

2023

SPRÁVA O KVALITE OVZDUŠIA V SLOVENSKEJ REPUBLIKE



Odbor Monitorovanie kvality ovzdušia
SLOVENSÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV

Bratislava, jún 2024
Verzia 1

Materiál vypracoval:

Slovenský hydrometeorologický ústav
Úsek Kvalita ovzdušia
Jeséniova 17, 833 15 Bratislava

Zodpovedný: M. Kremler

Koordinácia: M. Mladý

Redaktori: P. Tonhauzer, M. Kremler, M. Mladý

***Grafická úprava
a spracovanie:*** K. Pukančíková

Autori:

- Predhovor - D. Štefánik
- 1. kapitola - J. Matejovičová, D. Štefánik, J. Krajčovičová, M. Mladý, J. Jagnešáková
- 2. kapitola - B. Paveleková, J. Matejovičová, V. Mináriková, M. Mladý, J. Jagnešáková
- 3. kapitola - B. Paveleková, J. Matejovičová, V. Mináriková, J. Jagnešáková
- 4. kapitola - D. Štefánik, J. Beňo, J. Krajčovičová, J. Matejovičová
- 5. kapitola - J. Krajčovičová, J. Matejovičová, D. Štefánik, J. Beňo
- Prílohy - L. Čaracký, V. Mináriková, J. Matejovičová, M. Mladý, J. Beňo, D. Štefánik,
J. Krajčovičová, K. Belohorcová, P. Ševčíková

Analýzy vzoriek ovzdušia a atmosférických zrážok boli realizované v Skúšobnom laboratóriu SHMÚ.

Text neprešiel jazykovou korektúrou.

OBSAH

PREDHOVOR	5
ZHRNUTIE PRE LAICKÚ VEREJNOSŤ	7
1 POPIS ÚZEMIA SR Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA	13
1.1 Rozdelenie územia do aglomerácií a zón v roku 2023	14
2 MONITOROVACIA SIEŤ KVALITY OVZDUŠIA	17
2.1 Zhodnotenie rozsahu monitorovania pre jednotlivé znečisťujúce látky	21
3 ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V AGLOMERÁCIÁCH A ZÓNACH SLOVENSKA	25
3.1 Úvod	25
3.2 Kritériá na hodnotenie kvality ovzdušia	25
3.3 Výsledky monitorovania kvality ovzdušia - lokálne znečistenie ovzdušia	28
3.4 Regionálny monitoring	45
4 VÝSLEDKY MATEMATICKÉHO MODELOVANIA KVALITY OVZDUŠIA	51
4.1 Stručná charakteristika použitých modelov	51
4.2 Výsledky a výstupy	52
4.3 Záver	60
5 HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA – ZÁVER	63
5.1 Návrh vymedzenia oblastí riadenia kvality ovzdušia v roku 2023	63
5.2 Zhrnutie	64
SKRATKY	65
ZOZNAM PRÍLOH	67

PREDHOVOR

Každý človek vdýchne približne 14 kg vzduchu denne, pričom vypije len 2 kg vody a skonzumuje 1,5 kg potravín. Už len z tohto faktu je zrejmé, že kvalita ovzdušia je jedným z faktorov, ktorý výrazne ovplyvňuje ľudské zdravie. Okrem toho výrazne vplýva aj na stav ekosystémov. Kvalita ovzdušia sa posudzuje pomocou koncentrácií vybraných znečisťujúcich látok v ovzduší. Výskumy ukazujú, že nepriaznivé účinky na zdravie sú spôsobené nielen krátkou silnou expozíciou znečisťujúcich látok v prostredí, ale aj dlhodobým vystavovaním sa človeka zhoršenej kvalite ovzdušia.

Rovnako ako mnohé iné procesy v atmosfére, aj kvalita ovzdušia je veľmi premenlivá v čase a priestore. Je takmer nemožné monitorovať lokálnu a krátkodobu zhoršenú kvalitu ovzdušia, ktorej sú ľudia často vystavovaní. Jednotlivci sa musia sami vyhýbať lokálnym a náhodným javom, ktoré majú negatívny vplyv na kvalitu ovzdušia, a teda aj na ich zdravie. Vyhýbanie sa fajčeniu a zafajčeným miestnostiam, používanie respirátorov pri búracích prácach, obmedzovanie opekania na otvorenom ohni a používanie suchého kvalitného paliva či nezdržiavanie sa v tesnej blízkosti výfukov automobilov – to je len zopár príkladov, ktoré by sme mali dodržiavať.

Kvalita ovzdušia môže byť zhoršená v životnom prostredí aj v širšom rozsahu – napríklad na uliciach, v obciach a regiónoch vplyvom zdrojov, ktoré sú pomerne stále (priemyselné zdroje), periodicky sa opakujúce (doprava), alebo podmienené teplotou (lokálne kúreniská). Na rozdiel od náhodných, lokálnych a krátkodobých javov, kvalitu ovzdušia v týchto prípadoch je možné posudzovať na základe monitoringu zo siete staníc, ktoré merajú koncentrácie znečisťujúcich látok v ovzduší. Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ) prevádzkuje Národnú monitorovaciu sieť kvality ovzdušia pozostávajúcu z 52 stacionárnych staníc, na ktorých sa merajú veľmi presnými metódami koncentrácie základných znečisťujúcich látok ako ozón, PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, SO₂, CO, benzén, ťažké kovy a benzo(a)pyrén. Takýto monitoring je veľmi potrebný pre poznanie aktuálneho stavu kvality ovzdušia, pre získanie trendov a pre tvorbu politík a opatrení na zlepšenie kvality ovzdušia. V oblastiach, ktoré SHMÚ nepokrýva monitorovacími stanicami, sa kvalita ovzdušia posudzuje prostredníctvom numerického modelovania na vysokovýkonnom superpočítači.

Predložená ročná Správa o kvalite ovzdušia v SR obsahuje v prehľadnej a ucelenej štruktúre výsledky monitorovania a modelovania kvality ovzdušia a návrh na vymedzenie oblastí riadenia kvality ovzdušia v roku 2024. Rovnako ako v posledných rokoch, ostávajú na Slovensku najväčším problémom najmä vysoké koncentrácie prachových častíc PM₁₀, PM_{2,5} a benzo(a)pyrénu spôsobené lokálnym vykurovaním v zimnom období. V letnom období sa na niektorých lokalitách vyskytujú zvýšené koncentrácie ozónu a prekročenia cieľových hodnôt.

Správa o kvalite ovzdušia v SR je jedným z výsledkov systematickej a odbornej práce všetkých pracovníkov úseku Kvalita ovzdušia SHMÚ – jediného expertného pracoviska na Slovensku, na ktorom spolu pôsobia odborníci na monitoring, modelovanie a chemické analýzy znečisťujúcich látok v ovzduší.

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky Zákonom č. 146/2023 Z. z. o ochrane ovzdušia a o zmene a doplnení niektorých zákonov, s cieľom zabezpečiť informovanie verejnosti o kvalite ovzdušia, poverilo Slovenský hydrometeorologický ústav vypracovaním a zverejnením:

- správy o hodnotení kvality ovzdušia v Slovenskej republike;
- informácií o kvalite ovzdušia.

Touto správou Slovenský hydrometeorologický ústav, ako poverená organizácia, plní povinnosti vyplývajúce z §14 odseku (1) písmena e) citovaného zákona a predkladá laickej aj odbornej verejnosti správu, ktorá obsahuje všetky náležitosti tak, ako to vyžaduje Zákon č. 146/2023 Z. z. o ochrane ovzdušia a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

ZHRNUTIE PRE LAICKÚ VEREJNOSŤ

Emisie vypúšťané do ovzdušia z rôznych zdrojov sa v atmosfére rozptyľujú a môžu sa prenášať vetrom na veľké vzdialenosti. Pri tomto prenose podliehajú chemickým premenám a pôsobením gravitačnej sily postupne sedimentujú na zemský povrch, či vegetáciu, alebo sú vymývané dažďom či snežením. Na monitorovacích staniciach zaznamenávame koncentrácie znečisťujúcich látok, ktoré charakterizujú kvalitu ovzdušia v danej lokalite. Meranie koncentrácií týchto látok v ovzduší uskutočňuje Slovenský hydrometeorologický ústav na staniciach Národnej monitorovacej siete kvality ovzdušia (NMSKO). Na **Obr. 1** sú zobrazené tri základné typy automatických monitorovacích staníc (AMS) – mestská dopravná, mestská pozad'ová a vidiecka (regionálna) pozad'ová stanica. Na niekoľkých AMS sa monitoruje aj kvalita zrážok. V oblastiach, kde sa nenachádzajú monitorovacie stanice, sa používa na určenie koncentrácií znečisťujúcich látok v atmosfére matematické modelovanie.



AMS Nitra, Štúrova

- mestská dopravná stanica
- monitoruje znečistenie ovzdušia v meste v blízkosti frekventovanej cesty



AMS Bratislava, Mamatayova

- mestská pozad'ová stanica
- monitoruje znečistenie ovzdušia v mestskom pozadí

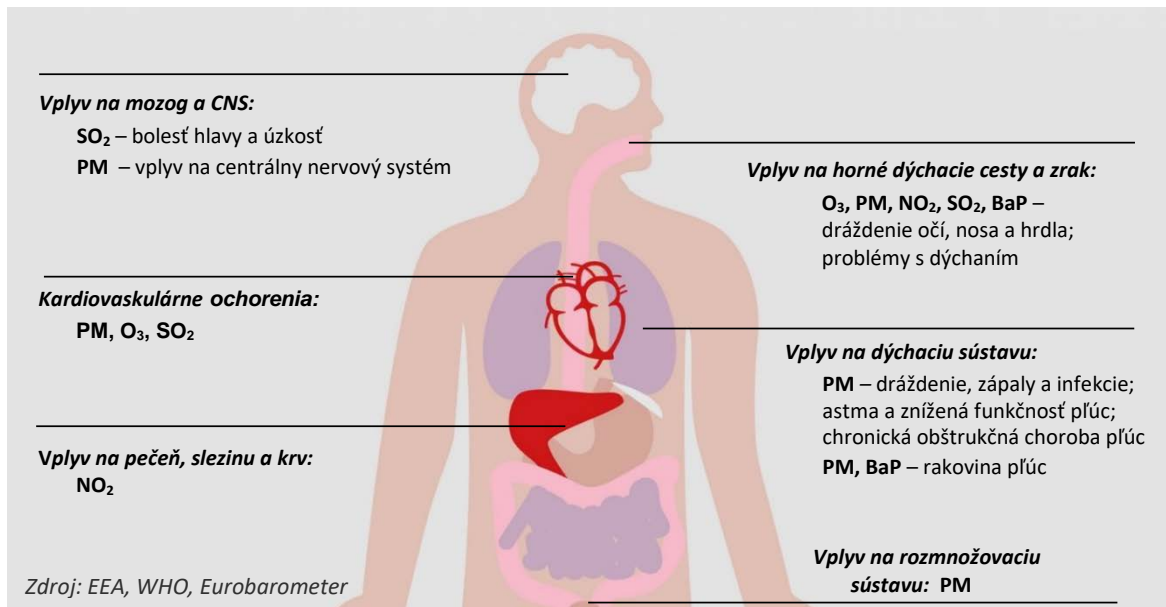


AMS Stará Lesná, EMEP

- vidiecka (regionálna) pozad'ová stanica
- monitoruje znečistenie ovzdušia vo voľnej prírode

Väčšina znečisťujúcich látok v ovzduší má nepriaznivé účinky na ľudské zdravie a vegetáciu, niektoré vstupujú do chemických reakcií, pri ktorých vznikajú iné toxické látky a je preto potrebné pravidelne merať ich koncentrácie v atmosfére. Jej znečistenie neovplyvňuje na všetkých ľudí rovnako – medzi citlivé skupiny obyvateľstva patria starí a chorí ľudia, tehotné ženy a malé deti (**Obr. 2**).

Obr. 2 Vplyv znečistenia ovzdušia na ľudské zdravie.



Dôležitým cieľom monitoringu a modelovania kvality ovzdušia je takisto snaha o porozumenie procesom, ktoré prebiehajú v atmosfére – svoju úlohu tu zohrávajú charakteristiky zdrojov znečisťovania (napr. výšky komínov), vlastnosti spalín (napríklad ich teplota a rýchlosť) ako aj meteorologické podmienky (vietor, zrážky, teplotné zvrstvenie) či vlastnosti okolitého terénu.

Slovenská legislatíva, legislatíva EÚ a Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) stanovujú limitné, cieľové a odporúčané hodnoty pre koncentrácie znečisťujúcich látok v ovzduší s cieľom chrániť ľudské zdravie pred dlhodobým pôsobením znečistenia ovzdušia. Stručná charakteristika znečisťujúcich látok:

PM₁₀, PM_{2,5}	sú drobné častice alebo kvapôčky s aerodynamickým priemerom menším ako 10 µm, resp. 2,5 µm. Označenie PM pochádza z anglického <i>particulate matter</i> , zahŕňa však tuhú aj kvapalnú fázu. PM _{2,5} sa nazýva jemnou veľkostnou frakciou. PM rozptýlené v ovzduší tvoria atmosférický aerosól.
Zdravotné účinky	Čím sú častice menšie, tým hlbšie prenikajú do dýchacej sústavy. Zdravotné účinky závisia nielen od veľkosti, ale aj od chemického zloženia častíc. Dlhodobá expozícia môže mať negatívne účinky na dýchací a kardiovaskulárny systém.
Hlavné zdroje	Častice PM ₁₀ , resp. PM _{2,5} sú rôznorodého zloženia a pôvodu, ako prírodného, tak antropogénneho (podmierneného alebo vyvolaného činnosťou človeka). Najvýznamnejším zdrojom emisií PM je vykurovanie domácností tuhým palivom, vysoké koncentrácie môžu byť namerané pri frekventovaných cestných úsekoch a parkoviskách, lokálne sa môže prejavovať vplyv veľkých priemyselných zdrojov. Vykurovanie tuhým palivom je závažným problémom, ktorý často komplikujú nepriaznivé rozptylové podmienky s častým výskytom teplotných inverzií v horských údoliach.

Benzo(a)pyrén (BaP)	patrí do skupiny polycyklických aromatických uhľovodíkov. Vzniká pri nedokonalom spaľovaní, je súčasťou jemnej frakcie atmosférického aerosólu. Významným zdrojom expozície obyvateľstva je aj fajčenie.
<i>Zdravotné účinky</i>	Benzo(a)pyrén má karcinogénne a mutagénne účinky.
<i>Hlavné zdroje</i>	Najvýznamnejším zdrojom emisií BaP je vykurovanie domácností tuhým palivom (viď PM), ďalej cestná doprava; z veľkých zdrojov znečisťovania benzo(a)pyrénom je významná výroba koksu.
Ozón (O₃)	je trojatómová molekula kyslíka. Kým stratosférický ozón plní dôležitú úlohu ochrany pred škodlivým ultrafialovým žiarením slnka, troposférický (prízemný) ozón má nepriaznivý vplyv na ľudské zdravie, vegetáciu, architektonické stavby, a preto je zaradený medzi znečisťujúce látky.
<i>Zdravotné účinky</i>	Môže spôsobiť dráždenie očí, dýchacie ťažkosti, pri dlhodobej expozícii môže viesť k zápalovým ochoreniam dýchacích ciest a pri vysokých koncentráciách aj k chronickej obštrukčnej chorobe pľúc.
<i>Hlavné zdroje</i>	Ozón v atmosfére vzniká pri fotochemických reakciách z prekursorov, ktorými sú oxidy dusíka, CO a prchavé organické uhľovodíky. Prenos z vyšších vrstiev atmosféry je významný najmä vo vyšších horských polohách.
Ťažké kovy	Definícia tejto skupiny látok v kontexte ochrany životného prostredia vychádza tradične z hustoty látky a z vplyvu na živé organizmy, preto sa tu objavuje aj polokovový prvok, ako je arzén. V ovzduší sa merajú koncentrácie olova, kadmia, niklu, arzénu, v poslednom období pribudla ortuť. Na vidieckych (regionálnych) požadových monitorovacích staniciach (tie merajú znečistenie ovzdušia vo voľnej prírode) sa venuje pozornosť širšiemu radu kovov, ktoré sa monitorujú vo vzduchu aj v zrážkach. Ťažké kovy sú prevažne súčasťou jemnej veľkostnej frakcie atmosférického aerosólu.
<i>Zdravotné účinky</i>	Najvýznamnejšou cestou, akou sa ťažké kovy môžu dostať do organizmu, je príjem potravy, vdychnutie je menej významnou cestou expozície. Arzén v organizmoch metabolizuje na toxické zlúčeniny, ktoré môžu spôsobovať nevoľnosť, hnačky, ochrnutie až zástavu srdca. Kadmium a nikel môžu mať karcinogénne účinky, olovo môže pri dlhodobej expozícii u detí spôsobovať oneskorenie vývinu. Ortuť má schopnosť bioakumulácie, jej toxické prejavy môžu viesť k poškodeniu nervovej sústavy, zlúčeniny ortuti môžu spôsobovať ochorenie obličiek a tráviaceho traktu.
<i>Hlavné zdroje</i>	Metalurgia, v menšej miere energetika a vykurovanie domácností uhlím.
Benzén (C₆H₆)	patrí medzi prchavé organické látky. Za normálnych podmienok je v kvapalnom stave, nemieša sa s vodou a má charakteristický zápach.
<i>Zdravotné účinky</i>	Benzén je karcinogénna látka.
<i>Hlavné zdroje</i>	Cestná doprava, petrochemický priemysel.
Oxid siričitý (SO₂)	je bezfarebný reaktívny plyn, pri vyšších koncentráciách má silný dráždivý zápach.
<i>Zdravotné účinky</i>	Pôsobí dráždivo na dýchacie cesty a očné spojivky, pri dlhodobej expozícii môže spôsobovať ochorenia dýchacích ciest najmä u detí.
<i>Hlavné zdroje</i>	Spaľovacie procesy v priemysle a energetike, prípadne vykurovanie domácností uhlím s vysokým obsahom síry.

