr. 3), v roce 2022 se však zdvojnásobil oproti předchozímu roku. Dominantním dodávaným typem je tepelné čerpadlo vzduch-voda. Za rok 2022 se celkově prodalo více čerpadel než za předchozí dva roky dohromady. V prvním pololetí roku 2023 to bylo dokonce 40 000 kusů – v roce 2022 to bylo za první půlrok jen 25 000. MPO odhaduje, že by v roce 2023 mohlo být na český trh dodáno 75 000 až 100 000 tepelných čerpadel.

Strmý nárůst od roku 2022 je pozorován také u nově instalovaných fotovoltaických elektráren (Obr. 4). Domácnosti se snaží být více soběstačné, a motivaci představují také dotační programy, které snižují pořizovací náklady těchto investic. Tento růst i nadále pokračuje – jen v první polovině roku 2023 bylo instalováno o téměř 70 % více výkonu než za celý rok 2022.

Změny ve způsobu vytápění v souvislosti s energetickou krizí byly tedy velmi komplexní a neomezovaly se pouze na hledání alternativ v podobě zdrojů, které mají negativní vliv na znečištění ovzduší. Na rozdíl výše uvedených od ekonomických a statistických ukazatelů nebyly k termínu sestavování zprávy k dispozici dostatečné údaje o spotřebě paliv. Nicméně podle předběžných statistik MPO vzrostly např. dodávky hnědého uhlí tříděného na tuzemský trh meziročně o 14 %. Vzrostl rovněž objem dovozu černého uhlí tříděného o necelých 90 tis. tun. Přitom se na spotřebě tříděných uhlí domácnosti podílí z cca 70 %.



Obr. 4 Celkový výkon nově instalovaných fotovoltaických elektráren v ČR v MWp
Zdroj dat: Solární asociace

Vliv lokálního vytápění na kvalitu ovzduší

Lokální vytápění domácností je v současnosti nejpálčivějším problémem znečišťování ovzduší v ČR. U znečišťujících látek, jejichž imisní limity jsou v ČR překračovány (zejména částice $PM_{2,5}$ a benzo[*a*]pyren), je lokální vytápění (s výjimkou přízemního ozonu) dominantním nebo téměř výhradním zdrojem emisí. Problematické je v tomto směru zejména vytápění v nevyhovujících, převážně starších kotlech na pevná paliva (uhlí, dřevo) a také poměrně rozšířené používání topidel (kamna a krby). Právě vytápění pevnými palivy představuje alternativu například k plynovému kotli nebo elektrickému vytápění.

Vhodným indikátorem lokálního vytápění pevnými palivy je rakovinotvorný benzo[*a*]pyren. Kategorie *Domácnosti: vytápění, ohřev vody, vaření* se na celkových emisích benzo[*a*]pyrenu v ČR dle emisní bilance z roku 2021 podílí z 97 %.

Výsledky z měřicí kampaně zaměřené na malá sídla

Již od přelomu let 2017/18 probíhala v ČHMÚ měřicí kampaň zaměřená na kvalitu ovzduší v malých sídlech¹. Cílem této kampaně byl dlouhodobý monitoring kvality ovzduší v malých obcích, kde může být kvalita ovzduší v zimním období výrazně zhoršená vzhledem k vyššímu podílu vytápění pevnými palivy. Zároveň bylo cílem zjistit, zda dochází ke změně, resp. k žádoucímu poklesu znečišťujících látek díky realizaci opatření pro zlepšení kvality ovzduší v malých sídlech (tj. především dotované výměně kotlů).

Měřicí kampaň v malých sídlech probíhala v celkem osmi obcích v ČR. Tyto lokality byly vybrány tak, aby reprezentovaly sídla

s různým podílem pevných paliv, tedy například jak obce plynofikované, tak neplynofikované. Je však nutné říci, že během energetické krize mohlo dojít ke změnám, kdy například lidé využívající zemní plyn mohli přejít jak na pevná paliva nebo naopak na příznivější zdroje vytápění s ohledem na kvalitu ovzduší, například tepelné čerpadlo.

Lokality monitoringu:

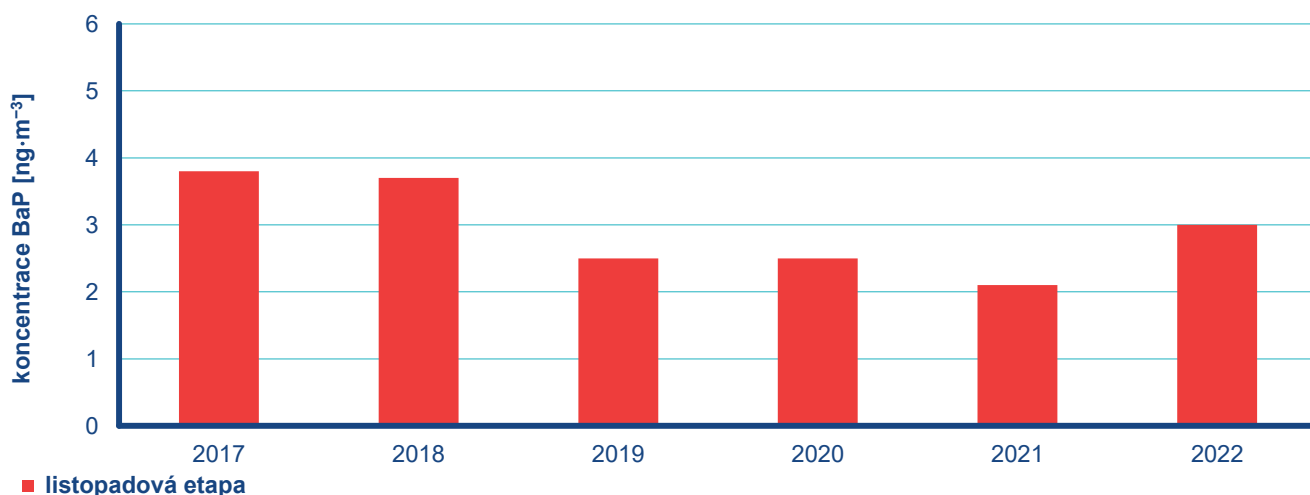
- Bolatice (Moravskoslezský kraj)
- Hřivice (Ústecký kraj)
- Jablonné nad Orlicí (Pardubický kraj)
- Příšov (Plzeňský kraj)
- Kuřimská Nová Ves (Jihomoravský kraj)
- Černíny (Středočeský kraj)
- Košíky (Zlínský kraj)
- Bochovice (Kraj Vysočina)

Vzorky ovzduší byly odebírány vždy v měsíci listopadu a únoru. Hodnoceny byly koncentrace částic PM_{10} , benzo[*a*]pyrenu a těžké kovy jako 24h průměry.

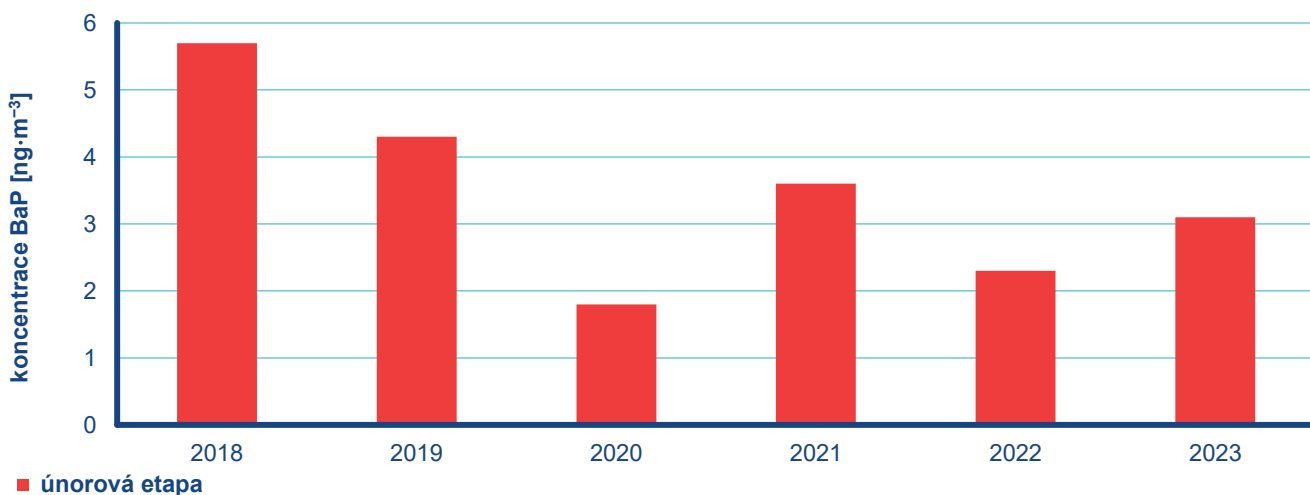
Obr. 5 a Obr. 6 ukazují průměrné koncentrace benzo[*a*]pyrenu v jednotlivých letech jako průměr ze všech osmi monitorovaných lokalit v rámci měřicí kampaně zaměřené na kvalitu ovzduší v malých sídlech, zvláště pro jednotlivé etapy monitoringu (listopad, únor). Obr. 7 pak ukazuje souhrnné průměrné koncentrace benzo[*a*]pyrenu ze všech osmi lokalit za celou měřicí kampaň.