Oxidy dusíka (NO _x)	V kontexte kvality ovzdušia sú spoločným názvom oxidy dusíka označované oxid dusičitý (NO ₂) a oxid dusnatý (NO). NO ₂ je žltohnedý jedovatý plyn, NO je reaktívny plyn, ktorý rýchlo oxiduje na NO ₂ . Oxidy dusíka, oxid uhoľnatý a prchavé organické látky vstupujú do reakcií, ktoré ovplyvňujú koncentrácie prízemného ozónu, sú tzv. prekurzormi O ₃ .
<i>Zdravotné účinky</i>	Dráždenie očí a dýchacích ciest, kašeľ, bolesti hlavy. Pri dlhodobej expozícii môže spôsobovať zápalové ochorenia dýchacích ciest a pľúc, zmeny v zložení krvi, alergické reakcie, poruchy imunitného systému.
<i>Hlavné zdroje</i>	Cestná doprava, spaľovacie procesy v priemysle a energetike.
Oxid uhoľnatý (CO)	je bezfarebný jedovatý plyn bez zápachu, ktorý vzniká pri neúplnom alebo neefektívnom horení.
<i>Zdravotné účinky</i>	Zabraňuje prístupu kyslíka do krvi. Chronické účinky – dlhodobá expozícia môže spôsobiť poškodenie tkanív, obzvlášť ohrozené sú osoby trpiace kardiovaskulárnymi chorobami
<i>Hlavné zdroje</i>	Cestná doprava a spaľovacie procesy v priemysle a energetike.

■ Vyhodnotenie koncentrácií monitorovaných znečisťujúcich látok v roku 2023

Nasledujúci súhrn popisuje výsledky monitorovania kvality ovzdušia v roku 2023. Doplnujúce údaje v priestorovom rozdelení znečisťujúcich látok získané pomocou matematického modelovania sú uvedené spolu s komentárom v kapitole 4 a v prílohách.

PM₁₀

Priemerné ročné hodnoty • V roku 2023, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, neprišlo na žiadnej monitorovacej stanici k prekročeniu limitnej hodnoty pre priemernú ročnú koncentráciu PM₁₀.

Priemerné denné hodnoty • Prekročenie limitnej hodnoty na ochranu ľudského zdravia pre 24 hodinové koncentrácie sa v roku 2023 vyskytlo na dvoch automatických monitorovacích staniciach (AMS) – vo Veľkej Ide a v Jelšave. Rok predtým (2022) bola táto limitná hodnota prekročená na troch AMS – Veľká Ida, Letná; Plášťovce a Jelšava, Jesenského. V roku 2021 bola prekročená táto limitná hodnota na troch AMS – Veľká Ida, Letná; Banská Bystrica, Štefánikovo nábr. a Jelšava, Jesenského. V roku 2020 prišlo k prekročeniu iba na AMS Jelšava, kým v roku 2019 bolo zaregistrované prekročenie na troch AMS (Košice, Štefánikova; Jelšava, Jesenského a Veľká Ida, Letná). Vo Veľkej Ide je významným zdrojom znečisťovania ovzdušia priemyselný zdroj, pričom počas zimných mesiacov sa tu prejavuje aj vplyv vykurovania domácností. Istým dielom prispieva k znečisteniu ovzdušia aj neelektrifikovaná železničná trať v blízkosti monitorovacej stanice. V Jelšave sa významne na znečistení ovzdušia podieľa vykurovanie domácností tuhým palivom, pričom blízky priemyselný zdroj tu zohráva pravdepodobne menšiu úlohu.

PM_{2,5} • V roku 2023 nebola prekročená limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu PM_{2,5}. Hodnota na dvoch AMS (Veľká Ida, Letná; Jelšava, Jesenského) dosiahla limitnú hodnotu 20 µg·m⁻³.

BaP • Benzo(a)pyrén a ďalšie polycyklické aromatické uhľovodíky boli v roku 2023 monitorované na 20 staniciach, z toho na 10 staniciach bola prekročená cieľová hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu BaP na týchto AMS: Veľká Ida, Letná; Jelšava, Jesenského; Plášťovce; Krompachy, SNP; Ružomberok, Riadok; Oščadnica; Púchov, 1. mája; Žilina, Obežná; Banská Bystrica, Štefánikovo nábregie; Prievidza, Malonecpalská. Meranie v Žarnovici kvôli presunu AMS na novú lokalitu nedosahovalo požadovaný podiel platných údajov, dá sa však predpokladať, že cieľová hodnota by bola pri celoročnom meraní v Žarnovici aj v roku 2023 prekročená. Na väčšine lokalít je rozhodujúcim zdrojom lokálne vykurovanie, vo Veľkej Ide z veľkej miery ide o príspevok priemyselného komplexu, najmä z výroby koksu.

SO₂ • V roku 2023 nebola prekročená limitná hodnota pre SO₂. Denné aj hodinové koncentrácie SO₂ už dlhodobo neprekračujú limitnú hodnotu.

NO₂ • V roku 2023 nebola prekročená limitná hodnota pre NO₂. Hodinové koncentrácie NO₂ dlhodobo neprekračujú limitnú hodnotu. Prekročenie limitnej hodnoty pre priemernú ročnú koncentráciu NO₂ bolo naposledy namerané v roku 2018 v Prešove a v Bratislave na Trnavskom Mýte.

CO • Na žiadnej z monitorovacích staníc na Slovensku nebola v roku 2023 prekročená limitná hodnota pre CO, pričom úroveň znečistenia ovzdušia za predchádzajúce obdobie rokov 2012 – 2023 je pod dolnou medzou na hodnotenie znečistenia ovzdušia, koncentrácie CO sú teda dlhodobo výrazne pod limitnou hodnotou.

Benzén • Hodnoty priemerných ročných koncentrácií sú výrazne pod limitnou hodnotou 5 µg·m⁻³ za kalendárny rok.

Ozón • Cieľovú hodnotu prízemného ozónu prekročili v roku 2023 merania na dvoch staniciach: Bratislava, Jeséniova a Chopok.

Pb, As, Ni, Cd • Limitná hodnota (pre Pb), resp. cieľová hodnota (pre As, Cd, Ni) neboli v roku 2023 prekročené. Priemerné ročné koncentrácie týchto ťažkých kovov namerané na staniciach NMSKO sú väčšinou len zlomkom limitnej, resp. cieľovej hodnoty.

■ Smogový varovný systém

Kvalita ovzdušia sa vyhodnocuje voči limitným a cieľovým hodnotám na základe celoročných meraní. Nebezpečné pre zdravie ľudí sú však aj krátkodobé, ale extrémne vysoké hodnoty koncentrácií znečisťujúcich látok. Preto bol z dôvodu ochrany zdravia obyvateľstva zavedený smogový varovný systém. V čase vyhlásenia smogovej situácie je v záujme ochrany zdravia potrebné dodržiavať pokyny štátnych orgánov, napríklad skrátiť vetranie obytných miestností. Najmä starší a chorí ľudia, tehotné ženy a deti by mali počas smogových situácií obmedziť fyzickú aktivitu vonku.

Najvyššie koncentrácie **PM₁₀** sa vyskytujú v chladnom polroku. Ich hlavnou príčinou v tomto období je často vykurovanie domácností tuhým palivom v súvislosti s nepriaznivou rozptylovou situáciou. Celkový počet upozornení na smogovú situáciu PM₁₀ v roku 2023 oproti roku 2022 opäť mierne poklesol. Nebola vydaná žiadna výstraha pred závažnou smogovou situáciou a bolo vydaných niekoľko oznámení o vzniku smogovej situácie PM₁₀ (3 pre Jelšavu, 2 pre Ružomberok a po jednom pre Krompachy a Martin). Podrobnejšia informácia o prekročeníach je uvedená v Kapitole 3.

Prekročenie informačného prahu pre **O₃** sa na Slovensku vyskytuje sporadicky. Vyššie koncentrácie O₃ sú registrované najmä v letnom období, keďže chemické reakcie, pri ktorých vzniká O₃ závisia od intenzity slnečného žiarenia. V roku 2023 boli vydané tri oznámenia o vzniku smogovej situácie pre O₃ (19. 6. pre okres Komárno, 21. 6. pre Bratislavu a 22. 8. pre Bratislavu a okres Pezinok). K prekročeniu výstražného prahu pre O₃ v SR neprišlo. Pre medziročné porovnanie – v roku 2022 bolo vydané jedno oznámenie o vzniku smogovej situácie pre O₃ (informačný prah bol prekročený 17. 8. 2022 na stanici Bratislava, Jeséniova).

Výstraha pred závažnou smogovou situáciou pre **SO₂** a **NO₂** nebola na Slovensku vydaná už viac ako 6 rokov.

■ Kvalita ovzdušia v okolitých krajinách

Problémy s kvalitou ovzdušia v európskych krajinách sú podobné ako u nás, pričom koncentrácie základných znečisťujúcich látok (najmä prachových častíc) podobne ako na Slovensku v posledných rokoch postupne klesajú. Krajiny západnej Európy majú najmä v cestných kaňonoch veľkomiest výraznejší problém s NO₂. V Poľsku a v Českej republike sú, podobne ako na Slovensku, v súvislosti s vykurovaním domácností tuhým palivom merané vysoké koncentrácie benzo(a)pyrénu. Vysoké hodnoty O₃ zaznamenávajú najmä krajiny južnej Európy.

■ Čo môže robiť verejnosť pre lepšiu kvalitu ovzdušia a ochranu svojho zdravia

Doprava:

- viac využívať verejnú dopravu,
- chodiť pešo alebo na bicykli,
- vyhýbať sa používaniu osobných automobilov v čase dopravnej špičky,
- používať nízko-emisné dopravné prostriedky (elektrické, hybridy),
- zdieľať používanie automobilov.

Vykurovanie:

- nespaľovať odpad, vrátane odpadového dreva (nábytok, okná a pod.),
- dbať na palivo, ktorým kúrime – špeciálne v oblastiach, kde sa vyhlasujú smogové situácie,
- v prípade kúrenia palivovým drevom používať drevo dobre vysušené (sušené 1 až 2 roky) a dbať na energetickú účinnosť v domácnostiach,
- dbať na správny režim vykurovania (pravidelne čistiť kotel a komín, pri používaní tuhého paliva prikladať častejšie a v menších dávkach, kontrolovať nastavenie regulačných klapiek a pod.).

Ochrana zdravia v čase, keď je vyhlásená smogová situácia:

- dodržiavať pokyny štátnych orgánov,
- obmedzovať pohyb a fyzickú aktivitu vonku,
- skrátiť vetranie obytných miestností,
- sledovať aktuálne koncentrácie znečisťujúcich látok na [web stránke SHMÚ](#).

POPIS ÚZEMIA SR Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA

Znečisťujúce látky rozmanitých fyzikálnych a chemických vlastností sú uvoľňované do ovzdušia z prírodných zdrojov alebo následkom ľudskej činnosti, pričom kvalita ovzdušia závisí nielen od množstva emisií a priestorového rozloženia zdrojov znečisťovania ovzdušia, ale aj od meteorologických podmienok a vlastností okolitého terénu.

Medzi procesy, ktoré vplyvajú na znečisťujúce látky v ovzduší zahrňame prenos v horizontálnom aj vertikálnom smere (advekcia, konvekcia), chemické reakcie (napríklad oxidácia NO z cestnej dopravy na NO₂, vznik ozónu), zmenu skupenstva (napr. kondenzácia pri ochladení horúcich spalín unikajúcich z komínov) a suchú, mokrú a skrytú depozíciu. Suchá depozícia predstavuje zachytávanie znečisťujúcich látok na zemskom povrchu alebo na vegetácii. Mokrú depozíciu je vymývanie znečisťujúcich látok rozptýlených v ovzduší atmosférickými zrážkami, ktoré takto veľmi efektívne znižujú ich koncentrácie v atmosfére a umožňujú ich prenos do iných zložiek životného prostredia – vody, pôdy a sedimentov. Skrytá depozícia je záchyt kvapiek hmly (prípadne oblakov) na rôznych povrchoch, najmä na rastlinách. Významnejšiu úlohu má v lesných porastoch a v horských polohách.

Členitosť terénu ovplyvňuje rýchlosť a smer prúdenia vzduchu a je jednou z charakteristík, určujúcich podmienky pre rozptyl znečisťujúcich látok, ktoré sú na území SR nepriaznivé najmä v uzavretých horských kotlinách. Častý výskyt inverzií v týchto oblastiach je faktorom, ktorý komplikuje rozptyl znečisťujúcich látok v atmosfére a je jedným z dôvodov výskytu vysokých koncentrácií týchto látok v ovzduší v zimnom období. Od veterných podmienok závisí aj potenciálny diaľkový prenos znečisťujúcich látok, keďže niektoré z nich môžu zotrvať v ovzduší aj niekoľko dní. V nasledujúcom texte uvedieme stručne charakteristiku územia SR z hľadiska členitosti terénu a meteorologických prvkov, ktoré najviac ovplyvňujú kvalitu ovzdušia.

■ Veterné pomery

Smer prúdenia vzduchu v strednej Európe je najviac ovplyvňovaný všeobecnou cirkuláciou vzduchu a reliéfom krajiny. Na Slovensku prevláda západné a severozápadné prúdenie vzduchu, v niektorých lokalitách, najmä v priesmykoch, dolinách a kotlinách to však v dôsledku reliéfu neplatí. Na Záhorí prevažuje juhovýchodný vietor nad severozápadným, v Podunajskej nížine naopak. Severné prúdenie dominuje na strednom Považí, na Ponitří a na východnom Slovensku.

V nížinách západného Slovenska sa priemerná ročná rýchlosť vetra vo výške 10 metrov nad povrchom pohybuje v intervale od 3 do 4 m·s⁻¹, na východnom Slovensku od 2 do 3 m·s⁻¹.

V kotlinách je veternosť závislá od ich polohy a otvorenosti voči prevládajúcemu prúdeniu. Priemerná ročná rýchlosť vetra je v otvorenejších kotlinách (napr. v Považskom podolí, Podtatranskej kotline, Košickej kotline) od 2 do 3 m·s⁻¹, v uzavretejších kotlinách, kde je i najväčší výskyt inverzií (napr. Zvolenská kotlina, Žiarska kotlina, Žilinská kotlina) od 1 do 2 m·s⁻¹ a v uzavretých kotlinách (napr. Breznianska kotlina, Rožňavská kotlina, západná časť Liptovskej kotliny – v oblasti Ružomberka) je častejší výskyt bezvetria a priemerné rýchlosti vetra sú často ešte nižšie.

V pohoriach priemerná ročná rýchlosť vetra dosahuje 4 až 8 m·s⁻¹. Aj v nižších polohách existujú lokality (Košice, Bratislava) s vyšším ročným priemerom rýchlosti vetra ako 4 m·s⁻¹, pričom Bratislava patrí k najveternejším mestám strednej Európy.

Dobre ventilované oblasti sa môžu vyznačovať nižšími koncentraciami znečisťujúcich látok, napriek prítomnosti blízkych zdrojov znečisťovania ovzdušia.

■ Atmosférické zrážky

Množstvo zrážok na Slovensku vo všeobecnosti pribúda s nadmorskou výškou o približne 50–60 mm na 100 m výšky. Ich ročný úhrn je zhruba od 500 mm (východná časť Žitného ostrova, oblasť Galanty a Senca) do 2 000 mm (Vysoké Tatry).

Relatívne nízke úhrny zrážok sú v tzv. dažďovom tieni pohorí. Týka sa to napríklad spišských kotlín, ktoré sú pomerne suché a chránené od juhozápadu až severozápadu Vysokými a Nízkymi Tatrami a od juhu Slovenským Rudohorím.

Najviac zrážok sa vyskytuje v júni až auguste (40 % – najdaždivejší je jún alebo júl), na jar je to 25 %, na jeseň 20 % a v zime 15 % zrážok (najmenej zrážok je v januári až marci).

Veľká premenlivosť zrážok počas roka spôsobuje najmä v nížinách časté a niekedy dlhotrvajúce obdobia sucha, ktoré vytvárajú podmienky pre zvýšenú eróziu pôdy nepokrytej vegetáciou. K najsuchším patrí Podunajská nížina, ktorá je najteplejšou a relatívne najveternejšou oblasťou Slovenska.

1.1 ROZDELENIE ÚZEMIA DO AGLOMERÁCIÍ A ZÓN V ROKU 2023

Zdroje znečisťovania ovzdušia sú v krajine rozmiestnené nerovnomerne. Kvôli efektívnemu hodnoteniu kvality ovzdušia je podľa smernice Európskeho parlamentu a Rady 2008/50/ES o kvalite okolitého ovzdušia a čistejšom ovzduší v Európe a právnych predpisov SR (napr. Vyhláška MŽP SR č. 250/2023 Z. z. o kvalite ovzdušia) územie Slovenska rozdelené na zóny a aglomerácie .

Členenie územia na zóny a aglomerácie je uverejnené v Prílohe č. 11 k Vyhláške Ministerstva životného prostredia SR č. 250/2023 Z. z. o kvalite ovzdušia a je uverejnený na web stránke SHMÚ (https://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=oko_info_az).

1.1.1 Rozdelenie územia do zón a aglomerácií v roku 2023 pre SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, benzén, polycyklické aromatické uhľovodíky a CO

Z dôvodu adresnejšieho prístupu k riešeniu problémov kvality ovzdušia je Slovensko rozdelené na zóny a aglomerácie. Zóny tvoria kraje, s výnimkou Bratislavského a Košického kraja, ktoré v oboch prípadoch tvorí zóna a aglomerácia.

Aglomerácie: Aglomerácia Bratislava (územie hlavného mesta Slovenskej republiky Bratislavy), Aglomerácia Košice (územie mesta Košice a obcí Bočiar, Haniska, Sokoľany a Veľká Ida).

Zóny: Banskobystrický kraj, Bratislavský kraj (bez Aglomerácie Bratislava), Košický kraj (bez Aglomerácie Košice), Nitriansky kraj, Prešovský kraj, Trenčiansky kraj, Trnavský kraj a Žilinský kraj

Podrobnejšie údaje o zónach a aglomeráciách sú v Prílohách tejto Správy.

Tab. 1.1 obsahuje informáciu o rozlohe a osídlení jednotlivých krajov podľa údajov, ktoré sú k dispozícii na web stránkach Štatistického úradu (ŠÚ SR).

Tab. 1.1 Rozloha a počet obyvateľov v jednotlivých krajoch SR.

	Plocha [km ²]	Počet obyvateľov*
Bratislavský kraj	2 053	732 757
Trnavský kraj	4 146	566 114
Trenčiansky kraj	4 502	568 102
Nitriansky kraj	6 344	668 301
Žilinský kraj	6 809	687 174
Banskobystrický kraj	9 454	614 356
Prešovský kraj	8 973	808 810
Košický kraj	6 754	779 073

* Stav k 31. 12. 2023

Zdroj: Štatistický úrad SR

1.1.2 Rozdelenie územia do zón a aglomerácií v roku 2023 pre olovo, arzén, kadmium, nikel ortuť a ozón

Aglomerácia: Aglomerácia Bratislava (územie hlavného mesta Slovenskej republiky Bratislavy)

Zóna: Slovensko (bez Aglomerácie Bratislava)

Ťažké kovy As, Cd, Ni a Pb v súčasnosti nepredstavujú problém z hľadiska prekročovania limitných či cieľových hodnôt na území SR. Na našom území je podiel tuhých palív pri vykurovaní domácností stále vysoký. Na rozdiel od susedného Poľska, kde je vyšší podiel spaľovania uhlia, na našom území ide predovšetkým o spaľovanie dreva. Na koncentrácie arzénu v ovzduší nemá spaľovanie dreva zásadný vplyv.

Problematika troposférického ozónu má regionálny charakter, významný je podiel prenosu zo stratosféry a nezanedbateľný je aj cezhraničný prenos¹. Cestná doprava vo väčších mestách je zdrojom prekursorov ozónu, oxidy dusíka však spôsobujú aj titráciu ozónu (chemická reakcia ozónu s oxidmi dusíka, pri ktorej sa ozón rozkladá) v blízkosti dopravne najvyťaženejších komunikácií. Cieľová hodnota ozónu na ochranu ľudského zdravia býva na území SR, obzvlášť vo fotochemicky aktívnejších rokoch, na viacerých miestach prekročená. Možnosti zlepšenia situácie lokálnymi opatreniami sú obmedzené.

¹ EMEP Status Report 1/2021, Transboundary particulate matter, photo-oxidants, acidifying and eutrophying components
https://emep.int/publ/reports/2021/EMEP_Status_Report_1_2021.pdf

MONITOROVACIA SIĚŤ KVALITY OVZDUŠIA

Počiatok merania znečisťujúcich látok v ovzduší sa na Slovensku datuje od druhej polovice päťdesiatych rokov 20. storočia. Systematický monitoring sa začal vykonávať od roku 1967, keď vstúpil do platnosti prvý zákon o ochrane ovzdušia (Zákon č. 35/1967 Zb. o opatreniach proti znečisťovaniu ovzdušia). Merania, ktoré spočiatku zahŕňali iba SO₂ a prašný spád v Bratislave, Košiciach a okolí boli postupne dopĺňané o ďalšie znečisťujúce látky a lokality. Právne predpisy sa časom menili – rozširovali sa sledované látky a sprísňovali limitné hodnoty. Príkladom úpravy je zníženie limitnej hodnoty pre priemernú ročnú koncentráciu PM_{2,5}, ktorá sa od roku 2020 zmenila na hodnotu 20 µg·m⁻³ (z pôvodných 25 µg·m⁻³). Súčasná podoba právnych predpisov v SR je implementáciou legislatívy EÚ. V apríli 2024 bola schválená nová Smernica Európskeho Parlamentu a Rady o kvalite ovzdušia a čistejšom ovzduší v Európe (COM/2022/542²) s ambicióznymi cieľmi do roku 2030 a napĺňaním vízie EÚ s nulovým znečistením ovzdušia do roku 2050. Cieľom monitoringu je čo najlepšie charakterizovať kvalitu ovzdušia s ohľadom na ochranu zdravia obyvateľstva. Štruktúra monitorovacej siete bola navrhnutá tak, aby jednotlivé stanice reprezentovali mieru znečistenia v najzaťaženejších oblastiach – v minulosti to boli najmä miesta v blízkosti veľkých priemyselných zdrojov znečisťovania ovzdušia. Tieto stanice sú i dnes súčasťou monitorovacej siete, podobne ako lokality zaťažené emisiami z cestnej dopravy. Plán monitoringu sa ďalej rozširuje do lokalít, kde je dominantným zdrojom znečisťovania ovzdušia vykurovanie domácností, pretože tieto zdroje patria v súčasnosti medzi najproblematickejšie a najviac ovplyvňujúce kvalitu ovzdušia na Slovensku.

Monitoringom sú pokryté aj miesta dostatočne vzdialené od zdrojov antropogénneho znečistenia ovzdušia. Monitorovacie stanice umiestnené v týchto oblastiach sa nazývajú regionálnymi (vidieckymi) požadovými stanicami a reprezentujú znečistenie ovzdušia vo voľnej prírode. Keďže znečisťujúce látky v závislosti od svojich vlastností (napr. sedimentačná rýchlosť, chemická reaktivita) zotrávajú v ovzduší aj niekoľko dní, môžu sa podľa prúdenia vzduchových hmôt prenášať na veľké vzdialenosti (čo sa označuje ako diaľkový prenos), a vysoké koncentrácie znečisťujúcich látok sa tak môžu vyskytnúť aj v zdanlivo čistých horských oblastiach. V posledných rokoch zaznamenávame epizódy diaľkového prenosu prachu zo suchých oblastí. Monitorovanie kvality ovzdušia na regionálnych požadových stanicach má podstatnú úlohu aj pri hodnotení dlhodobých trendov kvality ovzdušia, keďže v prípade ostatných staníc sú tieto trendy ovplyvnené predovšetkým miestnymi zdrojmi znečistenia.

Sieť meracích staníc – pomenovaná ako *Národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia* (NMSKO) – sa začala budovať ešte v ČSFR v roku 1991³. V súčasnosti zahŕňa kontinuálne meranie pomocou automatických prístrojov a manuálne meranie založené na odbere vzoriek a chemických analýzach v Skúšobnom laboratóriu SHMÚ i iných externých laboratóriách. Manuálny monitoring pokrýva meranie koncentrácií ťažkých kovov, prchavých organických zlúčenín (*volatile organic compounds* – VOC) a polycyklických aromatických uhľovodíkov (*polycyclic aromatic hydrocarbons* – PAH) v ovzduší a tiež monitoring kvality ovzdušia a analýzy kvality zrážok na regionálnych požadových stanicach s monitorovacím programom EMEP (*Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmisssion of Air Pollutants in Europe*). Rozmiestnenie monitorovacích staníc siete NMSKO a ich merací program v roku 2023 zachytáva **Obr. 2.1**.

Podrobný zoznam monitorovacích prístrojov jednotlivých staníc a metód, ktoré prístroje využívajú je v „Prílohe A – Meracie stanice monitorovacích sietí kvality ovzdušia – 2023“.

² <https://www.europarl.europa.eu/news/sk/press-room/20240419IPR20587/znečistenie-ovzdušia-parlament-prijal-zakon-pre-vyssi-u-kvalitu-ovzdušia>

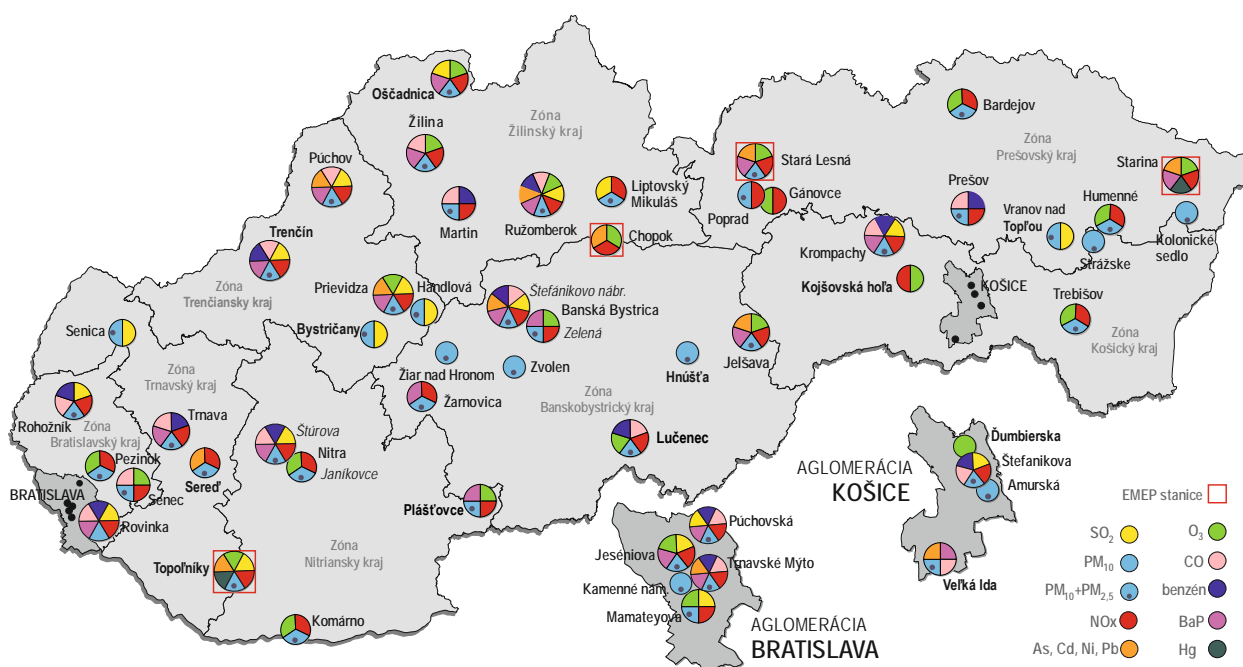
³ Dušan Závodský: *História monitoringu a hodnotenia kvality ovzdušia na Slovensku*. Meteorologický časopis 4/2010. Dostupné: https://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/MET_CASOPIS/2010-4_MC.pdf

V roku 1979 bol v Ženeve podpísaný Dohovor EHK OSN o diaľkovom znečisťovaní ovzdušia prechádzajúcom hranicami štátov (ďalej Dohovor). Doteraz bolo v rámci Dohovoru podpísaných osem protokolov. Prvým z nich je Protokol o dlhodobom financovaní programu spolupráce pre monitorovanie a vyhodnocovanie diaľkového šírenia látok znečisťujúcich ovzdušie v Európe (EMEP) (Ženeva, 1984).

Cieľom EMEP je monitorovať, modelovať a hodnotiť diaľkový prenos znečisťujúcich látok v Európe a vypracovávať podklady pre stratégiu znižovania emisií na medzinárodnej úrovni. Monitorovacia sieť EMEP má v súčasnosti cca 180 regionálnych staníc, vrátane štyroch slovenských EMEP staníc, ktoré sú súčasťou NMSKO. Prvá EMEP stanica na území SR vznikla na Chopku pri meteorologickom observatóriu SHMÚ v nadmorskej výške 2008 m. Merania kvality ovzdušia sa tu začali realizovať už v roku 1977.

Monitorovací program siete EMEP sa na staniciach postupne rozširoval. Merania zlúčenín síry a analýzy zrážok dopĺňali oxidy dusíka, dusičnany, amónne ióny v ovzduší, tuhé častice, ozón a v roku 1994 sa začali v spolupráci s medzinárodným Chemickým koordinačným centrom EMEP – Nórskym ústavom pre atmosférický výskum v Kjelleri – realizovať merania prchavých organických zlúčenín. Neskôr boli začlenené do programu aj merania ťažkých kovov a od jesene roku 2020 organický a elementárny uhlík EC/OC v ovzduší.

Obr. 2.1 Národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia v roku 2023.



Monitorovací program staníc kvality ovzdušia v sieti NMSKO je uvedený v **Tab. 2.1**. Tabuľka obsahuje informácie o monitorovacích staniciach kvality ovzdušia patriacich do NMSKO podľa aglomerácií a zón:

- charakteristiku stanice podľa dominantných zdrojov znečisťovania ovzdušia (dopravná, poľnohospodárska, priemyselná), typ oblasti, ktorú daná stanica monitoruje (mestská, predmestská, vidiecka/regiónálna) a geografické súradnice;
- monitorovací program. Automatické prístroje kontinuálneho monitoringu poskytujú priemerné hodinové koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5}, oxidov dusíka, oxidu siričitého, ozónu, oxidu uhoľnatého, benzénu a ortuti. Skúšobné laboratórium SHMÚ v rámci manuálneho monitoringu analyzuje ťažké kovy a polycyklické aromatické uhľovodíky, výsledkom sú priemerné 24-hodinové hodnoty. Výnimkou sú EMEP stanice, ktorých monitorovací program je popísaný v **Tab. 2.2** a **Tab. 2.3**.

Tab. 2.1 Národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia (NMSKO).