Nejnižší koncentrace benzo[*a*]pyrenu odpovídají kampaním s nejvýhodnějšími meteorologickými podmínkami v letech 2019/2020 a 2021/2022. Naopak nejvyšší koncentrace benzo[*a*]pyrenu jsou v kampani 2018/2019, kdy byly naměřeny nejnižší průměrné teploty a s tím spojená vyšší potřeba vytápění a vyšší emise znečišťujících látek. Průměrná koncentrace benzo[*a*]pyrenu z poslední kampaně 2022/2023 je na stejné úrovni jako v kampani 2020/2021. Z pohledu meteorologických podmínek jsou tyto dvě

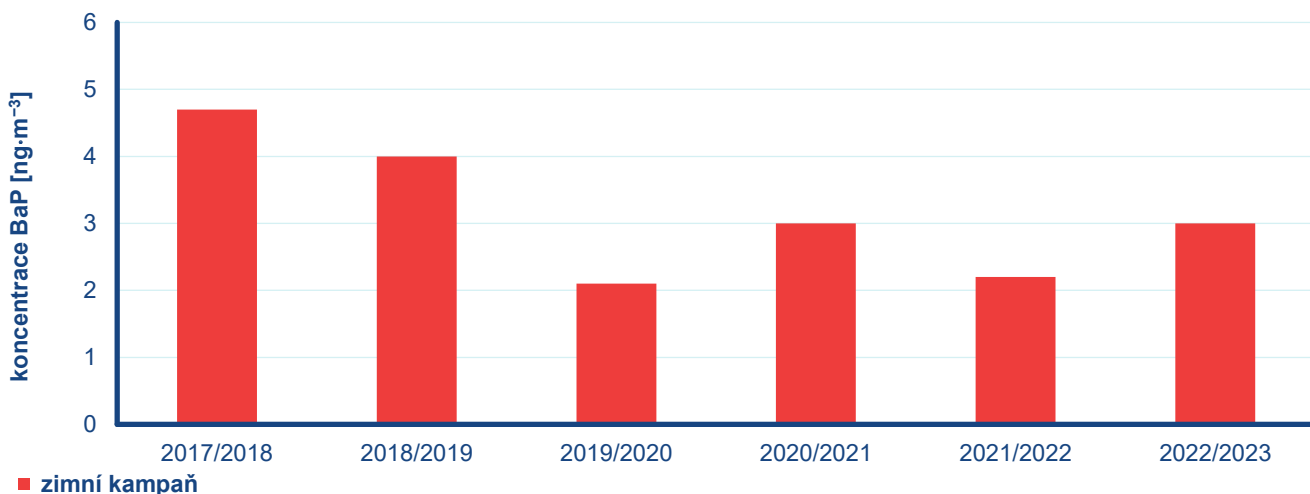
1 Financováno z: TAČR, projekt TITSMZP704, číslo smlouvy 2018007 oblasti V3 Hodnocení účinnosti programů zlepšování kvality ovzduší v malých sídlech, Monitoring kvality ovzduší v rámci specifického cíle 2.1 Operačního programu Životního prostředí a interní projekt ČHMÚ.



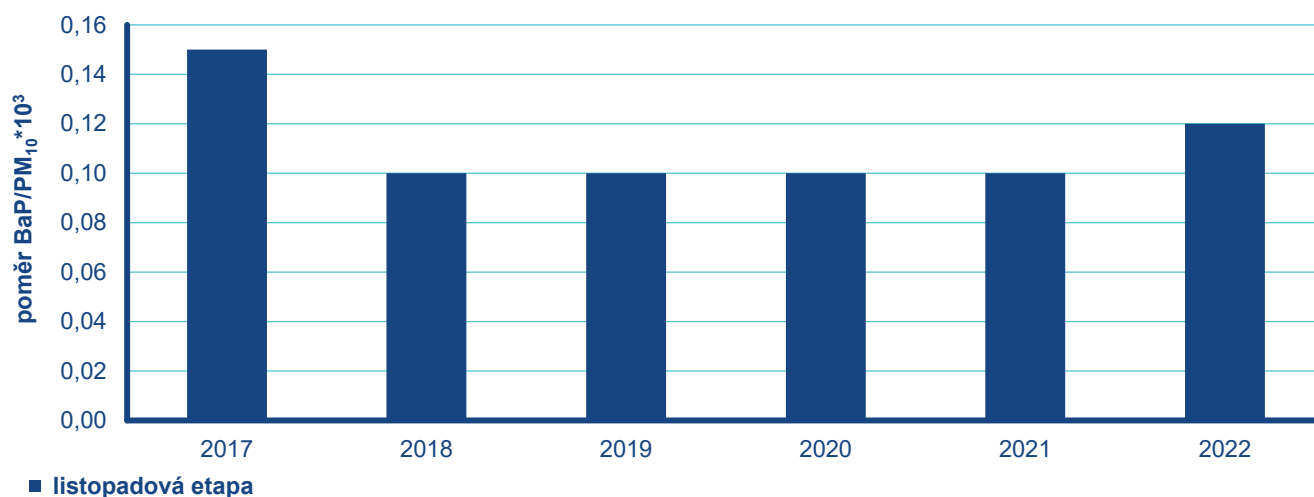
Obr. 5 Průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu vypočítané ze všech osmi lokalit zahrnutých do měřicí kampaně monitoringu kvality ovzduší v malých sídlech v listopadové etapě monitoringu



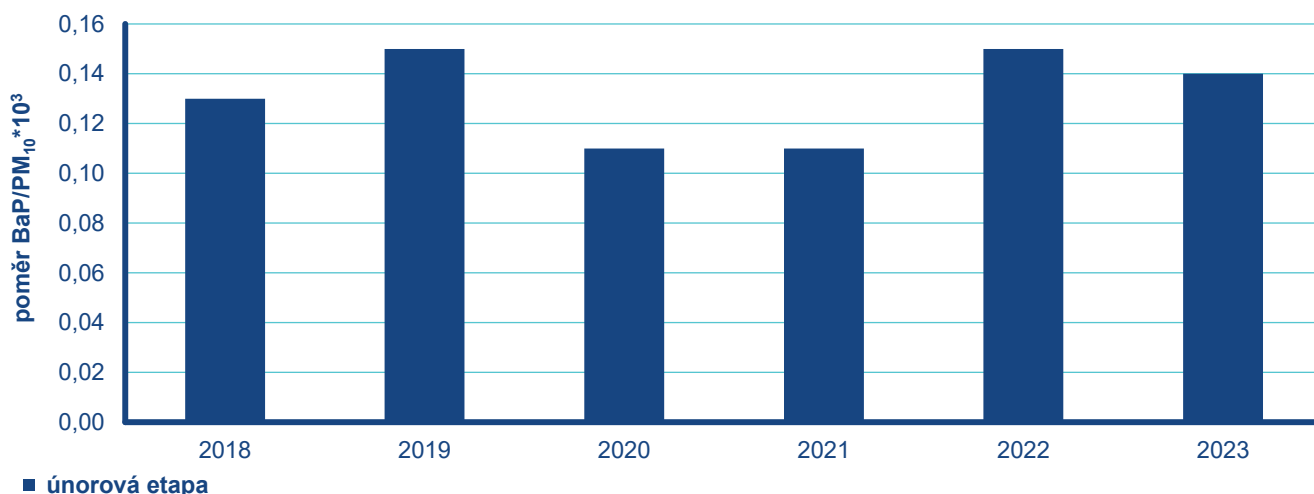
Obr. 6 Průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu vypočítané ze všech osmi lokalit zahrnutých do měřicí kampaně monitoringu kvality ovzduší v malých sídlech v únorové etapě monitoringu



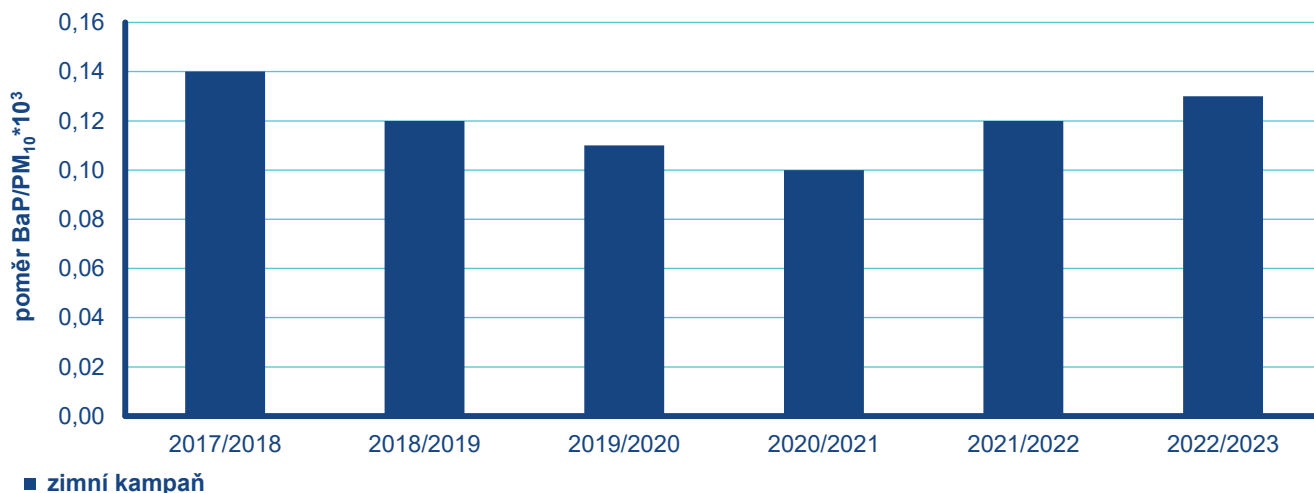
Obr. 7 Průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu vypočítané ze všech osmi lokalit zahrnutých do měřicí kampaně monitoringu kvality ovzduší v malých sídlech jako celkový průměr za obě etapy monitoringu (listopad, únor)



Obr. 8 Průměrný poměr koncentrací BaP/PM₁₀ vypočítaný ze všech 8 lokalit zahrnutých do měřicí kampaně monitoringu kvality ovzduší v malých sídlech v listopadové etapě monitoringu