AGLOMERÁCIA / Zóna	Názov stanice	Typ		Kontinuálne							Manuálne		
		oblasti	stanice	PM ₁₀	PM _{2,5}	Oxid dusíka NO, NO ₂ , NO _x	Oxid siričitý SO ₂	Ozón O ₃	Oxid uhoľnatý CO	Benzén	Ortuť	Ťažké kovy As, Cd, Ni, Pb	Polyaromatické uhľovodíky BaP
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám	U	B	x	x								
	Bratislava, Trnavské myto	U	T	x	x	x			x	x	x	x	
	Bratislava, Jeséniova	S	B	x	x	x	x	x					x
	Bratislava, Mamatejova	U	B	x	x	x	x	x					
	Bratislava, Púchovská	U	T	x	x	x	x		x	x			x
	Spolu 5 staníc			5	5	4	3	2	2	2		1	3
KOŠICE	Košice, Amurská	U	B	x	x								
	Košice, Štefánikova	U	T	x	x	x	x		x	x			
	Košice, Ďumbierska	S	B					x					
	Veľká Ida, Letná	S	I	x	x				x			x	x
	Spolu 4 stanice			3	3	1	1	1	2	1		1	1
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.	U	T	x	x	x	x		x	x		x	x
	Banská Bystrica, Zelená	U	B	x	x	x		x					x
	Jelšava, Jesenského	U	B	x	x	x		x				x	x
	Hnúšťa, Hlavná	U	B	x	x								
	Lučenec, Gemerská cesta	U	T	x	x	x		x	x	x			
	Žiar nad Hronom, Jilemnického	U	B	x	x								
	Žarnovica ⁴	S	B	x	x	x							x
	Zvolen, J. Alexyho	U	B	x	x								
Spolu 8 staníc			8	8	5	1	3	2	2		2	4	
Bratislavský kraj	Pezinok, Obrancov mieru	U	B	x	x	x		x					
	Rovinka	S	B	x		x	x		x	x			x
	Rohožník, Senická	S	T	x	x	x	x		x	x			
	Senec, Boldocká	U	T	x	x	x		x	x				
	Spolu 4 stanice			4	3	4	2	2	3	2			1
Košický kraj	Kojšovská hoľa	R	B			x		x					
	Trebišov, T. G. Masaryka	S	B	x	x	x		x					
	Strážske, Mierová	U	B	x	x								
	Krompachy, SNP	U	T	x	x	x	x		x	x			x
Spolu 4 stanice			3	3	3	1	2	1	1			1	
Nitriansky kraj	Nitra, Štúrova	U	T	x	x	x	x		x	x			x
	Nitra, Janíkovec	S	B	x	x	x		x					
	Komárno, Vnútorná Okružná	U	B	x	x	x		x					
	Plášťovce	S	B	x	x	x		x					x
Spolu 4 stanice			4	4	4	1	3	1	1			2	
Prešovský kraj	Humenné, Nám. Slobody	U	B	x	x	x		x					
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	R	B	x	x	x		x				x	x
	Gánovce, Meteo. st.	R	B			x		x					
	Poprad, Železničná	S	B	x	x	x							
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu	U	T	x	x	x			x	x			
	Starina, Vodná nádrž, EMEP	R	B			x		x			x	x	x
	Vranov nad Topľou, M. R. Štefánika	U	B	x	x		x						
	Kolonické sedlo	R	B	x	x								
	Bardejov, Pod Vinbargom	S	B	x	x	x		x					
Spolu 9 staníc			7	7	7	1	5	1	1	1	2	2	

⁴ AMS Žarnovica nahradila AMS Žarnovica, Dolná

AGLOMERÁCIA / Zóna	Názov stanice	Typ		Kontinuálne								Manuálne			
		oblasti	stanice	PM ₁₀	PM _{2,5}	Oxid dusíka NO, NO ₂ , NO _x	Oxid siričitý SO ₂	Ozón O ₃	Oxid uhoľnatý CO	Benzén	Ortuť	Ťažké kovy As, Cd, Ni, Pb	Polyaromatické uhľovodíky BaP		
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská	U	B	x	x	x	x	x					x	x	
	Bystričany, Rozvodňa SSE	S	B	x	x		x								
	Handlová, Morovianska cesta	U	B	x	x		x								
	Trenčín, Hasičská	U	T	x	x	x	x		x	x				x	
	Púchov, 1. mája	S	B	x	x	x	x		x				x	x	
	Spolu 5 staníc			5	5	3	5	1	2	1			2	3	
Trnavský kraj	Topoľníky, Aszód, EMEP	R	B	x	x	x	x	x			x		x		
	Senica, Hviezdoslavova	U	T	x	x		x								
	Trnava, Kollárova	U	T	x	x	x			x	x				x	
	Sereď, Vinárska	U	B	x	x	x							x		
	Spolu 4 stanice			4	4	3	2	1	1	1	1		2	1	
Žilinský kraj	Chopok, EMEP	R	B			x		x					x		
	Martin, Jesenského	U	T	x	x	x			x	x					
	Ružomberok, Riadok	U	B	x	x	x	x	x	x	x			x	x	
	Žilina, Obežná	U	B	x	x	x		x	x					x	
	Oščadnica	S	B	x	x	x	x	x						x	
	Liptovský Mikuláš, Školská	U	B	x	x	x	x								
Spolu 6 staníc			5	5	6	3	4	3	2			2	3		
NMSKO spolu 53 monitorovacích staníc ⁵						48	47	40	20	24	18	14	2	12	21

Typ oblasti: U – mestská, S – predmestská, R – vidiecka (regionálna)

Typ stanice: B – požadová, T – dopravná, I – priemyselná

Monitorovací program kvality ovzdušia na EMEP stanicích v roku 2023 uvádza **Tab. 2.2**. Ozón sa meria kontinuálne. Vzorkovací interval pre ťažké kovy je v Topoľníkoch a na Starej Lesnej každý tretí deň, na Starine a Chopku je to týždenný interval. Vzorky VOC sa odoberajú v týždennom intervale. Ostatné látky sa vzorkujú v 24-hodinovom intervale.

Tab. 2.2 Merací program EMEP staníc – ovzdušie.

	Ozón O ₃	Oxid siričitý SO ₂	Oxidy dusíka NO _x	Sírany SO ₄ ²⁻	Dusičnany NO ₃ ⁻	Kyselina dusičná HNO ₃	Chloridy Cl	Amoniak, amonné ióny NH ₃ , NH ₄ ⁺	Alkalicke ióny K ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺)	VOC	PM ₁₀ / TSP*	EC/OC	Olovo Pb	Arzén As	Kadmium Cd	Nikel Ni	Chrómov Cr	Meď Cu	Zinok Zn	Ortuť Hg**
Chopok	x	x	x	x	x	x	x			x*		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Topoľníky	x									x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Starina	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Stará Lesná	x									x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

* TSP – celkové suspendované častice v ovzduší

** Ortuť sa monitoruje mimo monitorovacieho programu EMEP

⁵ 52 stacionárnych staníc a jedna mobilná v Rovinke

Kvalita zrážok (pH, vodivosť, sírany, dusičnany, chloridy, amónne ióny a katióny alkalických kovov) sa analyzuje zo vzoriek odobraných na EMEP staniciach podľa monitorovacieho programu uvedeného v **Tab. 2.3** buď na dennej báze (Chopok, Starina) alebo na týždennej báze (Topoľníky, Stará Lesná), v intervale 14 dní sa sleduje kvalita zrážok na stanici Bratislava, Jeséniova. Výsledkom analýz sú priemerné týždenné alebo mesačné koncentrácie v závislosti od odberového intervalu.

Odberové intervaly zrážok na analýzu ťažkých kovov sú mesiac, s výnimkou EMEP stanice Starina, kde sa odoberajú týždenné vzorky. Na odber zrážok slúžia zrážkomery dvoch typov: „wet-only“ a „bulk“. „Wet-only“ („iba mokrý“) je zrážkometer, ktorý zachytáva len zrážky – na základe takto odobraných vzoriek sa hodnotí mokrá depozícia. „Bulk“ (t. j. „celok“) odoberá suchú aj mokrú depozíciu. Tento druh odberu sa vykonáva na Chopku, kde sa kvôli nepriaznivému počasiu robí odber zrážok do otvorenej nádoby.

Tab. 2.3 Merací program zrážok na EMEP staniciach a na stanici Bratislava, Jeséniova.

	pH	Vodivosť	Sírany (SO ₄ ²⁻)	Dusičnany (NO ₃ ⁻)	Chloridy (Cl ⁻)	Amónne ióny (NH ₄ ⁺)	Alkalické ióny (K ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺)	Olovo (Pb)	Arzén (As)	Kadmium (Cd)	Nikel (Ni)	Chróom (Cr)	Meď (Cu)	Zinok (Zn)
Chopok	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Topoľníky	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Starina	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Stará Lesná	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Bratislava, Jeséniova	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

2.1 ZHODNOTENIE ROZSAHU MONITOROVANIA PRE JEDNOTLIVÉ ZNEČISŤUJÚCE LÁTKY

■ Oxid siričitý SO₂

Táto znečisťujúca látka sa monitorovala na 20 staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania⁶ bol splnený. Monitorovanie oxidu siričitého bolo zabezpečené kontinuálne, referenčnou metódou na všetkých 20 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na 18 monitorovacích staniciach.

■ Oxidy dusíka NO₂ a NO_x

Táto znečisťujúca látka sa monitorovala na 40 staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania⁶ bol splnený. Monitorovanie oxidov dusíka bolo zabezpečené kontinuálne, referenčnou metódou na všetkých 40 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na 36 monitorovacích staniciach. Monitorovacia stanica Žarnovica, Dolná ukončila meranie 11. 10. 2023 a 5. 12. 2023 ju nahradila AMS Žarnovica. Požadovaný počet platných meraní nebol splnený na AMS Rovinka, AMS Plášťovce a AMS Kojšovská hoľa.

■ Častice PM₁₀

Táto znečisťujúca látka sa monitorovala na 48 staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania⁶ bol splnený. Monitorovanie PM₁₀ bolo zabezpečené ekvivalentnou, kontinuálnou metódou oscilačnej mikrováhy (prístroje TEOM) a metódou absorpcie beta žiarenia (prístroje BAM). Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na 47 monitorovacích staniciach. Monitorovacia Žarnovica, Dolná ukončila meranie 11. 10. 2023 a 5. 12. 2023 ju nahradila AMS Žarnovica⁶.

⁶ počet a umiestnenie podľa Prílohy č. 8 k Vyhláške MŽP SR č. 250/2023 Z. z. o kvalite ovzdušia

■ Častice PM_{2,5}

Tieto častice sa monitorovali na 47 staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania⁶ bol splnený. Monitorovanie PM_{2,5} bolo zabezpečené rovnakou metódou ako merania PM₁₀, prístrojmi TEOM a BAM. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na 46 monitorovacích staniciach. Monitorovacia stanica Žarnovica, Dolná ukončila meranie 11. 10. 2023 a 5. 12. 2023 ju nahradila AMS Žarnovica.

■ Oxid uhľnatý CO

Táto znečisťujúca látka sa monitorovala na 18 monitorovacích staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania⁶ bol splnený. Monitorovanie oxidu uhľnatého bolo zabezpečené kontinuálne, referenčnou metódou na 18 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na 16 monitorovacích staniciach. Požadovaný počet platných meraní nebol splnený na AMS Trnava a AMS Rovinka. Koncentrácie CO sa nachádzajú pod dolnou medzou pre hodnotenie, počet monitorovacích miest je teda postačujúci.

■ Ozón O₃

Ozón sa monitoroval na 24 monitorovacích staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania⁶ bol splnený. Monitorovanie ozónu sa zabezpečovalo kontinuálne, referenčnou metódou na všetkých 24 staniciach. Požadovanú výťažnosť platných nameraných údajov (90 %) dosiahlo 19 monitorovacích staníc.

■ Benzén

Benzén sa monitoroval na 14 monitorovacích staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania⁶ bol splnený. Monitorovanie benzénu bolo zabezpečené kontinuálne, referenčnou metódou na všetkých 14 staniciach. Požadovanú výťažnosť platných nameraných údajov (90 %) všetky monitorovacie stanice.

■ Ortuť

Celková plynná ortuť bola monitorovaná na dvoch EMEP staniciach (Topoľníky a Starina). Monitorovanie ortuti bolo zabezpečené kontinuálne metódou diferenciálnej Zeemanovej atómovej absorpčnej spektrometrie, podiel platných nameraných údajov presiahol 90 % na monitorovacej stanici na Starine. Podiel platných údajov na EMEP stanici Topoľníky je z technických príčin 52 %. Meranie je napriek výpadku reprezentatívne pre celoročné hodnotenie, keďže koncentrácie počas roka iba mierne kolíšu.

■ Ťažké kovy (Pb, As, Cd, Ni)

Ťažké kovy boli monitorované na 12 monitorovacích staniciach. Vzorky na analýzu ťažkých kovov sa odoberajú na mestských staniciach každý druhý deň počas 24 hodín na nitrocelulózoový filter, následne sú analyzované v Skúšobnom laboratóriu SHMÚ metódou plynovej chromatografie. V roku 2023 boli vzorky na analýzu ťažkých kovov (Pb, As, Cd, Ni) odoberané na jednej predmestskej, siedmich mestských staniciach a štyroch staniciach s monitorovacím programom EMEP.

■ Polyaromatické uhľovodíky – benzo(a)pyrén

V roku 2023 bol zabezpečený monitoring benzo(a)pyrénu na 20 monitorovacích staniciach. Odber vzoriek prebiehal každý tretí deň počas 24 hodín na kremenný filter. Vzorky sú po extrakcii analyzované v Skúšobnom laboratóriu SHMÚ metódou plynovej chromatografie s hmotnostnou detekciou (GC-MS). Minimálny požadovaný počet monitorovacích staníc⁶ bol splnený.

■ VOC

Prchavé organické zlúčeniny, C₂–C₈ alebo tzv. ľahké uhľovodíky, sa začali odoberať na stanici Starina na jeseň v roku 1994. Starina je jednou z mála európskych staníc, zaradených do siete EMEP, s pravidelným monitorovaním prchavých organických zlúčenín.

■ EC/OC

Na jeseň roku 2021 sa na stanici Stará Lesná začalo v súlade s monitorovacou stratégiou EMEP, s monitorovaním podielu organického a elementárneho uhlíka v časticiach PM_{2,5}.

■ Monitorovanie kvality ovzdušia na monitorovacích staniciach EMEP

Na všetkých štyroch EMEP staniciach bolo realizované meranie kvality ovzdušia (**Tab. 2.2**) v súlade s monitorovacou stratégiou EMEP podľa schváleného monitorovacieho programu.

■ Monitorovanie atmosférických zrážok na monitorovacích staniciach EMEP

Meranie kvality zrážok sa realizovalo na všetkých štyroch EMEP staniciach (**Tab. 2.3**) v súlade s monitorovacou stratégiou EMEP podľa schváleného monitorovacieho programu.

Okrem monitorovacích staníc kvality ovzdušia v sieti NMSKO sú na území SR na účely monitorovania úrovne znečistenia ovzdušia zriadené aj monitorovacie stanice prevádzkované prevádzkovateľmi veľkých zdrojov znečisťovania ovzdušia (VZZO). Rozhodnutie o zriadení stanice VZZO vydáva Okresný úrad v sídle kraja. Údaje monitorovacích staníc VZZO, ktoré prešli funkčnými skúškami (**Tab. 2.4**) slúžia ako doplňujúce údaje k meraniam v sieti NMSKO pri hodnotení kvality ovzdušia za predpokladu, že boli získané referenčnou alebo ekvivalentnou metódou. Koncentrácie tých znečisťujúcich látok, ktoré sú v prípade VZZO monitorované inou metódou (Príloha A), predstavujú napriek tomu pri hodnotení kvality ovzdušia dôležitú informáciu.

Tab. 2.4 Monitorovacie stanice ostatných prevádzkovateľov VZZO.

	Okres	Názov stanice*	Typ		Zemepisná		Nadm. výška [m]
			oblasti	stanice	dĺžka	šírka	
BRATISLAVA	Bratislava II	Bratislava, Vlčie Hrdlo (Slovnaft, a. s.)	S	I	17°10'13"	48°07'41"	134
	Bratislava II	Bratislava, Pod. Biskupice (Slovnaft, a. s.)	U	B	17°13'01"	48°07'42"	132
KOŠICE	Košice II	Košice, Haniska (U.S. Steel, s.r.o.)	S	I	21°15'07"	48°36'54"	212
	Košice II	Košice, Poľov (U.S. Steel, s.r.o.)	R	B	21°11'54"	48°39'40"	271
Bratislavský kraj	Senec	Rovinka (Slovnaft, a. s.)	S	B	17°13'34"	48°06'05"	133
Košický kraj	Košice - okolie	Veľká Ida (U.S. Steel, s.r.o.)	S	I	21°10'12"	48°33'35"	208
	Trebišov	Leles (Slovenské elektrárne, a. s.)	R	B	22°01'23"	48°27'46"	100
Nitriansky kraj	Šaľa	Trnovec nad Váhom (Duslo, a. s.)	S	B	17°55'43"	48°08'60"	117
Trenčiansky kraj	Prievidza	Oslany (Slovenské elektrárne, a. s.)	S	B	18°28'12"	48°37'60"	228
Žilinský kraj	Ružomberok	Ružomberok (Mondi a. s. - Supra)	U	I	19°19'12"	49°04'43"	478

* V názve stanice je v zátvorkách uvedený vlastník stanice.