Obr. 9 Průměrný poměr koncentrací BaP/PM₁₀ vypočítaný ze všech 8 lokalit zahrnutých do měřicí kampaně monitoringu kvality ovzduší v malých sídlech v únorové etapě monitoringu



Obr. 10 Průměrný poměr koncentrací BaP/PM₁₀ vypočítaný ze všech 8 lokalit zahrnutých do měřicí kampaně monitoringu kvality ovzduší v malých sídlech jako celkový průměr za obě etapy monitoringu (listopad, únor)

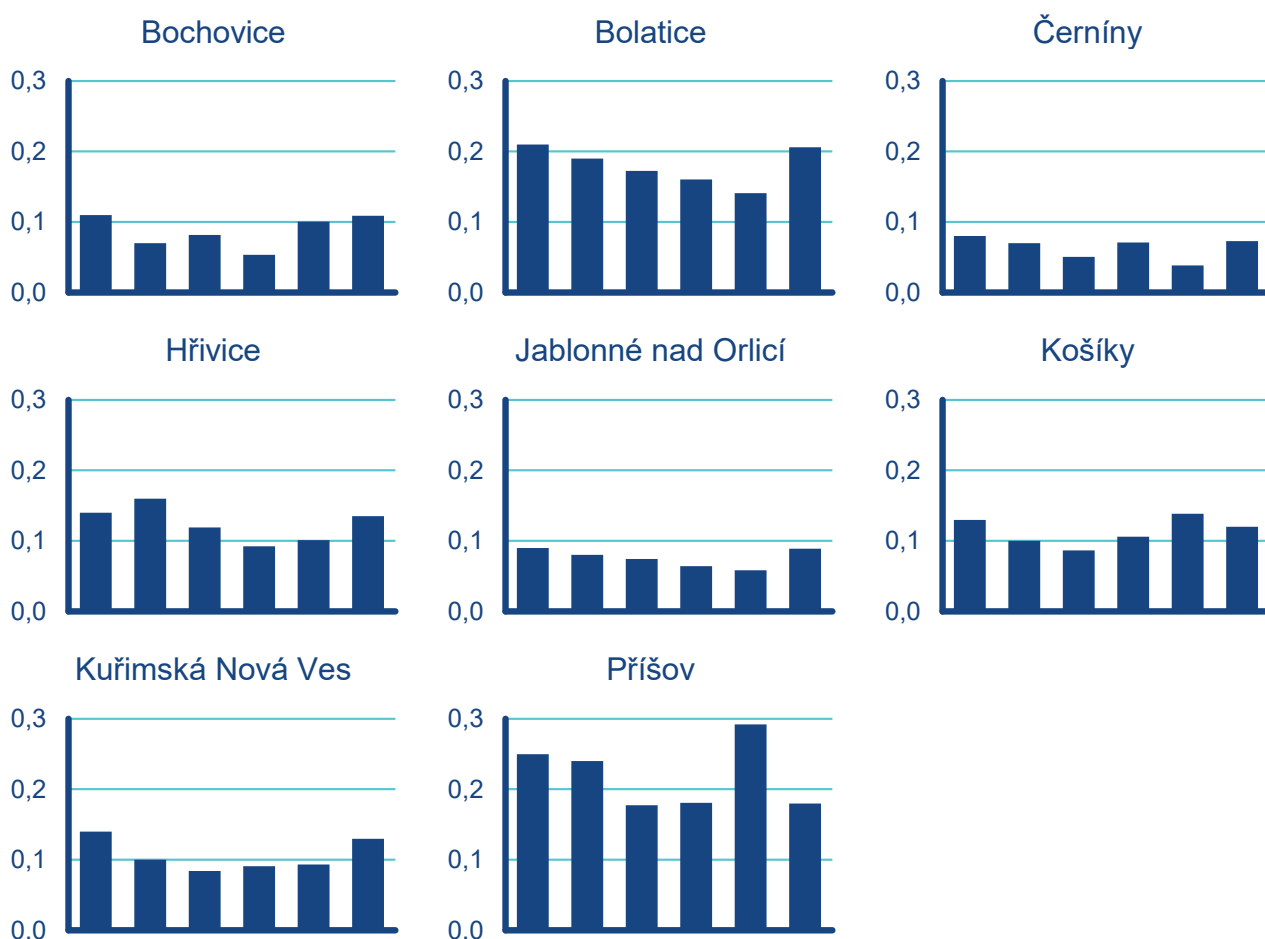
kampaně teplotně i srážkově srovnatelné, pouze rozptylové podmínky byly nepatrně horší v kampani 2020/2021.

Samotné absolutní hodnoty koncentrací benzo[*a*]pyrenu a PM ovlivňují velmi výrazně meteorologické a rozptylové podmínky. Ukazatelem, který je do značné míry neovlivněn meteorologickými podmínkami, je poměr koncentrací benzo[*a*]pyrenu a PM. V tomto případě tedy nehodnotíme samotné koncentrace, ale množství benzo[*a*]pyrenu v částicích. V absolutních číslech hodnota poměru souvisí s převažujícím typem pevného paliva, vyšší hodnoty lze očekávat v místech s vyšším podílem uhlí oproti dřevu. Nárůst hodnot poměru, tj. zvýšení zastoupení benzo[*a*]pyrenu v částicích, ukazuje na změnu skladby vytápění, konkrétně na zhoršení kvality vytápění s vyšší produkcí benzo[*a*]pyrenu. Zhoršená kvalita vytápění však nutně neznamená výrazné zhoršení kvality ovzduší, tj. neodráží celkové množství znečišťujících látek v ovzduší, ale informuje nás o změně zastoupení zdrojů znečišťování. Úroveň znečištění ovzduší je primárně dána množstvím, typem a intenzitou zdrojů znečišťování (např. lokálního vytápění na pevná paliva) v okolí měření a vlivem meteorologických podmínek (teplota vzduchu, rychlost a směr větru, množství srážek atd.). Při posuzování změny kvality ovzduší je tedy potřeba hodnotit koncentrace znečišťujících látek a poměry BaP/PM společně.

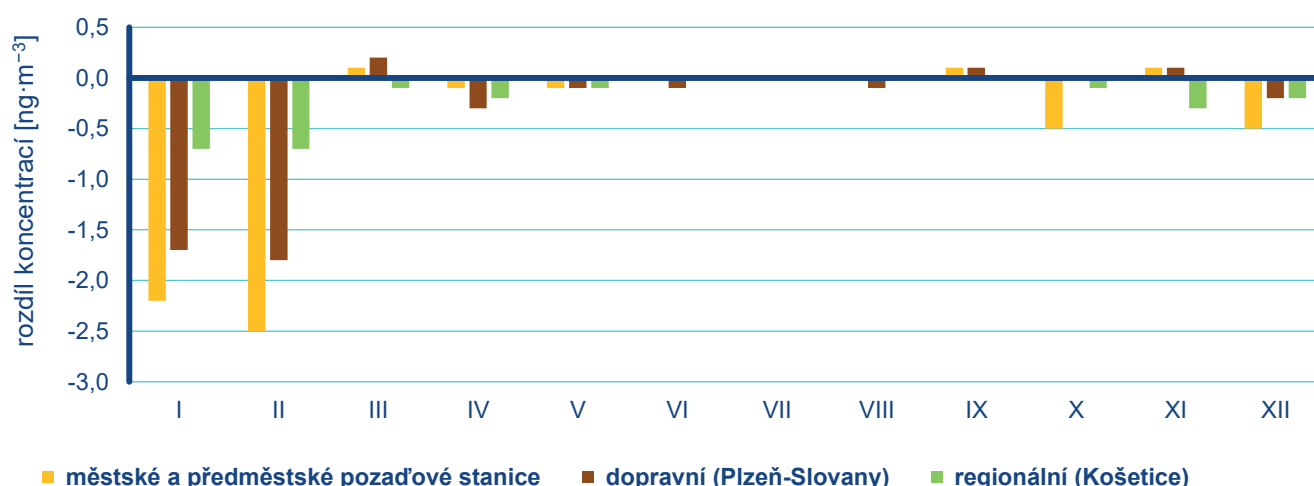
Obr. 8 a Obr. 9 ukazují průměrný poměr koncentrací BaP/PM₁₀ v jednotlivých letech jako průměr ze všech osmi monitorovaných lokalit v průběhu listopadové a únorové etapy monitoringu. Obr. 10 pak představuje souhrnný graf průměrného poměru koncentrací BaP/PM₁₀ ze všech osmi lokalit za obě etapy monitoringu.

Stěžejní získanou informací za prvních pět let měření bylo, že se v letech 2017 až 2021 kvalita ovzduší v těchto obcích zlepšovala a snížil se i obsah benzo[*a*]pyrenu v částicích PM₁₀ ve většině sledovaných obcí. Výraznější zlepšení kvality ovzduší bylo pozorováno zejména v období 2019 až 2021, kdy už se mimo jiné jasně pozitivně projevila obnova kotlů, případně přechod domácností k alternativnímu způsobům vytápění (solární panely, tepelná čerpadla apod.).

Příznivý trend snižování obsahu benzo[*a*]pyrenu v PM se v kampani 2020/2021 zastavil a dosáhl své nejnižší hodnoty (Obr. 10). Růst hodnot poměru BaP/PM₁₀ lze pozorovat od února 2022. V případě poslední hodnocené kampaně 2022/2023 je vidět další nárůst oproti předchozí kampani a je po kampani 2017/2018 z pohledu hodnot poměrů BaP/PM₁₀ druhým nejhorším. Zvýšení hodnot poměru BaP/PM₁₀ v zimě 2022/2023 poukazuje na zhoršenou kvalitu vytápění oproti předchozím čtyřem rokům, tj. při současné energetické krizi na návrat některých domácností k levnějšímu způsobu vytápění. Tyto grafy velmi dobře korelují právě s grafy vývoje ceny elektřiny a zemního plynu (Obr. 1 a 2).