Typ oblasti: U - mestská, S – predmestská, R – vidiecka (regionálna)

Typ stanice: B – pozadová, T – dopravná, I – priemyselná

ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V AGLOMERÁCIÁCH A ZÓNACH SLOVENSKA

3.1 ÚVOD

Problémy týkajúce sa znečistenia životného prostredia sprevádzali technologický pokrok ľudstva od dávnych čias. Environmentálna záťaž i environmentálne katastrofy spojené s ohrozením ľudského života a zdravia stimulovali spoločný postup ľudí pri hľadaní riešení v tejto oblasti. Keďže znečisťujúce látky sa môžu šíriť vzduchom na veľké vzdialenosti, koordinovaný postup čo najväčšieho počtu krajín pri monitorovaní a hodnotení kvality ovzdušia sa ukázal ako nevyhnutný základ pre prijímanie opatrení a odrazil sa v medzinárodných dohovoroch aj v európskej legislatíve, implementovanej následne do legislatívy SR.

Hodnotenie kvality ovzdušia podľa požiadaviek § 4 Zákona č. 146/2023 Z. z. o ochrane ovzdušia a o zмене a doplnení niektorých zákonov (ďalej len zákon o ochrane ovzdušia) uskutočňuje SHMÚ použitím metód merania, výpočtu, predpovedania alebo odhadu.

Kapitola 3 uvádza spracované výsledky monitorovania kvality ovzdušia. Hodnotenie kvality ovzdušia pomocou matematického modelovania je spracované v kapitole 4.

V kapitole 3.3 sú vyhodnotené výsledky meraní kvality ovzdušia v mestách a na vidieku podľa limitných a cieľových hodnôt na ochranu ľudského zdravia. Kapitola 3.4 spracúva výsledky meraní monitorovacích staníc s monitorovacím programom EMEP podľa limitných hodnôt na ochranu vegetácie. Program EMEP zahŕňa aj analýzu kvality atmosférických zrážok.

3.2 KRITÉRIÁ NA HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA

Kvalita ovzdušia (podľa §3 odseku 4 zákona o ochrane ovzdušia) je považovaná za dobrú, ak je úroveň znečistenia ovzdušia nižšia ako limitná hodnota, cieľová hodnota a záväzok zníženia expozície.

Limitnou hodnotou (v súlade s §3 odsekom 5 zákona o ochrane ovzdušia) je úroveň znečistenia ovzdušia určená na základe vedeckých poznatkov s cieľom zabrániť škodlivým účinkom na zdravie ľudí alebo životné prostredie ako celok, predchádzať im alebo ich znížiť, ktorá sa má dosiahnuť v danom čase a od toho času nesmie byť prekročená; limitné hodnoty a podmienky ich platnosti sú ustanovené pre oxid siričitý, oxid dusičitý, oxid uhoľnatý, olovo, benzén, PM₁₀ a PM_{2,5} (vykonávacím predpisom podľa § 62 písm. a) citovaného zákona).

Cieľovou hodnotou je (v súlade s §3 odsekom 8 zákona o ochrane ovzdušia) úroveň znečistenia ovzdušia, ktorej cieľom je zabrániť škodlivým účinkom na zdravie ľudí alebo na životné prostredie ako celok, predchádzať im alebo ich znížiť; cieľová hodnota je ustanovená pre koncentráciu ozónu, arzénu, kadmia, niklu a benzo(a)pyrénu a má sa dosiahnuť v danom čase, ak je to možné (vykonávacím predpisom podľa § 62 písm. a) citovaného zákona).

Výstražným prahom (podľa §3 odseku 15 zákona o ochrane ovzdušia) je úroveň znečistenia ovzdušia, pri prekročení ktorej existuje už pri krátkodobej expozícii riziko poškodenia zdravia ľudí; pri prekročení výstražného prahu je potrebné okamžite vydať výstrahu pred závažnou smogovou situáciou. Výstražné prahy sú ustanovené pre oxid siričitý, oxid dusičitý, ozón a PM₁₀ (vykonávacím predpisom podľa § 62 písm. d) citovaného zákona).

Kritickou úrovňou na účely hodnotenia kvality ovzdušia je (podľa §3 odseku 7 zákona o ochrane ovzdušia) úroveň znečistenia ovzdušia určená na základe vedeckých poznatkov, pri prekročení ktorej sa môžu vyskytnúť priame nepriaznivé vplyvy na vegetáciu, ako sú stromy a rastliny, alebo prírodné ekosystémy, ale nie na ľudí; kritická úroveň je určená pre oxid siričitý a oxidy dusíka (vykonávacím predpisom podľa § 62 písm. a) citovaného zákona).

Režim hodnotenia kvality ovzdušia sa určuje na základe úrovne znečistenia ovzdušia. Aglomerácie a zóny sa zaraďujú do režimu hodnotenia kvality ovzdušia podľa kritérií vyjadrených ako medze na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia osobitne ustanovené vykonávacím predpisom podľa § 62 písm. b) na ochranu zdravia, ochranu vegetácie a prírodných ekosystémov.

Hornou medzou (podľa §4 odseku 6 písm. a) zákona o ochrane ovzdušia) je ustanovená úroveň znečistenia ovzdušia, pod ktorou možno na hodnotenie kvality ovzdušia použiť kombináciu stálych meraní a modelovacích techník alebo aj indikatívnych meraní.

Dolnou medzou (podľa §4 odseku 6 písm. b) zákona o ochrane ovzdušia) je ustanovená úroveň znečistenia ovzdušia, pod ktorou možno na hodnotenie kvality ovzdušia použiť modelovacie techniky alebo techniky objektívneho odhadu.

V **Tab. 3.1** sú uvedené limitné hodnoty na ochranu zdravia ľudí a kritické úrovne na ochranu vegetácie, horné a dolné medze na hodnotenie úrovne znečistenia vonkajšieho ovzdušia pre SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, Pb, CO a benzén. **Tab. 3.2** uvádza cieľové hodnoty na ochranu zdravia ľudí a ochranu vegetácie pre As, Cd, Ni a benzo(a)pyrén (BaP). Hodnoty uvedené v Tab. 3.1 a Tab.3.2 vychádzajú zo slovenskej legislatívy (Príloha č. 1 k Vyhláške č. 250/2023 Z. z.⁷).

Tab. 3.1 Limitné hodnoty na ochranu zdravia ľudí a kritické úrovne na ochranu vegetácie, horné a dolné medze na hodnotenie úrovne znečistenia vonkajšieho ovzdušia pre znečisťujúce látky.

	Receptor	Interval spriemerovania	Limitná hodnota* [µg·m ⁻³]	Medza na hodnotenie [µg·m ⁻³]	
				Horná*	Dolná*
SO ₂	Ľudské zdravie	1h	350 (24)		
SO ₂	Ľudské zdravie	24h	125 (3)	75 (3)	50 (3)
SO ₂	Vegetácia	1r, zimné obdobie	20 (-)	12 (-)	8 (-)
NO ₂	Ľudské zdravie	1h	200 (18)	140 (18)	100 (18)
NO ₂	Ľudské zdravie	1r	40 (-)	32 (-)	26 (-)
NO _x	Vegetácia	1r	30 (-)	24 (-)	19,5 (-)
PM ₁₀	Ľudské zdravie	24h	50 (35)	35 (35)	25 (35)
PM ₁₀	Ľudské zdravie	1r	40 (-)	28 (-)	20 (-)
Pb	Ľudské zdravie	1r	0,5 (-)	0,35 (-)	0,25 (-)
CO	Ľudské zdravie	8h (maximálna)	10 000 (-)	7 000 (-)	5 000 (-)
Benzén	Ľudské zdravie	1r	5 (-)	3,5 (-)	2 (-)
PM _{2,5}	Ľudské zdravie	1r	20**	17	12

* povolený počet prekročení je uvedený v zátvorkách

** limitná hodnota pre PM_{2,5} do 1.1.2020: 25 µg·m⁻³, limitná hodnota pre PM_{2,5} od 1.1.2020: 20 µg·m⁻³

Tab. 3.2 Cieľové hodnoty na ochranu zdravia ľudí a vegetácie pre As, Cd, Ni a BaP.

	Medza na hodnotenie [ng·m ⁻³]		Priemerované obdobie	Cieľová hodnota [ng·m ⁻³]
	Horná	Dolná		
As	3,6	2,4	1r	6
Cd	3	2	1r	5
Ni	14	10	1r	20
BaP	0,4	0,6	1r	1

⁷ <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2023/250/20230701>

Európska únia, ako súčasť Európskej zelenej dohody vypracovala Akčný plán nulového znečistenia⁸, ktorý stanovuje víziu do roku 2050. Jeho cieľom je do tohto roku znížiť znečistenie ovzdušia na úroveň, ktorá sa už nebude považovať za škodlivú pre zdravie a prírodné ekosystémy. Súčasťou akčného plánu sú nové EÚ limitné a cieľové hodnoty pre mnohé znečisťujúce látky. **Tab. 3.3** uvádza limitné, cieľové a odporúčané podľa legislatívy SR (r. 2023), nové EÚ limitné a cieľové hodnoty, ktoré sa majú dosiahnuť do 1. 1. 2030 a WHO odporúčania (r. 2021).

Tab. 3.3 Porovnanie limitných, cieľových hodnôt a odporúčaní WHO.

Znečisťujúca látka	Priemerované obdobie	Limitná/cieľová hodnota podľa legislatívy SR (r. 2023) ^{a)}		EÚ limitná/cieľová hodnota, ktorá začne platiť od 1. januára 2030 ^{b)}		WHO odporúčania (r. 2021) ^{c)}	
		Koncentrácia	sa nesmie za rok prekročiť viac ako	Koncentrácia	sa nesmie za rok prekročiť viac ako	Koncentrácia	sa nesmie za rok prekročiť viac ako
PM _{2,5}	24 hod	-	-	25 µg·m ⁻³	18-krát	15 µg·m ⁻³	3 – 4-krát
	kalendárny rok	20 µg·m ⁻³	-	10 µg·m ⁻³	-	5 µg·m ⁻³	-
PM ₁₀	24 hod	50 µg·m ⁻³	35-krát	45 µg·m ⁻³	18-krát	45 µg·m ⁻³	3 – 4-krát
	kalendárny rok	40 µg·m ⁻³	-	20 µg·m ⁻³	-	15 µg·m ⁻³	-
O ₃	najväčšia denná 8-hodinová stredná hodnota	120 µg·m ⁻³	18-krát*	120 µg·m ⁻³	18-krát*	100 µg·m ⁻³	3 – 4-krát
NO ₂	1 hod	200 µg·m ⁻³	18-krát	200 µg·m ⁻³	1-krát	-	-
	24 hod	-	-	50 µg·m ⁻³	18-krát	25 µg·m ⁻³	3 – 4-krát
	kalendárny rok	40 µg·m ⁻³	-	20 µg·m ⁻³	-	10 µg·m ⁻³	-
SO ₂	1 hod	350 µg·m ⁻³	24-krát	350 µg·m ⁻³	1-krát	-	-
	24 hod	125 µg·m ⁻³	3-krát	50 µg·m ⁻³	18-krát	40 µg·m ⁻³	3 – 4-krát
	kalendárny rok	-	-	20 µg·m ⁻³	-	-	-
CO	najväčšia denná 8-hodinová stredná hodnota	10 mg·m ⁻³ (10 000 µg·m ⁻³)	-	10 mg·m ⁻³ (10 000 µg·m ⁻³)	-	-	-
	24 hod	-	-	4 mg·m ⁻³ (4 000 µg·m ⁻³)	18-krát	4 mg·m ⁻³	3 – 4-krát

^{a)} Vyhláška č. 250/2023 Z. z.: <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2023/250/20230701>

^{b)} https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2ae4a0cc-55f8-11ed-92ed-01aa75ed71a1.0009.02/DOC_2&format=PDF

^{c)} <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/what-are-the-who-air-quality-guidelines>

* za kalendárny rok priemerovaný za tri roky

⁸ <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2024/02/20/air-quality-council-and-parliament-strike-deal-to-strengthen-standards-in-the-eu/>

3.3 VÝSLEDKY MONITOROVANIA KVALITY OVZDUŠIA - LOKÁLNE ZNEČISTENIE OVZDUŠIA

V **Tab. 3.4** je uvedený podiel platných údajov z meraní kvality ovzdušia NMSKO pre SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, CO, benzén, O₃ a Hg.

Tab. 3.4 Podiel platných údajov v % v roku 2023.

AGLOMERÁCIA / Zóna	Znečisťujúca látka	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	Benzén	O ₃	Hg
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám.			100	99				
	Bratislava, Trnavské myto		95	98	98	95	99		
	Bratislava, Jeséniova	95	95	99	99			93	
	Bratislava, Mamateyova	95	95	98	98			93	
	Bratislava, Púchovská	92	93	100	100	93	96		
KOŠICE	Košice, Štefánikova	93	95	98	98	94	99		
	Košice, Amurská			99	99				
	Košice, Ďumbierska							97	
	Veľká Ida, Letná			99	99	93			
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánik. nábr.	92	94	98	98	94	96		
	Banská Bystrica, Zelená		93	99	99			98	
	Jelšava, Jesenského		94	99	97			91	
	Hnúšťa, Hlavná			98	98				
	Lučenec, Gemerská cesta		93	98	98	95	98	95	
	Zvolen, J. Alexyho			99	99				
	Žarnovica ¹⁾		7	7	7				
	Žarnovica, Dolná ²⁾		74	77	76				
Bratislavský kraj	Žiar n/H, Jilemnického			98	98				
	Pezinok, Obrancov mieru		95	99	98			96	
	Rohožník, Senická	94	92	98	98	91	99		
	Rovinka	90	80	92		89	94		
Košícký kraj	Senec, Boldocká		93	98	98	94		99	
	Kojšovská hola		*87					*87	
	Trebišov, T. G. Masaryka		96	99	99			99	
	Strážske, Mierová			99	99				
Nitriansky kraj	Krompachy, SNP	94	96	99	99	95	99		
	Nitra, Janíkovce		91	94	94			78	
	Nitra, Štúrova	92	93	98	98	92	92		
	Komárno, Vnútoraná Okružná		95	99	99			98	
Prešovský kraj	Plášťovce		*88	99	97			100	
	Gánovce, Meteo. st.		96					82	
	Humenné, Nám. Slobody		95	98	99			94	
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu		96	99	99	95	100		
	Vranov n/T, M. R. Štefánika	94		98	98				
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP		95	99	99			66	
	Starina, Vodná nádrž, EMEP		95					94	98
	Kolonické sedlo, Hvezdáreň			99	99				
Trenčiansky kraj	Poprad, Železničná		96	99	99				
	Bardejov, Pod Vinbargom		96	99	99			99	
	Prievidza, Malonecpalská	91	91	99	99			94	
	Bystričany, Rozvodňa SSE	90		99	99				
Trnavský kraj	Handlová, Moroviánska cesta	96		99	99				
	Púchov, 1. mája	92	96	99	98	95			
	Trenčín, Hasičská	95	95	94	94	96	93		
	Senica, Hviezdoslavova	92		98	97				
Trnavský kraj	Trnava, Kollárova		96	99	99	89	99		
	Topoľníky, Aszód, EMEP	94	96	98	97			100	52
	Sereď, Vinárska		95	99	99				

AGLOMERÁCIA / Zóna	Znečisťujúca látka	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	Benzén	O ₃	Hg
Žilinský kraj	Chopok, EMEP		95					93	
	Liptovský Mikuláš, Školská	95	96	99	99				
	Martin, Jesenského		95	99	99	95	99		
	Oščadnica	95	95	99	99			99	
	Ružomberok, Riadok	94	95	99	99	96	94	95	
	Žilina, Obežná		93	99	99	95		95	

≥ 90 % platných meraní

¹⁾ monitorovacia stanica Žarnovica, Dolná ukončila meranie 11.10. 2023 a 5.12. 2023 ju nahradila AMS Žarnovica

Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt (LH) na ochranu zdravia ľudí pre SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, CO a benzén pre jednotlivé monitorovacie stanice a znečisťujúce látky za rok 2023 uvádza **Tab. 3.5**. Podľa predbežného spracovania výstupov modelu CAMS je niekoľko prekročení (dni s priemernou dennou koncentráciou PM₁₀ > 50 µg·m⁻³) možné pripísať na vrub prírodným zdrojom (napríklad prenosu saharského prachu). Legislatíva EÚ umožňuje členskému štátu po schválení metodiky odpočtu tieto dni od celkového počtu prekročení odpočítať⁹.

Tab. 3.5 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu zdravia v roku 2023.

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka Doba spriemerovania Parameter Limitná hodnota [µg·m ⁻³] Maximálny počet prekročení	Ochrana zdravia								
		SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén
		1 h	24 h	1 h	1 rok	24 h	1 rok	1 rok	8 h ¹⁾	1 rok
		počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	príemer	počet prekročení	príemer	príemer	príemer	príemer
		350	125	200	40	50	40	20	10 000	5
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám.					0	17	11		
	Bratislava, Trnavské mýto			0	30	7	21	13	1 035	0,32
	Bratislava, Jeséniova	0	0	0	8	0	15	11		
	Bratislava, Mamateyova	0	0	0	16	0	14	10		
	Bratislava, Púchovská	0	0	0	13	3	18	10	742	0,38
KOŠICE	Košice, Štefánikova	0	0	0	22	13	24	16	1 437	0,88
	Košice, Amurská					5	20	15		
	Veľká Ida, Letná					36	30	20	2 962	
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánik. nábr.	0	0	0	22	18	24	13	1 696	0,49
	Banská Bystrica, Zelená			0	8	1	14	11		
	Jelšava, Jesenského			0	7	42	28	20		
	Hnúšťa, Hlavná					1	19	13		
	Lučenec, Gemerská cesta			0	14	9	21	15	1 267	0,34
	Zvolen, J. Alexyho					4	17	13		
	Žarnovica ²			0	11	15	21	19		
Bratislavský kraj	Žiar n/H, Jilemnického					0	14	10		
	Pezinok, Obrancov mieru			0	9	0	14	10		
	Rohožník, Senická cesta	0	0	0	12	3	18	12	1 383	0,59
	Rovinka	0	0	0	12	1	16		718	0,68
Košícký kraj	Senec, Boldocká			0	19	5	20	13	1 539	
	Kojšovská hoľa			0	2					
	Trebišov, T. G. Masaryka			0	10	4	19	14		
	Strážske, Mierová					3	19	14		
Nitriansky kraj	Krompachy, SNP	0	0	0	14	17	22	17	1 706	1,07
	Nitra, Janíkovce			0	10	1	16	12		
	Nitra, Štúrova	0	0	0	22	3	21	12	895	0,20
	Komárno, Vnútoraná Okružná			0	13	1	18	12		
	Plášťovce			0	7	34	22	20		

⁹ <https://www.shmu.sk/sk/?page=2816>

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka Doba spriemerovania Parameter Limitná hodnota [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] Maximálny počet prekročení	Ochrana zdravia								
		SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén
		1 h	24 h	1 h	1 rok	24 h	1 rok	1 rok	8 h ¹⁾	1 rok
		počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	príemer	počet prekročení	príemer	príemer	príemer	príemer
		350	125	200	40	50	40	20	10 000	5
Prešovský kraj	Gánovce, Meteo. st.			0	7					
	Humenné, Nám. slobody			0	8	4	19	17		
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu			0	34	10	23	16	1 337	0,55
	Vranov n/T, M. R. Štefánika	0	0			4	18	13		
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP			0	4	0	11	8		
	Starina, Vodná nádrž, EMEP			0	3					
	Kolonické sedlo, Hvezdáreň					0	14	10		
	Poprad, Železnica			0	14	1	16	12		
Trenčiansky kraj	Bardejov, Pod Vinbargom			0	10	4	17	13		
	Prievidza, Malonecpalská	0	0	0	19	4	16	12		
	Bystričany, Rozvodňa SSE	0	0			5	17	12		
	Handlová, Morovianska cesta	0	0			1	15	10		
	Púchov, 1. mája	0	0	0	9	6	19	14	1 433	
Trnavský kraj	Trenčín, Hasičská	0	0	0	23	6	19	12	1 144	0,60
	Senica, Hviezdoslavova	0	0			4	18	13		
	Trnava, Kollárova			0	27	2	19	14	1 178	0,67
	Topolníky, Aszód, EMEP	0	0	0	5	0	13	13		
Žilinský kraj	Sereď, Vinárska			0	12	3	17	11		
	Chopok, EMEP			0	2					
	Liptovský Mikuláš, Školská	0	0	0	12	8	17	12		
	Martin, Jesenského			0	16	11	20	15	1 752	0,47
	Oščadnica	0	0	0	6	8	18	15		
	Ružomberok, Riadok	0	0	0	17	15	19	15	2 690	0,79
Žilina, Obežná			0	18	13	20	15	1 346		

≥ 90 % platných meraní

Červenou farbou je vyznačené prekročenie limitnej hodnoty.

¹⁾ maximálna 8-h koncentrácia

²⁾ monitorovacia stanica Žarnovica, Dolná ukončila meranie 11.10. 2023 a 5.12. 2023 ju nahradila AMS Žarnovica

Limitná hodnota pre priemernú dennú koncentráciu PM₁₀ (priemerná denná koncentrácia PM₁₀ nesmie prekročiť 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ viac než 35-krát za kalendárny rok) bola v roku 2023 prekročená iba na dvoch monitorovacích staniciach – Veľká Ida, Letná a Jelšava, Jesenského.

Tab. 3.6 Priemerné ročné koncentrácie ťažkých kovov (As, Cd, Ni a Pb) v r. 2023.

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka Cieľová hodnota Limitná hodnota Horná medza na hodnotenie Dolná medza na hodnotenie	[ng·m ⁻³]	As	Cd	Ni	Pb
BRATISLAVA	Bratislava, Trnavské myto		0,2	0,1	0,8	3,3
	Slovensko	Banská Bystrica, Štefánikovo nábregie	0,4	0,3	0,8	5,8
		Jelšava, Jesenského	0,4	0,2	1,2	5,8
		Ružomberok, Riadok	0,9	0,1	1,3	2,6
		Veľká Ida, Letná	0,5	0,5	1,9	14,7
Prievidza, Malonecpalská		0,6	0,1	0,7	2,5	
Sereď, Vinárska		0,2	0,1	0,7	15,7	
Púchov, 1. mája	0,2	0,2	0,8	2,9		

V **Tab. 3.7** sú uvedené priemerné ročné koncentrácie benzo(a)pyrénu (BaP) v ovzduší podľa meraní v rokoch 2018–2023.

Tab. 3.7 Priemerné ročné koncentrácie benzo(a)pyrénu v rokoch 2018–2023.

AGLOMERÁCIA Zóna	Cieľová hodnota [ng·m ⁻³]	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	Horná medza na hodnotenie [ng·m ⁻³]	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	Dolná medza na hodnotenie [ng·m ⁻³]	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
BRATISLAVA	Bratislava, Jeséniova		0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
	Bratislava, Trnavské Mýto	0,9	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3
	Bratislava, Púchovská				0,9	0,4	0,4
KOŠICE	Veľká Ida, Letná	5,8	4,5	4,6	6,1	5,4	4,9
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie	2,1	1,7	1,6	1,7	1,4	1,2
	Banská Bystrica, Zelená		1,1	1,2	1,3	0,9	0,9
	Jelšava, Jesenského	3,9	4,0	3,0	2,8	2,7	3,4
	Žarnovica, Dolná				2,2	2,7	1,9
Bratislavský kraj	Rovinka			0,4	0,6	0,5	0,4
Košický kraj	Kropachy, SNP		2,7	2,1	2,2	2,2	2,1
Nitriansky kraj	Nitra, Štúrova	0,9	0,8	0,6	0,8	0,6	0,5
	Plášťovce				2,2	2,4	2,6
Prešovský kraj	Starina, Vodná nádrž, EMEP	1,2	0,4	0,3	0,4	0,2	0,3
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP		0,4	0,3	0,4	0,3	0,2
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská		1,4	1,2	1,1	0,9	1,1
	Púchov, 1. mája				4,7	2,0	1,2
Trnavský kraj	Trnava, Kollárova	0,9	0,7	0,5	0,6	0,5	0,5
Žilinský kraj	Žilina, Obežná	6,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,2
	Ružomberok, Riadok			4,5	2,3	2,2	2,0
	Oščadnica				12,0	2,5	1,9

≥ 90 % platných meraní

Červenou farbou je vyznačené prekročenie cieľovej hodnoty.

* Bratislava, Jeséniova – výpadok kvôli technickým problémom od marca do júla, 60 % platných meraní

** Žarnovica – premiestnenie stanice, výpadok v novembri a menej meraní v decembri, 82 % platných meraní

*** Rovinka – výpadok v marci a menej meraní v letných mesiacoch, spolu 81 % platných meraní

Cieľová hodnota pre BaP bola prekročená na 10 staniciach. Merania v Žarnovici síce kvôli sťahovaniu stanice nedosiahli požadovaný podiel platných údajov (90 %), ich rozloženie počas roku umožňuje s vysokou pravdepodobnosťou predpokladať, že cieľová hodnota by bola prekročená aj na tejto lokalite. Podiel platných údajov bol 82 %, výpadok bol počas vykurovacej sezóny, celoročné meranie by pravdepodobne prinieslo ešte vyššiu hodnotu priemernej ročnej koncentrácie v Žarnovici.

3.3.1 Vyhodnotenie na základe horných a dolných medzí na hodnotenie

Hodnotenie kvality ovzdušia sa vykonáva stálym meraním v aglomeráciách a zónach tam, kde je úroveň znečistenia ovzdušia znečisťujúcou látkou vyššia ako horná medza na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia. Ak je k dispozícii dostatok údajov, musia sa prekročenia horných a dolných medzí na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia zistiť na základe koncentrácií nameraných za posledných päť rokov. Medza na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia sa považuje za prekročenú, ak príde k prekročeniu najmenej v troch jednotlivých rokoch z posledných piatich rokov.

Ak je k dispozícii menej údajov ako za päť rokov, prekročenia horných a dolných medzí na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia možno zistiť kombináciou výsledkov z meracích kampaní kratšieho trvania vykonaných počas jedného roka v lokalitách s pravdepodobne najvyššími úrovňami znečistenia ovzdušia s výsledkami, ktoré sa získali z emisných inventúr a modelovania (Vyhláška MŽP SR č. 250/2023 Z. z. o kvalite ovzdušia). Zaradenie monitorovacích staníc podľa horných a dolných medzí na hodnotenie uvádzajú **Tab. 3.8** a **Tab. 3.9**.

Tab. 3.8 Zaradenie AMS podľa horných (HMH) a dolných medzí (DMH) na hodnotenie pre určenie spôsobu hodnotenia kvality ovzdušia za roky 2019 až 2023.

AGLOMERÁCIA/ zóna	Stanica	HMH a DMH s ohľadom na ochranu zdravia ľudí							
		SO ₂	NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén
		24h priemer	1h priemer	ročný priemer	24h priemer	ročný priemer	ročný priemer	8h maximum	ročný priemer
	> HMH vs HMH; >DMH vs DMH	> HMH vs HMH; >DMH vs DMH	> HMH vs HMH; >DMH vs DMH	> HMH vs HMH; >DMH vs DMH	> HMH vs HMH; >DMH vs DMH	> HMH vs HMH; >DMH vs DMH	> HMH vs HMH; >DMH vs DMH	> HMH vs HMH; >DMH vs DMH	
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám.				X	X	X		
	Bratislava, Trnavské mýto		X	X	X	X	X	X	X
	Bratislava, Jeséniova	X	X	X	X	X	X		
	Bratislava, Mamateyova	X	X	X	X	X	X		
	Bratislava, Púchovská	X	X	X	X	X	X	X	X
KOŠICE	Košice, Štefánikova	X	X	X	X	X	X	X	X
	Košice, Amurská				X	X	X		
	Veľká Ida, Letná				X	X	X	X	
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.	X	X	X	X	X	X	X	X
	Banská Bystrica, Zelená		X	X	X	X	X		
	Zvolen, J. Alexyho				X	X	X		
	Jelšava, Jesenského		X	X	X	X	X		
	Hnúšťa, Hlavná				X	X	X		
	Žarnovica, Dolná		X	X	X	X	X		
	Žarnovica**								
	Lučenec, Gemerská cesta		X	X	X	X	X	X	X
Žiar nad Hronom, Jilemnického				X	X	X			
Bratislavský kraj	Pezinok	X	X	X	X	X	X	X	
	Rovinka	X	X	X	X	X		X	X
	Rohožník, Senická cesta ***	X	X	X	X	X	X	X	X
	Senec, Boldocká		X	X	X	X	X	X	
Košícký kraj	Kojšovská hoľa*		X	X					
	Strážske, Mierová				X	X	X		
	Krompachy, SNP	X	X	X	X	X	X	X	X
	Trebišov, T. G. Masaryka		X	X	X	X	X		
Nitriansky kraj	Nitra, Janíkovce		X	X	X	X	X		
	Nitra, J. Štúrova	X	X	X	X	X	X	X	X
	Komárno, Vnútorná Okružná		X	X	X	X	X		
	Plášťovce		X	X	X	X	X		
Prešovský kraj	Humenné, Nám. slobody		X	X	X	X	X		
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu		X	X	X	X	X	X	X
	Gánovce, MS SHMÚ*		X	X					
	Starina, Vodná nádrž, EMEP*		X	X					
	Vranov n/Topľou, M. R. Štefánika	X			X	X	X		
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP*		X	X	X	X	X		
	Kolonické sedlo, Hvezdáreň				X	X	X		
	Poprad, Železničná		X	X	X	X	X		
Bardejov, Pod Vinbargom		X	X	X	X	X			
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská	X	X	X	X	X	X		
	Bystričany, Rozvodňa SSE	X			X	X	X		
	Handlová, Morovianska cesta	X			X	X	X		
	Púchov, 1. mája	X	X	X	X	X	X	X	
	Trenčín, Hasičská	X	X	X	X	X	X	X	X

AGLOMERÁCIA/ zóna	Stanica	HMH a DMH s ohľadom na ochranu zdravia ľudí								
		SO ₂	NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén	
		24h priemer	1h priemer	ročný priemer	24h priemer	ročný priemer	ročný priemer	8h maximum	ročný priemer	
	> HMH > HMH; > DMH ≤ DMH	> HMH > HMH; > DMH ≤ DMH	> HMH > HMH; > DMH ≤ DMH	> HMH > HMH; > DMH ≤ DMH	> HMH > HMH; > DMH ≤ DMH	> HMH > HMH; > DMH ≤ DMH	> HMH > HMH; > DMH ≤ DMH	> HMH > HMH; > DMH ≤ DMH	> HMH > HMH; > DMH ≤ DMH	
Trnavský kraj	Senica, Hviezdoslavova,		X			X		X		
	Trnava, Kollárova			X	X	X		X	X	X
	Topoľníky, Aszód, EMEP*	X	X	X	X	X		X	X	
	Sereď, Vinárska			X	X	X		X	X	
Žilinský kraj	Martin, Jesenského			X	X	X		X	X	X
	Liptovský Mikuláš, Školská	X	X	X	X	X		X	X	
	Oščadnica	X	X	X	X	X		X	X	
	Chopok, EMEP*			X	X					
	Ružomberok, Riadok	X	X	X	X	X		X	X	X
	Žilina, Obežná			X	X	X		X	X	

* stanice indikujú regionálnu požadovú úroveň

** AMS Žarnovica, Dolná ukončila meranie 11.10. 2023 a 5.12. 2023 ju nahradila AMS Žarnovica

*** monitorovacie stanica bola v roku 2022 premiestnená z Malaciek do Rohožníka

Tab. 3.9 Zaradenie monitorovacích staníc, na ktorých sa monitorovali ťažké kovy a benzo(a)pyrén, podľa horných (HMH) a dolných medzí (DMH) na hodnotenie pre určenie spôsobu hodnotenia kvality ovzdušia za roky 2019 až 2023.

Stanica	As	Cd	Ni	Pb	BaP
	> HMH > HMH; > DMH ≤ DMH	> HMH > HMH; > DMH ≤ DMH	> HMH > HMH; > DMH ≤ DMH	> HMH > HMH; > DMH ≤ DMH	> HMH > HMH; > DMH ≤ DMH
Bratislava, Jeséniova					X
Bratislava, Trnavské mýto	X	X	X	X	X
Bratislava, Púchovská					X
Veľká Ida, Letná	X	X	X	X	X
Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.	X	X	X	X	X
Banská Bystrica, Zelená					X
Jelšava, Jesenského	X	X	X	X	X
Žarnovica, Dolná					X
Rovinka					X
Kropáčy, SNP		X	X	X	X
Nitra, Štúrova					X
Plášťovce					X
Starina, Vodná nádrž, EMEP					X
Stará Lesná, EMEP					X
Prievidza, Malonecpalská		X	X	X	X
Púchov, 1. mája					X
Trnava, Kollárova					X
Žilina, Obežná					X
Ružomberok, Riadok	X	X	X	X	X
Oščadnica					X
Sereď, Vinárska	X	X	X	X	X

V **Tab. 3.10** sú uvedené priemerné ročné koncentrácie troposférického ozónu v rokoch 2010–2023 v porovnaní s fotochemicky mimoriadne aktívnym rokom 2003.