Obr. 11 Průměrný poměr koncentrací BaP/PM₁₀ v jednotlivých lokalitách měřicí kampaně zaměřené na malá sídla. Každý ze sloupců ilustruje průměr z jedné zimní kampaně (listopad + únor), od 2017/2018 do 2022/2023



Obr. 12 Rozdíl v průměrných měsíčních koncentracích benzo[a]pyrenu na různých typech stanic v roce 2022 ve srovnání s 10letým průměrem 2012–2021

Data o koncentracích benzo[a]pyrenu a PM_{10} a jejich vzájemných poměrech z osmi malých sídel za šest let měření ukazují na značné rozdíly v úrovni znečišťujících látek mezi jednotlivými lokalitami. Velké rozdíly mezi jednotlivými lokalitami jsou i v případě meziročních změn úrovní koncentrací znečišťujících látek a jejich poměrů. Je tedy možné, že v některých obcích mohlo dojít v souvislosti s energetickou krizí k výraznějšímu zhoršení či zlepšení kvality ovzduší, než přináší průměrné výsledky z osmi vybraných obcí.

Tento fakt potvrzují i rozdíly v rámci jednotlivých kampaňových lokalit (Obr. 11), výrazněji se lišily jak samotné poměry v absolutních hodnotách, tak celkový trend. Obecně byl poměr nejvyšší v lokalitách Bolatice a Příšov. Absolutní hodnoty poměru ilustrují dlouhodobou kvalitu vytápění v dané obci, vyšší poměry značí horší kvalitu vytápění a vyšší ovlivnění kvality ovzduší v dané lokalitě. Procentuálně nejvyšší nárůst poměru koncentrací BaP/ PM_{10} v poslední hodnocené zimě 2022/23 oproti předchozímu roku byl zaznamenán v obci Černíny (+89,1 %), v absolutních hodnotách v obci Bolatice (+0,07). Měřítka osy Y bylo ve všech případech sjednoceno, aby bylo možné lokality mezi sebou vzájemně snadno porovnávat.

Množství znečištění vznikajícího při vytápění pevnými palivy je možné ovlivnit. Záleží například na typu a kvalitě paliva, typu kotle, způsobu údržby kotle, ale třeba i na teplotě, na kterou je vytápění v místnostech nastaveno a v neposlední řadě zejména na obsluhu zařízení, tedy samotné regulaci spalovacího procesu tím, kdo vytápí. V případě topení dřevem je také důležité, aby bylo dřevo řádně vysušené (6 až 12 měsíců).

Výsledky z dat ze stanice Státní sítě imisního monitoringu

K dispozici jsou kromě dat z měřicí kampaně zaměřené na malá sídla také data ze stanic Státní sítě imisního monitoringu. Předběžná data koncentrací PM_{10} ukázala, že v závěru roku (zejména

v listopadu) 2022 se kvalita ovzduší v porovnání s předchozími čtyřmi roky zhoršila na většině stanic. Z výsledků celoročních dat benzo[a]pyrenu ze stanic Státní sítě imisního monitoringu je vidět, že průměrné měsíční koncentrace benzo[a]pyrenu třikrát během roku nepatrně překročily desetileté průměrné hodnoty (2012–2021), konkrétně v březnu, září a také v listopadu (Obr. 12). V těchto měsících byly vyšší koncentrace spojeny s vyššími emisemi benzo[a]pyrenu z lokálního vytápění oproti předchozímu období. Prosincové koncentrace benzo[a]pyrenu v roce 2022 žádné výrazné navýšení nepotvrdily.

Závěr

Z analýzy naměřených koncentrací znečišťujících látek jejichž významným zdrojem je spalování pevných paliv vyplývá, že u části domácností docházelo ke zhoršení kvality vytápění (tzn. k návratu ke spalování pevných paliv a/nebo ke spalování v méně kvalitním zdroji tepla). Návrat domácností ke spalování pevných paliv však nebyl v takové míře, aby vedl k výraznému zhoršení kvality ovzduší. Pokračující obnova kotlů v domácnostech a přechod řady domácností k alternativnímu způsobu vytápění, které mají pozitivní vliv na kvalitu ovzduší, tak pravděpodobně zmírnily negativní dopad energetické krize na kvalitu ovzduší. K zachování dobré kvality ovzduší přispěly i atypicky příznivé meteorologické podmínky z počátku roku 2022.

Energetický trh zůstává nestabilní, ale aktuální ceny energií naznačují její zlevňování. Pokud by se domácnosti, které v současné době využívají levnější způsob vytápění, vrátily zpět k původnímu kvalitnějšímu zdroji tepla, a zároveň některé domácnosti zůstaly či přešly k obnovitelným zdrojům jejichž využívání energetická krize vyvolala, může ve výsledku dlouhodobě dojít ke zlepšení kvality ovzduší. To bude podpořeno i pokračujícími dotacemi v rámci programu Zelená úsporám a zákazem kotlů emisních tříd I a II od září 2024.

PŘÍLOHA III

Požár v NP České Švýcarsko

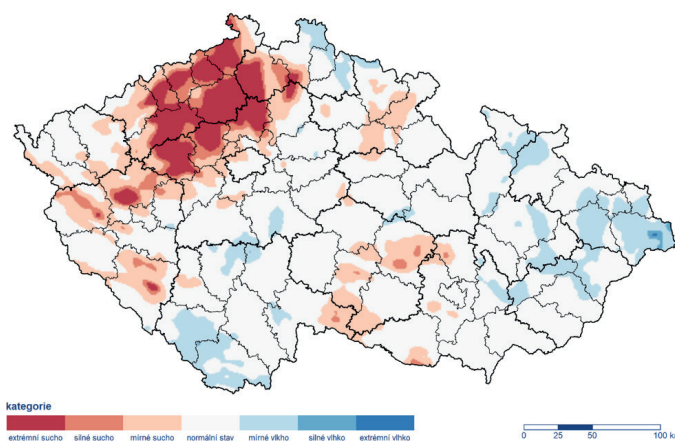
Dne 24. 7. 2022 vznikl v národním parku České Švýcarsko požár, který postupně zasáhl zhruba 1 000 hektarů lesa. Požár byl uhašen až 12. 8. Zvýšené koncentrace suspendovaných částic PM_{10} a $PM_{2,5}$ byly zaznamenány na stanicích sledování kvality venkovního ovzduší a následně na operativních mapách aktuálních koncentrací. Z meteorologického pohledu mělo na vznik a rychlé rozšíření požáru v národním parku vliv především až extrémní sucho způsobené předchozím výskytem vysokých teplot a sucha. Podstatným faktorem pro rozšíření požáru na další nezasazená území byla také změna směru a zesílení větru, zejména při přechodu studené fronty večer 25. 7. (Bauerová a Keder 2022, Možný et al. 2022, Vlasáková 2023)¹.

1. Meteorologické a rozptylové podmínky

Srážkově byl červenec v Ústeckém kraji silně podnormální, za celý měsíc spadlo v průměru jen 32 mm, což je 40 % normálu 1991–2020. Ve srovnání s ostatními kraji v ČR to bylo nejméně ze všech krajů. Již 24. 7., tj. v době těsně před a během vzniku požáru se vyskytovalo na území národního parku mírné až extrémní sucho (Obr. 1), od 25. 7. pak sucho silné až extrémní².

V druhé polovině druhé červencové dekády přecházela přes střední Evropu velmi zvolna k východu rozsáhlá tlaková výše. Po její zadní straně k nám 19. 7. pronikl tropický vzduch od jihu a nejvyšší denní teplota vzduchu vystoupila v Ústeckém kraji ve dvou dnech po sobě na 32 až 37 °C. Dne 21. 7. postoupila od západu nad ČR slábnoucí studená fronta, za kterou se

mírně ochladilo. Během 22. a 23. 7. přecházelo zvlněné frontální rozhraní přes ČR k východu a za ním se 24. 7. rozšířila nad střední Evropu další tlaková výše přecházející jen zvolna k východu. Po její zadní straně k nám 25. 7. vyvrcholil příliv teplého vzduchu s nejvyšší denní teplotou v Ústeckém kraji 32 až 35 °C. Studená fronta přecházela přes Ústecký kraj 25. 7. večer a prakticky nebyla doprovázena srážkami a za níž se slabý jižní vítr změnil na mírný severozápadní. Zesílení větru je patrné na modelu ALADIN ve výškovém profilu 100 m a 1 km (Obr. 2). V dalších dnech se do střední Evropy zvolna rozšiřoval výběžek tlakové výše ze západní Evropy postupující k severovýchodu. Koncem měsíce počasí v ČR ovlivnila oblast nižšího tlaku vzduchu od jihovýchodu, nad Karpaty se vytvořil její střed a postupoval přes Polsko k severu. Do Ústeckého kraje přinesla jen slabé srážky v průměru kolem 3 mm 27. a 29. 7. Prakticky bezsrážková byla i první polovina srpna. Ve dnech 3.–5. 8. přišla s tropickým vzduchem od jihu další velmi horká vlna s odpolední teplotou v kraji 32 až 36 °C.



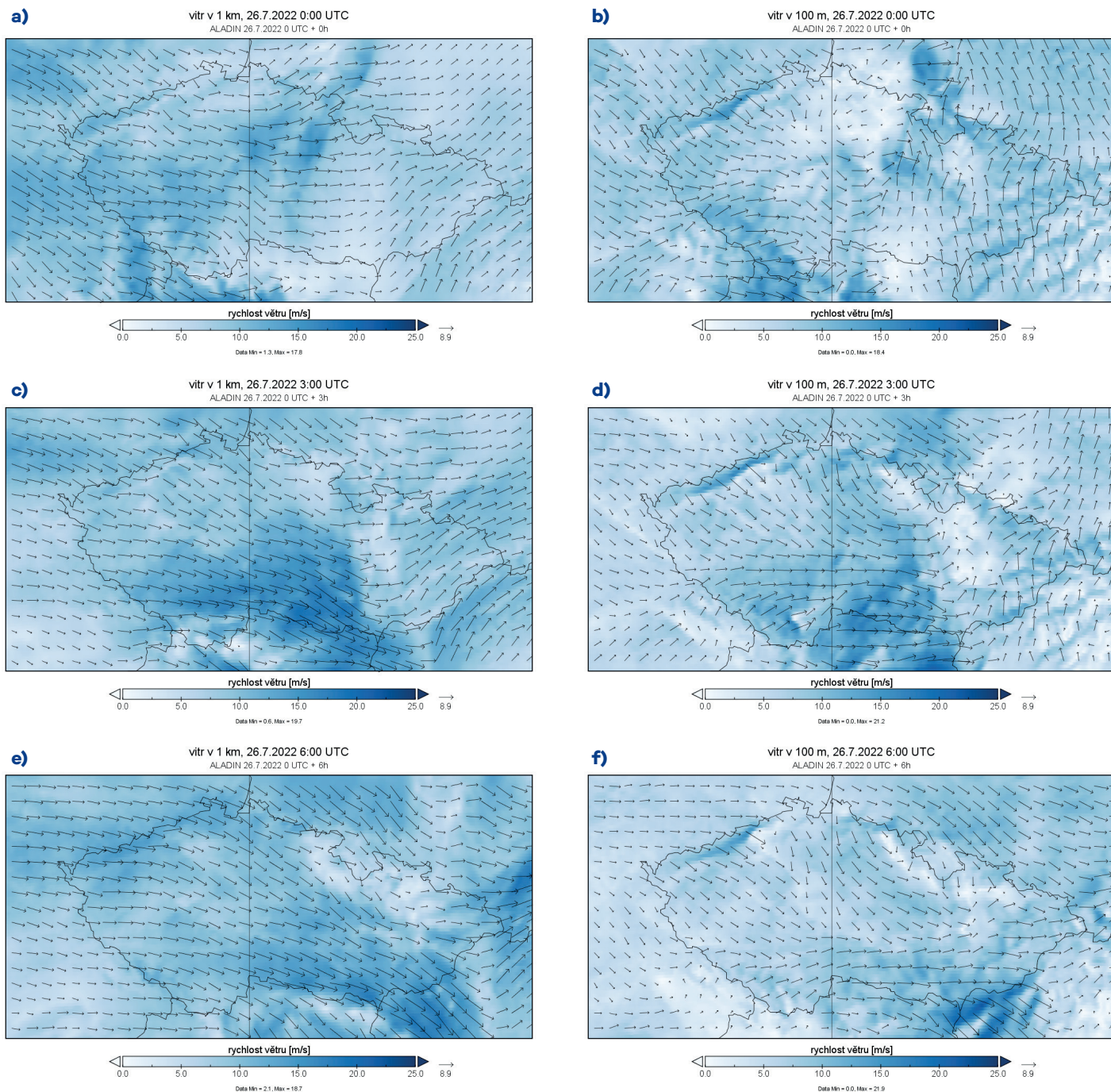
Obr. 1 Stav sucha v ČR dle API30, 24. 7. 2022

1 BAUEROVÁ, P., KEDER, J., 2022. Mapování přenosu aerosolových částic z požáru z Hřenska pomocí distančních optických zařízení i pozemních stanic imisního monitoringu: Tisková zpráva ČHMÚ [online]. [cit. 27. 6. 2023]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2022/2022-08-04_TZ_aerosoly_Hrensko.pdf.

MOŽNÝ, M., OUŠKOVÁ, V., VLACH, V., HÁJKOVÁ, L., 2022. Výjimečný přírodní požár v Národním parku České Švýcarsko v létě 2022. *Meteorologické zprávy*, roč. **75**, č. 5, s.144–150. ISSN 0026–1173.

VLASÁKOVÁ, L., ŠKÁCHOVÁ, H., SCHREIBEROVÁ, M., SEDLÁKOVÁ, K., BRZEZINA, J., 2023 Kvalita ovzduší na území České republiky v roce 2022: Předběžné hodnocení I. část [online]. [cit. 27. 6. 2023]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/mes_zpravy/Rocni_zprava_2022.pdf.

2 Stav sucha je počítán podle indexu předchozích srážek API30, pro každý den jsou porovnávány hodnoty API30 s dlouhodobým průměrem.

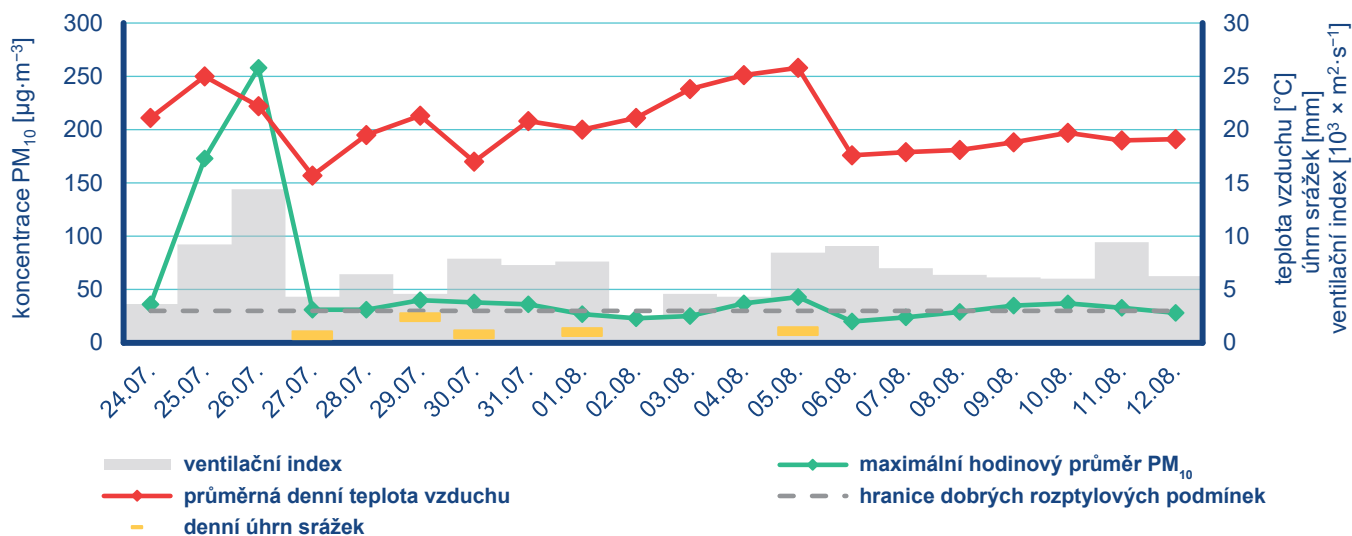


Obr. 2 Pole větru ve 100 m a 1 km (model ALADIN), 26. 7. 2022 00, 03 a 06 UTC

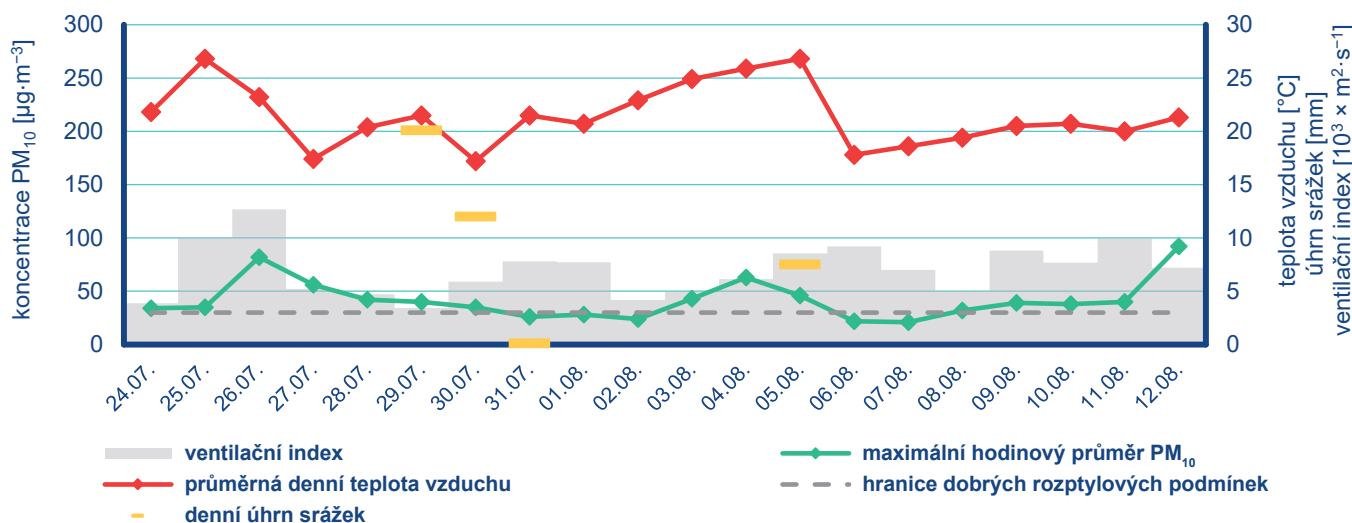
Dalším důležitým, v minulosti s požáry neuvažovaným faktorem, byla vertikální instabilita atmosféry související s atmosférickou situací. Při instabilním zvrstvení dochází k výstupným a sestupným pohybům vzduchu (využívají je např. plachtaři), rozfoukává se vítr a mohou se vyskytovat nárazy větru. Tím dochází k rozdmýchávání požáru a požár se velmi obtížně hasí. Jedním ze způsobů³, jak číselně vyjádřit instabilitu atmosféry a tedy i rozptylové

podmínky, je ventilační index. V době vzniku požáru se hodnoty ventilačního indexu pohybovaly nad hranicí dobrých rozptylových podmínek, což je pro konec července obvyklé. Nicméně ve dnech 25. a 26. 7. hodnotíme rozptylové podmínky jako zlepšené až výrazně lepší, a to přispělo k dalšímu rozšíření požáru a zkomplikování jeho hašení. V těchto dnech byly i přes dobré rozptylové podmínky zaznamenány vyšší koncentrace PM₁₀ (Obr. 3–4).