Tab. 3.10 Priemerné ročné koncentrácie prízemného ozónu ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v rokoch 2003 a 2010 – 2023.

Stanica	2003	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Bratislava, Jeséniova	71	61	63	65	62	60	71	56	64	68	66	61	62	65	65
Bratislava, Mamateyova	53	46	51	53	48	46	54	36	51	54	54	49	50	50	50
Košice, Ďumbierska	68	63	73	62	61	55	57	55	55	63	56	46	49	53	50
Banská Bystrica, Zelená		56	60	66	66	58	48	45	57	56	47	48	54	57	52
Jelšava, Jesenského	55	44	-	-	41	36	45	48	49	49	45	39	41	38	45
Kojšovská hoľa	91	90	87	83	78	75	61	81	80	82	78	72	74	79	76
Nitra, Janíkovce		53	-	62	58	52	63	43	60	60	54	56	58	59	61
Humenné, Nám. slobody	66	53	53	55	60	40	41	50	52	51	54	49	49	51	49
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	67	67	65	63	71	56	66	58	63	67	59	57	47	49	49
Gánovce, Meteo. st.	68	63	64	66	67	58	66	38	53	56	57	51	53	54	52
Starina, Vodná nádrž, EMEP	73	51	59	60	64	55	64	58	60	64	62	54	57	55	53
Prievidza, Malonecpalská		49	51	52	50	53	54	39	51	52	49	46	47	41	47
Topoľníky, Aszód, EMEP	67	55	-	59	64	51	51	49	47	54	55	24	49	54	52
Chopok, EMEP	109	87	96	93	96	52	88	91	98	95	90	91	89	91	89
Žilina, Obežná	48	47	48	49	53	42	36	43	38	44	44	36	38	36	37
Ružomberok, Riadok								37	37	36	36	35	40	37	40
Bardejov, Pod Vinbargom													44	45	42
Trebišov, T. G. Masaryka													49	49	49
Plášťovce													49	47	46
Komárno, Vnútoraná Okružná													47	46	53
Senec, Boldocká													35	49	48
Pezinok, Obrancov mieru														58	58
Lučenec, Gemerská cesta														42	41
Ošcadnica														48	50
Priemer	65	59	61	63	63	53	58	52	57	59	57	51	50	52	52

≥ 90% požadovaných platných údajov

Vyhláška MŽP SR č. 250/2023 Z. z. o kvalite ovzdušia ustanovuje cieľovú hodnotu pre ozón na ochranu zdravia ľudí nasledovne: *Najväčšia denná 8-hodinová stredná hodnota neprekročí 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ viac ako 25 dní za kalendárny rok v priemere troch rokov**. Počet dní s prekročením cieľovej hodnoty prízemného ozónu uvádza **Tab. 3.11**.

**Metodická poznámka: Priemerovanou hodnotou je najväčšia denná 8-hodinová priemerná koncentrácia (tá sa vyberie preskúmaním 8-hodinových kľúčových priemerov vypočítaných z hodinových údajov a aktualizovaných každú hodinu; každý takto vypočítaný 8-hodinový priemer sa priradí ku dňu, v ktorom končí, t. j. prvým výpočtovým obdobím pre ktorýkoľvek deň je časové rozmedzie od 17.00 h predchádzajúceho dňa do 1.00 h daného dňa; posledným výpočtovým obdobím pre ktorýkoľvek jeden deň je časové rozmedzie od 16.00 h do konca daného dňa).*

Tab. 3.11 Počet dní s prekročením cieľovej hodnoty prízemného ozónu na ochranu zdravia ľudí.

Stanica	2021	2022	2023	Priemer 2021 – 2023
Bratislava, Jeséniova	23	37	23	28
Bratislava, Mamateyova	15	25	18	19
Košice, Ďumbierska	0	7	4	4
Banská Bystrica, Zelená	3	9	0	4
Jelšava, Jesenského	2	*7	1	2
Kojšovská hoľa	4	16	*17	10
Nitra, Janíkovce	15	31	21	22
Humenné, Nám. Slobody	1	5	2	3
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	0	0	*0	0
Gánovce, Meteo. st.	0	2	0	1

Stanica	2021	2022	2023	Priemer 2021 – 2023
Starina, Vodná nádrž, EMEP	0	1	1	1
Prievidza, Malonecpalská	3	*3	4	4
Topoľníky, Aszód, EMEP	3	9	2	5
Chopok, EMEP	22	34	34	30
Žilina, Obežná	0	3	1	1
Ružomberok, Riadok	0	0	1	1
Bardejov, Pod Vinbargom	0	3	1	1
Trebišov, T. G. Masaryka	2	5	3	3
Plášťovce	19	21	13	18
Komárno, Vnútorná Okružná	7	11	16	11
Senec, Boldocká	*2	11	3	7
Pezinok, Obrancov mieru		21	16	19
Lučenec, Gemerská cesta		6	0	3
Oščadnica		8	6	7

■ $\geq 90\%$ požadovaných platných údajov

Červenou farbou je vyznačené prekročenie cieľovej hodnoty.

* daný rok sa nezapočítal do priemeru, z dôvodu nedostatku údajov v letnom období

Hodnoty prízemného ozónu AOT40 na ochranu vegetácie sa nachádzajú v **Tab. 3.12**. AOT40 je suma prekročení úrovne $80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ počítaných z 1-h koncentrácií počas dňa (od 8:00 do 20:00 h SEČ) od 1. mája do 31. júla. Cieľová hodnota je $18\,000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (vzťahuje sa k priemeru 5 za sebou idúcich kalendárnych rokov). Táto hodnota bola prekročená na dvoch staniciach (t. j. na týchto staniciach prekročil priemer hodnôt AOT40 za roky 2019–2023 hodnotu $18\,000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Tab. 3.12 Hodnoty prízemného ozónu AOT40 na ochranu vegetácie (máj – júl).
Cieľová hodnota AOT40 je $18\,000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Stanica	2019	2020	2021	2022	2023	Priemer 2019 – 2023
Bratislava, Jeséniova	20 609	12 501	19 274	23 763	20 177	19 265
Bratislava, Mamatejova	19 340	10 655	17 655	20 072	16 292	16 803
Košice, Ďumbierska	11 752	3 269	7 368	12 662	11 835	9 377
Banská Bystrica, Zelená	8 298	7 723	15 869	*19 716	9 226	12 166
Jelšava, Jesenského	12 361	5 191	10 186	*17 622	10 530	11 178
Kojšovská hoľa	12 202	4 995	13 260	19 435	13 249	12 628
Nitra, Janíkovce	13 313	12 741	18 931	24 322	18 824	17 626
Humenné, Nám. slobody	13 326	5 981	12 578	16 047	9 520	11 490
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	8 666	7 890	2 491	6 210		6 314
Gánovce, Meteo. st.	8 954	3 251	6 707	11 317	4 596	6 965
Starina, Vodná nádrž, EMEP	11 601	5 072	11 737	9 560	5 857	8 765
Prievidza, Malonecpalská	8 301	6 198	11 799	*15 529	8 582	10 082
Topoľníky, Aszód, EMEP	17 690	-	13 176	16 686	12 739	12 058
Chopok, EMEP	23 711	15 957	23 654	26 536	24 179	22 807
Žilina, Obežná	11 800	559	4 794	5 338	5 114	5 521
Ružomberok, Riadok	5 307	1 999	*8 041	2 935	7 890	4 533
Bardejov, Pod Vinbargom			10 607	12 711	7 413	10 244
Trebišov, T. G. Masaryka			12 369	15 806	10 425	12 867
Plášťovce*			*24 211	19 720	15 043	17 381
Komárno, Vnútorná Okružná*			*17 818	12 824	21 701	17 262
Senec, Boldocká*			-	14 893	8 930	11 911
Pezinok, Obrancov mieru				19 368	11 931	15 650
Lučenec, Gemerská cesta				14 834	9 478	12 156
Oščadnica				14 893	8 930	11 911

* daný rok sa nezapočítal do priemeru, z dôvodu nedostatku údajov v letnom období

Červenou farbou je vyznačené prekročenie cieľovej hodnoty.

Podľa vyhodnotenia meraní monitorovacích staníc ostatných prevádzkovateľov (priemyselné stanice mimo NMSKO) nebola prekročená limitná hodnota pre PM₁₀ ani na jednej lokalite (Tab. 3.13).

Tab. 3.13 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu ľudského zdravia za rok 2023 z priemyselných staníc ostatných prevádzkovateľov – VZZO (veľkých zdrojov znečisťovania ovzdušia).

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka Doba spriemerovania Limitná hodnota [µg·m ⁻³] (Maximálny počet prekročení)	Ochrana zdravia						
		SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		CO
		1 h	24 h	1 h	1 rok	24 h	1 rok	8 h ¹⁾
		350	125	200	40	50	40	10 000
		(24)	(3)	(18)		(35)		
BRATISLAVA	Bratislava, Pod. Biskupice (Slovnaft, a. s.)	1	1	0	14	2	18	1 063
	Bratislava, Vlčie Hrdlo (Slovnaft, a. s.)	1	0	0	14	1	16	737
KOŠICE	Košice, Poľov (U.S. Steel, s. r. o.)					1	13	
	Košice, Haniska (U.S. Steel, s. r. o.)					3	17	
Bratislavský kraj	Rovinka (Slovnaft, a. s.)	0	0	0	11	0	17	703
Košický kraj	Veľká Ida (U.S. Steel, s. r. o.)					8	23	
	Leles (Slovenské elektrárne, a. s.)	0	0	0	7	0	10	
Nitriansky kraj	Trnovec nad Váhom (Duslo, a. s.)	0	0	0	4	0	18	
Trenčiansky kraj	Oslany (Slovenské elektrárne, a. s.)	0	0	0	10	5	18	
Žilinský kraj	Ružomberok (Mondi a. s. - Supra)					14	22	

¹⁾ maximálna 8-h koncentrácia

3.3.2 Vyhodnotenie kvality ovzdušia podľa limitných a cieľových hodnôt na ochranu zdravia ľudí pre SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, benzén, CO a benzo(a)pyrén v členení na aglomerácie a zóny v roku 2023

V Prílohách Hodnotenie krajov sú uvedené výsledky meraní vzhľadom k limitným a cieľovým hodnotám jednotlivých znečisťujúcich látok na ochranu ľudského zdravia v jednotlivých zónach a aglomeráciách. Hodnotenie kvality ovzdušia je komplexný problém, na riešenie ktorého sa okrem monitoringu používajú metódy matematického modelovania. Tie predstavujú doplňujúcu informáciu o priestorovom rozdelení koncentrácií znečisťujúcich látok v ovzduší ako aj o vzťahu k zdrojom emisií znečisťujúcich látok (ak sú k dispozícii vstupné informácie). Hodnotenie kvality ovzdušia pomocou matematického modelovania sa nachádza v Kapitole 4.

3.3.3 Vyhodnotenie kvality ovzdušia podľa limitných a cieľových hodnôt na ochranu zdravia ľudí pre Pb, As, Cd, Ni a O₃ v členení na aglomeráciu Bratislava a zónu Slovensko v roku 2023

■ Aglomerácia Bratislava

Limitná hodnota pre Pb, ani cieľové hodnoty pre As, Cd, Ni neboli v aglomerácii Bratislava prekročené.

Cieľová hodnota pre ozón (najväčšia denná 8-h stredná hodnota neprekročí 120 µg·m⁻³ viac ako 25 dní za kalendárny rok v priemere troch po sebe idúcich rokov) bola prekročená na monitorovacej stanici Bratislava, Jeséniova. Táto skutočnosť mohla byť zapríčinená viacerými faktormi – dobrou dostupnosťou prekursorov ozónu, vyšším pomerom NO₂/NO v prospech NO₂ v tejto lokalite, takže ozón tu už nie je do takej miery degradovaný oxidom dusnatým z cestnej dopravy ako pri frekventovaných cestách. Prejaviť sa tu mohli aj epizódy diaľkového prenosu. V roku 2023 v Bratislave prišlo k prekročeniu informačného prahu pre O₃ na AMS Bratislava, Jeséniova v trvaní 3 hodín a na AMS Bratislava, Mamateyova v trvaní 5 hodín. Výstražný prah pre O₃ prekročený nebol.

■ Zóna Slovensko

Pre Pb, As, Cd, Ni a O₃ zóna vymedzuje územie Slovenskej republiky okrem územia hlavného mesta SR Bratislavy.

Limitná hodnota pre Pb, ani cieľové hodnoty pre As, Cd a Ni neboli v zóne Slovensko prekročené.

Cieľová hodnota pre ozón bola prekročená na monitorovacej stanici Chopok, EMEP. Stanica sa nachádza v nadmorskej výške 2008 m n. m., kde sa na zvýšených koncentráciách troposférického ozónu podieľa okrem horizontálneho diaľkového prenosu aj prenos zo spodných vrstiev stratosféry. V roku 2023 prišlo k prekročeniu informačného prahu pre O₃ na AMS Pezinok, Obrancov mieru v trvaní 2 hodín a na AMS Komárno, Vnútorňa Okružná v trvaní 3 hodín. Výstražný prah pre O₃ prekročený nebol.

3.3.4 Smogový varovný systém

Smogový varovný systém je jedným z mechanizmov, ktorých cieľom je ochrana zdravia obyvateľstva pri krátkodobom zhoršení kvality ovzdušia, pričom sa vyhodnocuje prekročenie informačného prahu pre SO₂, NO₂, O₃ a PM₁₀, resp. výstražného prahu pre O₃ a PM₁₀. Oznámenie o vzniku smogovej situácie sa vydá pri prekročení informačného prahu a výstraha pred závažnou smogovou situáciou pri prekročení výstražného prahu, ak súčasne podľa vývoja znečistenia ovzdušia a na základe meteorologickej predpovede nie je odôvodnené predpokladať zníženie koncentrácie danej znečisťujúcej látky v priebehu nasledujúcich 24 hodín pod hodnotu výstražného prahu.

Jednotlivé znečisťujúce látky majú v smogovom varovnom systéme odlišné nastavenie – informačný (resp. výstražný) prah pre prízemný ozón je prekročený, ak priemerná hodinová koncentrácia presiahne hodnotu 180 µg·m⁻³ (resp. 240 µg·m⁻³). Pre NO₂ a SO₂ je stanovený iba výstražný prah, ktorý je prekročený, ak tri po sebe nasledujúce priemerné hodinové koncentrácie prekročia stanovenú prahovú hodnotu (500 µg·m⁻³ pre SO₂ a 400 µg·m⁻³ pre NO₂). V prípade PM₁₀ je parametrom 12-h kĺzavý priemer, pričom informačný prah má hodnotu 100 µg·m⁻³ a výstražný 150 µg·m⁻³.

Podmienky na vydanie oznámenia o pominutí smogovej situácie alebo oznámenia o zrušení výstrahy pred závažnou smogovou situáciou nastanú, ak koncentrácia neprekračuje príslušnú prahovú hodnotu a tento stav trvá:

- súvisle 24 hodín a podľa vývoja znečistenia ovzdušia a na základe meteorologickej predpovede nie je odôvodnené predpokladať opätovné prekročenie príslušnej prahovej hodnoty v priebehu nasledujúcich 24 hodín, alebo
- najmenej 3 hodiny a podľa vyhodnotenia vývoja znečistenia ovzdušia na základe meteorologickej predpovede je takmer vylúčené opätovné prekročenie príslušnej prahovej hodnoty v priebehu nasledujúcich 24 hodín.

Pravidlá uplatňovania smogového varovného systému sú stanovené Vyhláškou MŽP SR č. 250/2023 Z. z. o kvalite ovzdušia.

Výstražný prah pre SO₂ ani NO₂ nebol prekročený od r. 2013. Koncentrácia prízemného ozónu prekročila v roku 2023 informačný prah na AMS Bratislava, Jeséniova, AMS Bratislava Mamateyova, AMS Pezinok a AMS Komárno.