3 Dalším způsobem hodnocení vertikální instability spolu s vlhkostí vzduchu tzv. Hainesův index, což je považováno za index pravděpodobnosti vzniku a šíření požárů.



Obr. 3 Průměrná denní teplota, denní úhrn srážek, ventilační index a průměrné denní koncentrace PM_{10} na stanici Česká Lípa, 24. 7. – 12. 8. 2022



Obr. 4 Průměrná denní teplota, denní úhrn srážek, ventilační index a průměrné denní koncentrace PM_{10} na stanici Praha-Libuš, 24. 7. – 12. 8. 2022

2. Odhadované emise od 24. do 29. 7.

Podle satelitních odhadů CAMS⁴ se během požáru uvolnilo do ovzduší přibližně 240 t tuhých znečišťujících látek (TZL), z čehož 140 t tvořily částice $\text{PM}_{2,5}$. Údaje z GFED⁵ pak uvádějí 480 t TZL a 350 t $\text{PM}_{2,5}$. CAMS i GFED shodně uvádí, že 80–90 % těchto

emisí připadlo na 25. 7. (od 25. 7. 2 h do 26. 7. 2 h SELČ). Pro srovnání, celorepublikové roční emise $\text{PM}_{2,5}$ se pohybují okolo 35 kt. V uvedený den se tedy na malém prostoru uvolnilo přibližně 1,2–3násobek průměrné denní celorepublikové emise $\text{PM}_{2,5}$. GFED uvádí také odhad množství spálené suché hmoty, a to přibližně 27 kt (Obr. 5). Po 29. 7. již podle satelitních snímků nedocházelo k uvolňování emisí.

4 CAMS global biomass burning emissions based on fire radiative power (GFAS): data documentation. [online]. [cit. 26. 8. 2022]. Dostupné z WWW: <https://confluence.ecmwf.int/display/CKB/CAMS+global+biomass+burning+emissions+based+on+fire+radiative+power+%28GFAS%29%3A+data+documentation>.

5 Global Fire Emissions Database. [online]. [cit. 26. 8. 2022]. Dostupné z WWW: <https://www.globalfiredata.org/>.



Obr. 5 Časový průběh emisí tuhých znečišťujících látek a odhadovaný vznos vlečky během požáru v NP České Švýcarsko (CAMs)

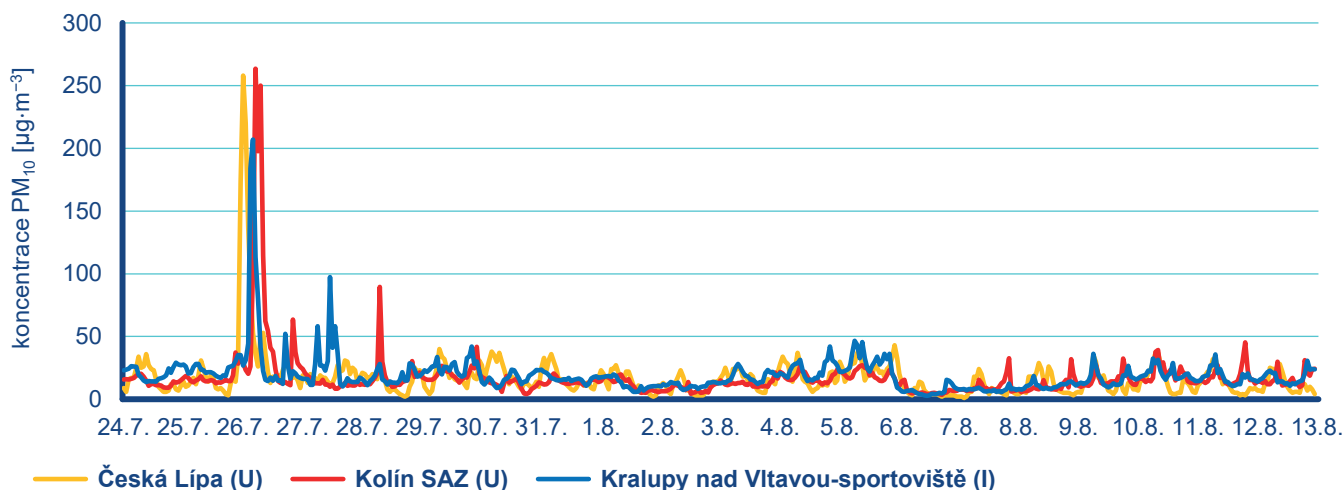
3. Vliv požáru na koncentrace PM₁₀ v ovzduší

Nejvyšší průměrné hodinové koncentrace PM₁₀ byly dosaženy na městské pozadové stanici Česká Lípa (258 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 26. 7. 2022 2 h SELČ) a na městské pozadové stanici Kolín SAZ (264 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 26. 7. 2022 7 h SELČ). Průměrná hodinová koncentrace PM₁₀ vyšší než 200 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byla zaznamenána i na průmyslové stanici Kralupy nad Vltavou-sportoviště (207 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 26. 7. 2022 6 h SELČ). Jak bylo zmíněno výše, na konci července již nebyla, v souvislosti s postupným hašením požáru, zaznamenána tak výrazná emisní zátěž a imisní koncentrace se tak postupně snížily na obvyklé srpnové hodnoty (Obr. 6).

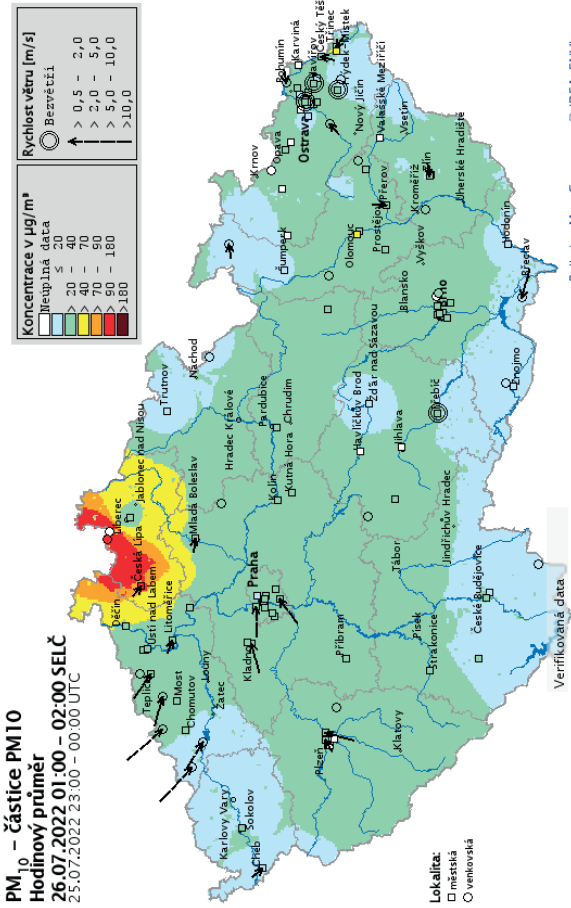
Zvýšené koncentrace suspendovaných částic PM₁₀ byly zaznamenány i stovky kilometrů od místa požáru, a to zejména v prvních dnech po vzniku požáru. Nejvyšší koncentrace PM₁₀ pak byly zaznamenány v noci z 25. na 26. 7. a během dne 26. 7. Na Obr. 7–9 je ukázáno rozložení zvýšených koncentrací v závislosti na směru a rychlosti větru a dalších meteorologických a rozptylových podmínkách. Navýšení koncentrací je vidět ze-

jména na průměrných hodinových koncentracích. Nejvyšší hodinové koncentrace byly zaznamenány v Libereckém, Ústeckém, Středočeském a Pardubickém kraji a v aglomeraci Praha. Časy dosažených maximálních hodinových koncentrací na stanicích imisního monitoringu jsou zobrazeny na Obr. 10. Ovlivnění konkrétní stanice AIM mohlo být, v závislosti na umístění stanice a meteorologických a rozptylových podmínkách, pouze dočasné a zvýšení koncentrací se pak na průměrných denních koncentracích nijak výrazně neprojevovalo.

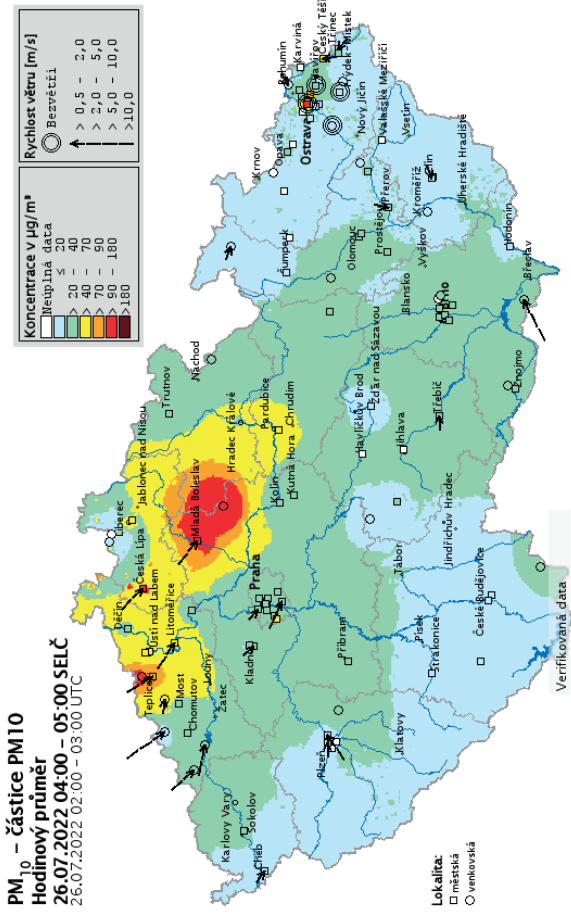
Dne 26. 7. byly na stanici Praha 2-Legerova (hot spot) zaznamenány dvě výrazné špičkové koncentrace v časech 4:00 UTC a 21:00 UTC, které přesáhly hodnotu 180 a 130 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Obr. 11). Na obrázku jsou rovněž znázorněny průběhy podílů jemné frakce PM_{2.5} a hrubé frakce PM_{10-2.5} na hmotnostní koncentraci PM₁₀. Je vidět, že v době výskytu koncentračních špiček je frakce PM₁₀ převážně tvořena zdravotně škodlivou jemnou frakcí PM_{2.5}, což je pro spalinové produkty z lesních požárů typické. Na Obr. 12 je znázorněno rozdělení počtu částic podle jejich průměru. V časech 4:00 UTC a 21:00 UTC, které odpovídají koncentračním špičkám PM₁₀, došlo k výraznému navýšení počtu částic. Jejich průměr byl menší než 1 μm , mohly tudíž pronikat do dolních částí dýchacího traktu a způsobit zdravotní potíže.



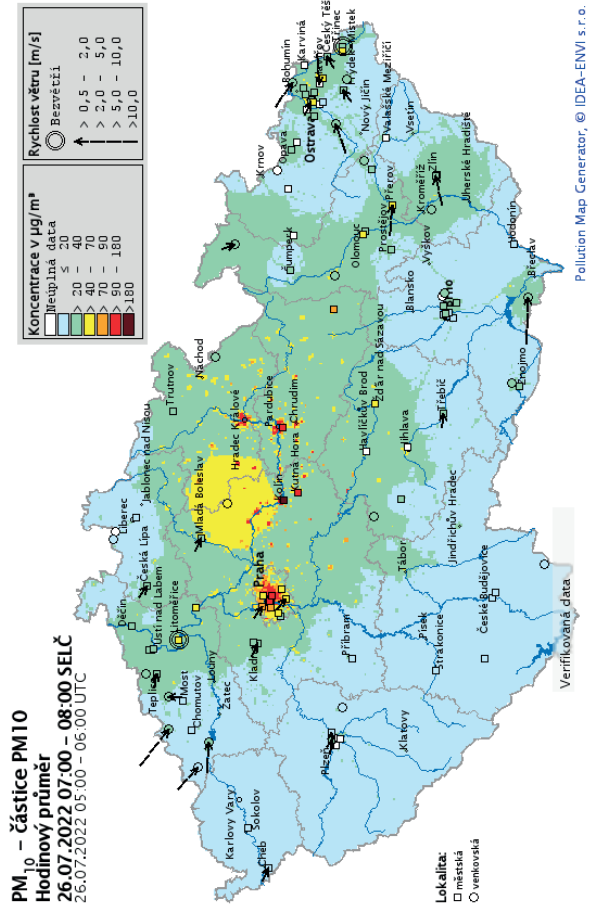
Obr. 6 Průběh hodinových koncentrací suspendovaných částic PM₁₀ na stanicích Česká Lípa, Kralupy nad Vltavou-sportoviště a Kolín SAZ ve dnech 24. 7. – 12. 8. 2022



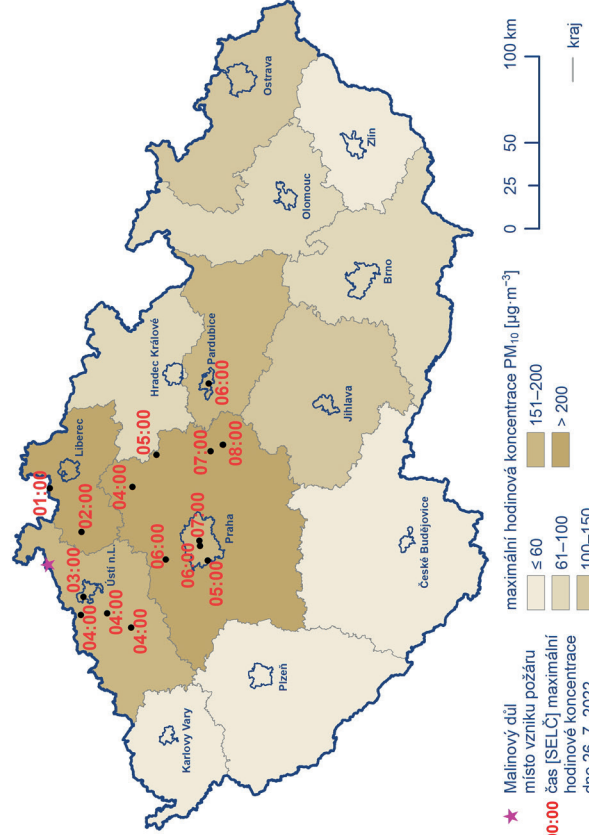
Obr. 7 Rozložení průměrných hodinových koncentrací PM₁₀ 26. 7. 2022 1–2 h SELČ



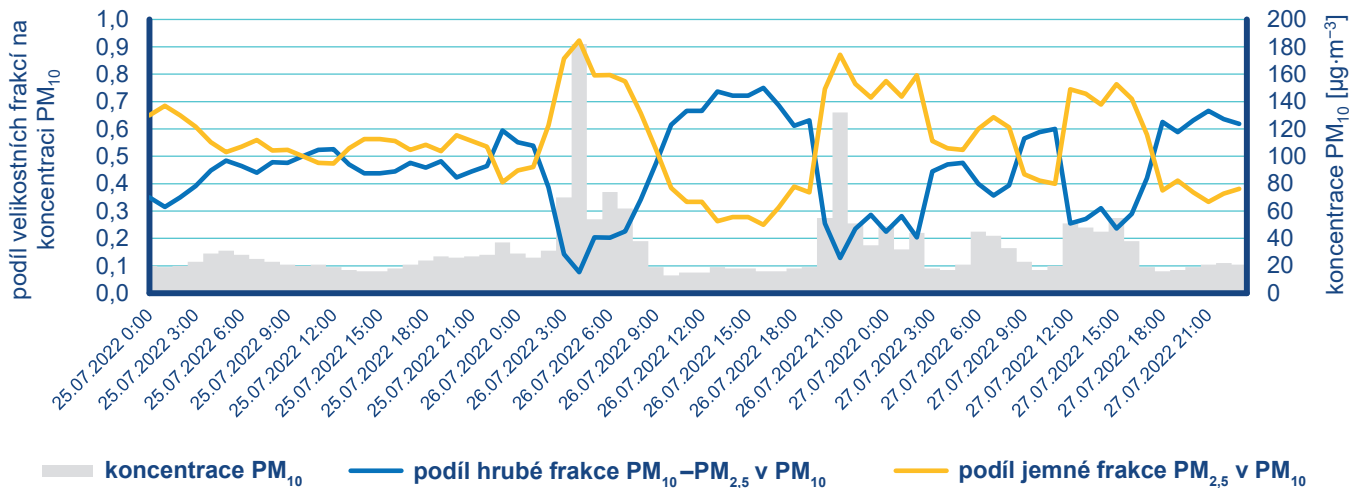
Obr. 8 Rozložení průměrných hodinových koncentrací PM₁₀ 26. 7. 2022 4–5 h SELČ



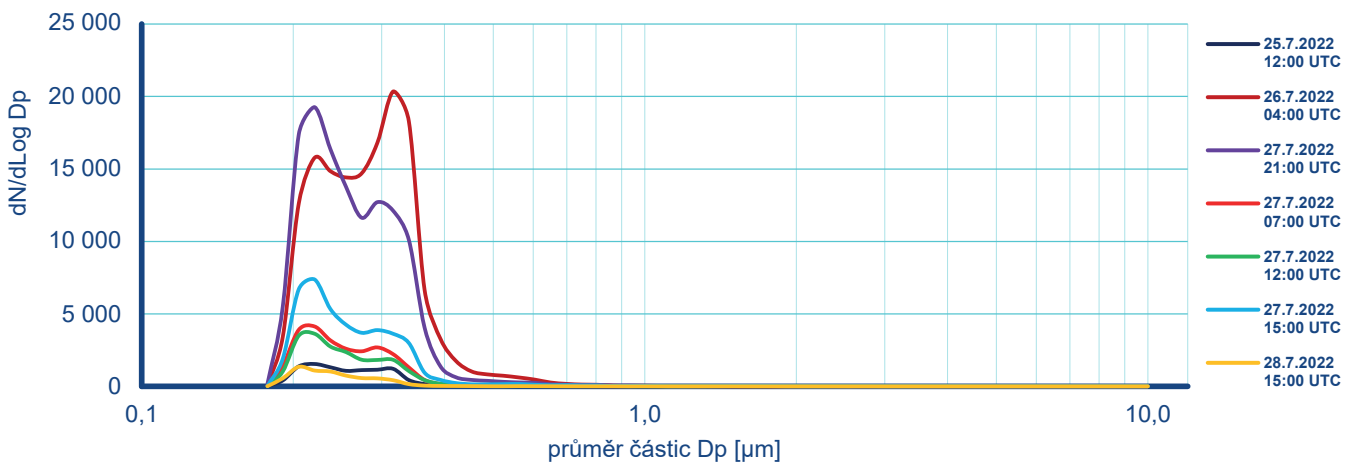
Obr. 9 Rozložení průměrných hodinových koncentrací PM₁₀ 26. 7. 2022 7–8 h SELČ



Obr. 10 Maximální hodinové koncentrace PM₁₀ vyšší než 100 µg·m⁻³ na stanicích imisního monitoringu, 26. 7. 2022



Obr. 11 Změny hmotnostní koncentrace frakce PM_{10} a podílu hrubé a jemné frakce částic v hmotnostní koncentraci PM_{10} na stanici Praha 2-Legerova (hot spot) ve dnech 25.–27. 7. 2022



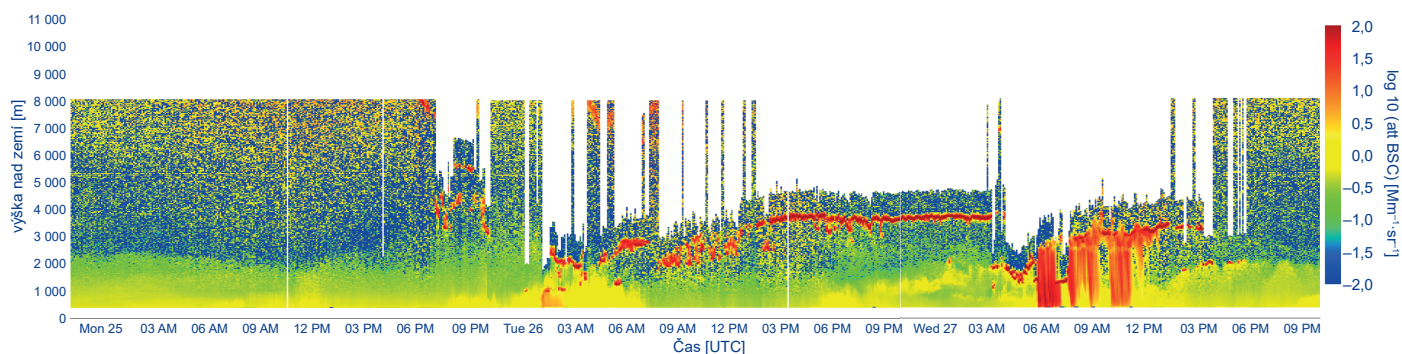
Obr. 12 Změny rozdělení počtu částic podle velikosti na stanici Praha 2-Legerova (hot spot) ve dnech 25.–28. 7. 2022

Přenos aerosolových částic emitovaných z lesního požáru do ovzduší byl sledován i pomocí sítě distančních optických zařízení (LIDAR), tzv. ceilometrů. Tato zařízení měří vertikální dohlednost a výšku základen oblačnosti na principu pulzního vysílání a příjmu zpětně rozptýleného světla až do výšek 7,5 km (typ zařízení Vaisala CL31) nebo 12 km (typ zařízení Vaisala CL51) nad zemským povrchem. Transport kouřové vlnky byl v tomto případě zaznamenán na několika stanicích v ČR ve dnech 25. až 27. 7. 2022, a to ve vrstvě dosahující výšky 1 až 2 km nad zemským povrchem. Časový průběh záznamů aerosolu na těchto zařízeních pak odpovídal časovému průběhu nejvyšších hodinových koncentrací PM_{10} naměřených na různých stanicích imisního monitoringu dne 26. 7. 2022. Na Obr. 13–14 jsou uvedeny příklady vertikálních profilů z vybraných stanic Ústí nad Labem a Praha-Libuš⁶. Transportované znečištění aerosolovými částicemi v ovzduší je na profilových obrázcích patrné ze zvýšených hodnot koeficientu

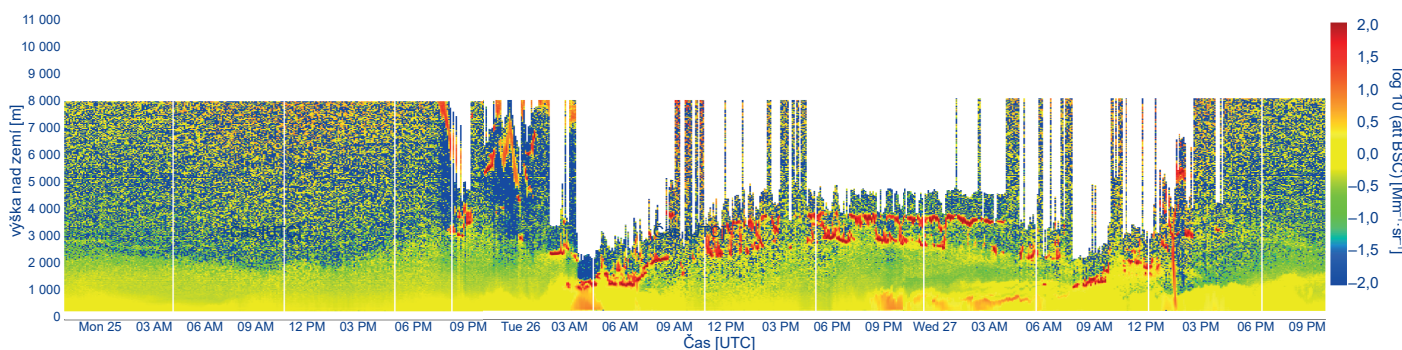
intenzity zpětně rozptýleného světla (v rozmezí zhruba 0,3 až 1,3 \log_{10} [$Mm^{-1}\cdot sr^{-1}$]; tj. oranžová až světle červená barva v profilu) zejména v čase 0:00 až 5:00 UTC, na stanici Praha-Libuš pak i ve večerních hodinách 21:00 až 23:00 UTC.

V obdobných časech bylo na výše uvedených stanicích rovněž zaznamenáno dočasné výrazné snížení horizontální dohlednosti (Obr. 15). V nočních hodinách 21:00 až 4:00 UTC byla horizontální dohlednost zaznamenávána automatickým měřicím zařízením (typ Vaisala PWD22) a v období 5:00 až 20:00 UTC byla dohlednost korigována pozorovatelem meteorologem na dané stanici.

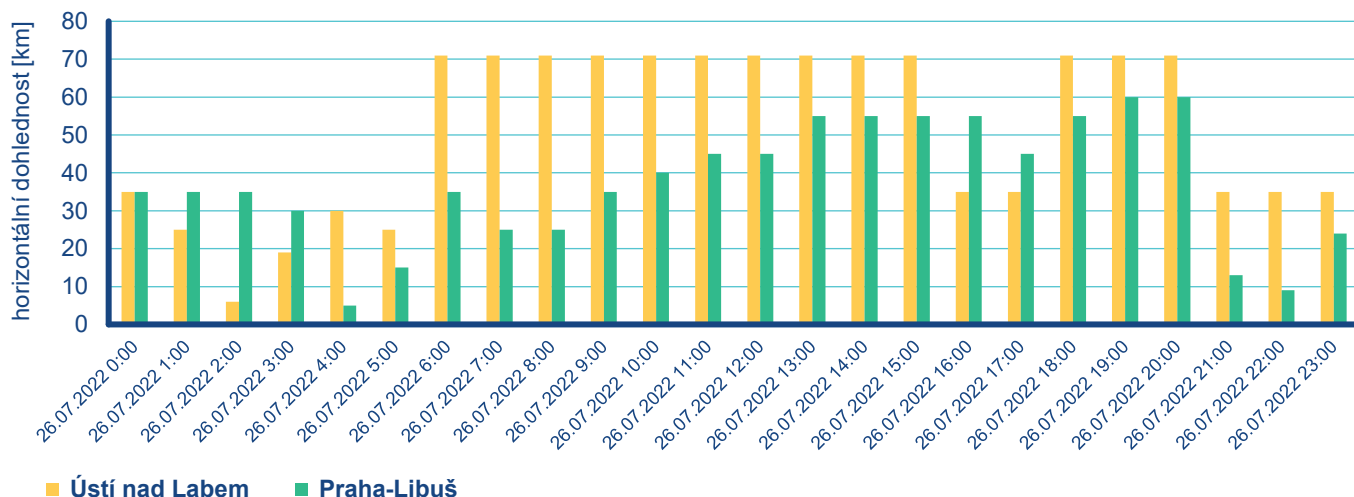
6 Grafické zobrazení profilových měření ceilometry v rámci programu EUMETNET E-PROFILE. [online]. [cit. 28. 6. 2023]. Dostupné z WWW: https://e-profile.eu/#/cm_profile.



Obr. 13 Aerosolové částice (oranžovo-červená barva) zaznamenané dne 26. 7. 2022 v proflech zpětné odrazivosti ve výškovém profilu do 1 km nad zemí na ceilometru na stanici Ústí nad Labem mezi 1:00 až 3:00 UTC ranní



Obr. 14 Aerosolové částice (oranžovo-červená barva) zaznamenané dne 26. 7. 2022 v proflech zpětné odrazivosti ve výškovém profilu do 1 km nad zemí na ceilometru na stanici Praha-Libuš mezi 3:00 až 5:00 UTC ranní a mezi 20:00 až 23:00 UTC večerní



Obr. 15 Horizontální dohlednost naměřená na stanicích Ústí nad Labem a Praha-Libuš, 26. 7. 2022

Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2022

Vydalo nakladatelství Český hydrometeorologický ústav

Sazba a DTP: Petra Tichá

Fotografie na obálce: Adobe Stock

Praha 2023, 1. vydání, 182 stran

ISBN 978-80-7653-060-7 (pdf)