Počet oznámení o vzniku smogovej situácie pre PM₁₀ bol v roku 2023 oproti roku 2022 mierne nižší. Nebola vydaná žiadna výstraha pred závažnou smogovou situáciou (prekročenie výstražného prahu súviselo so silvestrovskými oslavami) a v súvislosti s prekročením informačného prahu bolo vydaných niekoľko oznámení o vzniku smogovej situácie (tri pre Jelšavu a Ružomberok a po jednom pre Martin a Krompachy). V prípade, že bolo na základe meteorologickej predpovede alebo charakteru znečistenia možné predpokladať zlepšenie rozptylovej situácie, oznámenie resp. výstraha neboli vydávané.

V roku 2023 boli vydané tri oznámenia o vzniku smogovej situácii pre O₃ (19. 6. pre okres Komárno, 21. 6. pre Bratislavu a 22. 8. pre Bratislavu a okres Pezinok). K prekročeniu výstražného prahu pre O₃ v SR neprišlo.

Trvanie prekročenia informačného a výstražného prahu pre PM₁₀ a O₃ v roku 2023 v porovnaní s r. 2022 uvádza [Tab. 3.14](#).

Tab. 3.14 Trvanie prekročenia (v hodinách) informačného prahu (IP) a výstražného prahu (VP) pre jednotlivé znečisťujúce látky.

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka Rok Výstražný/informačný prah Doba spriemerovania Limitná hodnota [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	O ₃				PM ₁₀			
		2022	2022	2023	2023	2022	2022	2023	2023
		IP	VP	IP	VP	IP	VP	IP	VP
		1h	3 h po sebe	1h	3 h po sebe	12h	12h	12h	12h
		180	240	180	240	100	150	100	150
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám.					0	0	0	0
	Bratislava, Trnavské mýto					0	0	0	0
	Bratislava, Jeséniova	1	0	3	0	0	0	0	0
	Bratislava, Mamateyova	0	0	5	0	8	0	0	0
	Bratislava, Púchovská					0	0	0	0
KOŠICE	Košice, Štefánikova					24	0	28	0
	Košice, Amurská					0	0	0	0
	Košice, Ďumbierska	0	0	0	0				
	Veľká Ida, Letná					72	0	15	0
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.					33	0	52	8
	Banská Bystrica, Zelená	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jelšava, Jesenského	0	0	0	0	85	0	28	0
	Hnúšťa, Hlavná					0	0	0	0
	Lučenec, Gemerská cesta	0	0	0	0	0	0	0	0
	Zvolen, J. Alexyho					0	0	0	0
	Žarnovica, Dolná					14	0	0	0
Žiar n/H, Jilemnického					0	0	0	0	
Bratislavský kraj	Pezinok, Obrancov mieru	0	0	2	0	0	0	0	0
	Rohožník, Senická					0	0	0	0
	Rovinka					0	0	11	0
	Senec, Boldocká	0	0	0	0	9	0	22	6
Košický kraj	Kojšovská hoľa	0	0	0	0				
	Trebišov, T. G. Masaryka	0	0	0	0	6	0	0	0
	Strážske, Mierová					0	0	0	0
	Krompachy, SNP					15	0	20	0
Nitriansky kraj	Nitra, Janíkovce	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nitra, Stúrova					0	0	0	0
	Komárno, Vnútoraná Okružná	0	0	3	0	9	0	10	0
	Plášťovce	0	0	0	0	17	0	24	6
Prešovský kraj	Gánovce, Meteo. st.	0	0	0	0				
	Humenné, Nám. Slobody	0	0	0	0	0	0	2	0
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu					6	0	20	0
	Vranov n/T, M. R. Štefánika					0	0	10	0
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	0	0	0	0	0	0	0	0
	Starina, Vodná nádrž, EMEP	0	0	0	0	0	0	0	0
	Kolonické sedlo, Hvezdáreň					0	0	0	0
	Poprad, Železničná					0	0	0	0
Bardejov, Pod Vinbargom	0	0	0	0	0	0	0	0	
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bystričany, Rozvodňa SSE					0	0	0	0
	Handlová, Morovianska cesta					6	0	0	0
	Púchov, 1. mája					13	0	0	0
	Trenčín, Hasičská					0	0	0	0
Trnavský kraj	Senica, Hviezdoslavova					0	0	0	0
	Trnava, Kollárova					0	0	0	0
	Topoľníky, Aszód, EMEP	0	0	0	0	13	4	0	0
	Sereď, Vinárska					0	0	0	0
Žilinský kraj	Chopok, EMEP	0	0	0	0	0	0	0	0
	Liptovský Mikuláš, Školská					4	0	24	11
	Martin, Jesenského					6	0	47	0
	Oščadnica	0	0	0	0	19	0	9	0
	Ružomberok, Riadok	0	0	0	0	15	1	86	15
	Žilina, Obežná	0	0	0	0	38	12	0	0

Najviac hodín s prekročením informačného prahu pre PM₁₀ bolo zaznamenané v roku 2023 na monitorovacej stanici Ružomberok, Riadok (86), pričom prekročenia na tejto stanici boli namerané v priebehu januára, februára, a decembra. Najvyšší počet prekročení v Ružomberku bol nameraný vo februári (59).

3.3.5 Zhrnutie

Rok 2023 bol vo všeobecnosti pozitívne ovplyvnený meteorologickými podmienkami – bol neobvykle výdatný na zrážky a nároky na vykurovanie domácností neboli vysoké. Namerané hodnoty znečisťujúcich látok boli preto v priemere nižšie, než v predchádzajúcich rokoch.

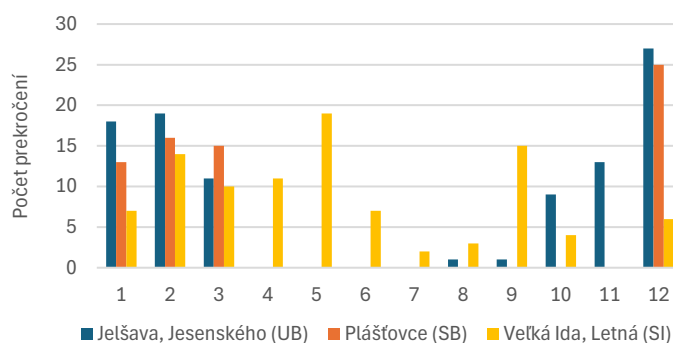
Najvyššie koncentrácie boli namerané vo februári, vďaka kombinácii vplyvu nepriaznivých rozptylových podmienok pod opakovaným vplyvom tlakových výší a relatívne nízkych teplôt v prvej polovici mesiaca.

PM₁₀

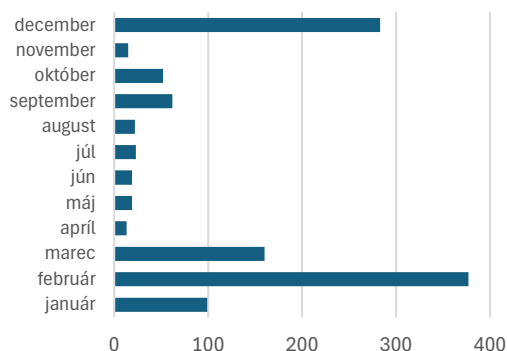
Prekročenia limitnej hodnoty na ochranu ľudského zdravia pre 24-h koncentrácie sa vyskytli na **dvoch AMS (Jelšava, Jesenského a Veľká Ida, Letná)**, pričom najviac prekročení bolo zaznamenaných vo februári a v decembri (**Obr. 3.1**). Zaujímavé je, že hoci väčšina priemerných denných koncentrácií PM₁₀ nad 50 µg·m⁻³ bola zaznamenaná vo februári (**Obr. 3.2**) pod vplyvom chladných dní s nárokmi na vykurovanie a nepriaznivých rozptylových podmienok, v Jelšave a v Plášťovciach bolo najviac takýchto dní v decembri. Celkovo však v Plášťovciach limitná hodnota prekročená nebola. Najvyšší podiel prekročení mali aglomerácia Košice (zahŕňa aj priemyselnú AMS vo Veľkej Ide) a zóna Banskobystrický kraj (**Obr. 3.3**). Niekoľko ďalších epizód s vyššími hodnotami priemernej dennej koncentrácie PM₁₀ bolo pravdepodobne zapríčinených *dial'kovým prenosom prachu* zo suchých oblastí.

V roku 2023 neprišlo na žiadnej monitorovacej stanici k prekročeniu limitnej hodnoty 40 µg·m⁻³ pre priemernú ročnú koncentráciu PM₁₀. Najvyššie hodnoty tohto ukazovateľa zaznamenali Veľká Ida, Letná (30 µg·m⁻³; v roku 2022 to bolo 37 µg·m⁻³) a Jelšava, Jesenského (28 µg·m⁻³; v roku 2022 to bolo 30 µg·m⁻³).

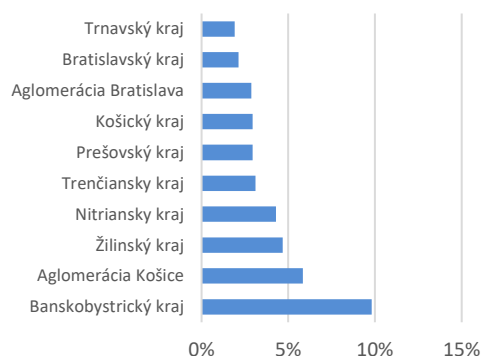
Obr. 3.1 Počet dní v mesiacoch 2023 s priemernou dennou koncentráciou PM₁₀ > 50 µg·m⁻³ na AMS, na ktorých bola v roku 2022 alebo 2023 prekročená limitná hodnota.



Obr. 3.2 Počet dní s priemernou dennou koncentráciou PM₁₀ > 50 µg·m⁻³ na všetkých AMS v mesiacoch.

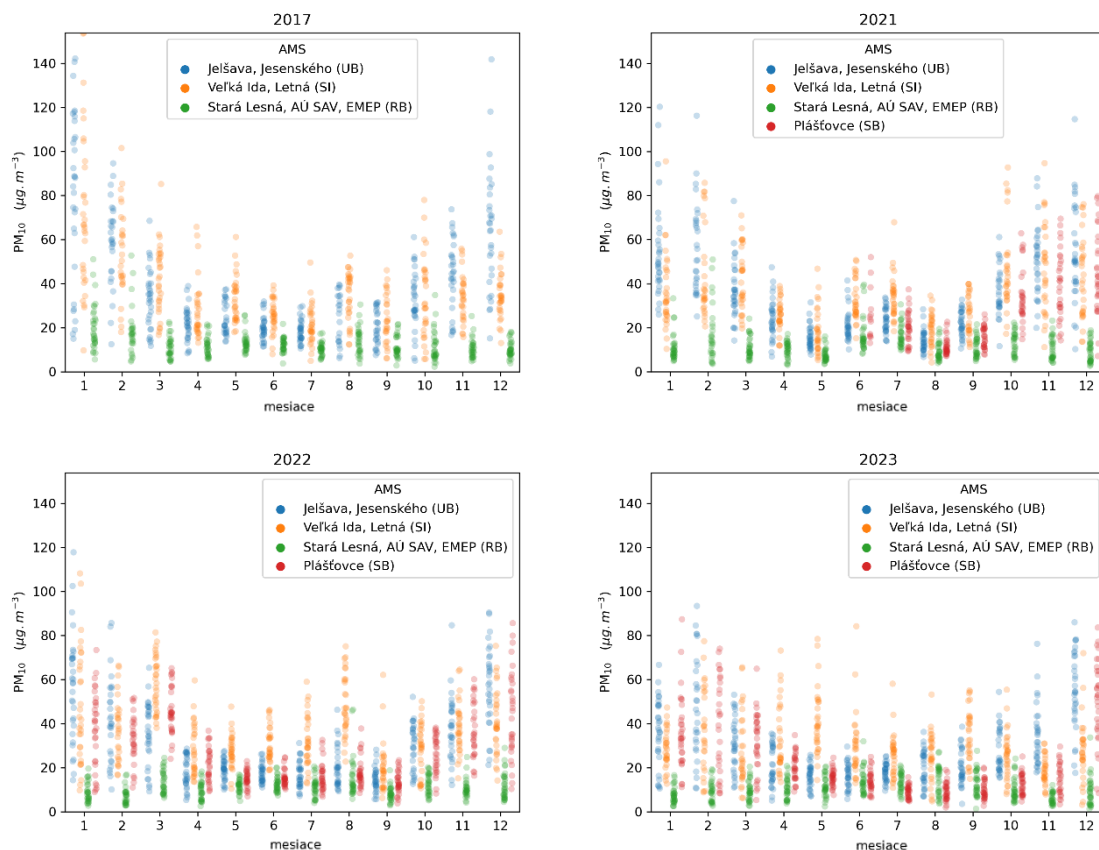


Obr. 3.3 Relatívny počet prekročení dennej limitnej hodnoty pre PM₁₀ vzhľadom k všetkým meraniam v zóne/aglomerácii.



Porovnanie priemerných denných koncentrácií na staniách, ktoré zaznamenali prekročenie limitnej hodnoty pre PM₁₀ v roku 2017 a 2021–2023 ilustruje Obr. 3.4.

Obr. 3.4 Porovnanie priemerných denných koncentrácií PM₁₀ na vybraných staniách v rokoch 2017 a 2021–2023.



■ PM_{2,5}

Pre PM_{2,5} je stanovená limitná hodnota 20 µg·m⁻³ (pre priemernú ročnú koncentráciu), ktorá vstúpila do platnosti 1. 1. 2020. V roku 2023 nebola prekročená limitná hodnota pre PM_{2,5}. V roku 2022 bola prekročená na troch automatických monitorovacích staniách kvality ovzdušia: Veľká Ida, Letná; Jelšava, Jesenského a Plášťovce.

Zdravotné dôsledky vyplývajúce zo znečistenia ovzdušia časticami PM závisia od veľkosti aj zloženia tuhých častíc, pričom dôsledky pre ľudské zdravie sú tým závažnejšie, čím sú častice menšie. Európska i slovenská legislatíva preto presúva ťažisko pozornosti na PM_{2,5}. Ukazovateľom, ktorý vyjadruje trend zaťaženia obyvateľstva koncentraciami PM_{2,5} je Indikátor Priemernej Expozície PM_{2,5} (IPE). Je definovaný ako trojročný kĺzavý priemer ročných priemerov PM_{2,5} z vybraných mestských a predmestských požadových staníc. Napríklad IPE 2023 sa počíta ako priemer troch priemerných ročných koncentrácií týchto staníc v r. 2021, r. 2022 a r. 2023. Tab. 3.15 uvádza hodnoty tohto ukazovateľa od roku 2010, ktorý je pre IPE referenčným rokom. Podľa Prílohy č. 4 k Vyhláške č. 250/2023 Z. z. je národný cieľ zníženia expozície pre častice PM_{2,5} stanovený na 18 µg·m⁻³, ktorý sa mal dosiahnuť do roku 2020. To sa aj podarilo. Národný cieľ zníženia expozície pre častice PM_{2,5} v roku 2023 Slovenská republika takisto splnila.

Národný cieľ zníženia expozície pre častice PM_{2,5}

Cieľ zníženia expozície týkajúci sa Indikátora Priemernej Expozície v roku 2010		Rok, v ktorom sa má dosiahnuť cieľ zníženie expozície
Počiatočná koncentrácia v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	Cieľ zníženia	
$\leq 8,5$	0 %	2020
$> 8,5 - < 13$	10 %	
$= 13 - < 18$	15 %	
$= 18 - < 22$	20 %	
≥ 22	Všetky vhodné opatrenia na dosiahnutie $18 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	

Závazok zníženia koncentrácie expozície pre častice PM_{2,5}

Závazok zníženia koncentrácie expozície platný od roku 2015	$20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
---	------------------------------------

Tab. 3.15 zachytáva vývoj Indikátora Priemernej Expozície PM_{2,5} za posledných štrnásť rokov. Jeho pokles v roku 2021 je pravdepodobne možné vysvetliť poklesom emisií na Slovensku i v susedných krajinách.

Tab. 3.15 Indikátor Priemernej Expozície PM_{2,5} (IPE) v rokoch 2010 – 2023.

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
IPE [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	24,4	24,4	23,1	22,6	20,4	19,9	18,7	19,0	18,4	18,1	16,5	15,7	15,9	15,2

■ SO₂

Na rozdiel od PM, NO₂, CO a benzo(a)pyrénu sa na emisiách SO₂ podieľajú najmä veľké priemyselné zdroje. V zimných mesiacoch sa môže na úrovni znečistenia ovzdušia touto látkou prejavíť vplyv vykurovania domácností uhlím s vysokým obsahom síry. Vysoké koncentrácie SO₂ však na Slovensku zaznamenané neboli, čo poukazuje na to, že ide pravdepodobne o minoritný spôsob vykurovania u nás. Merané koncentrácie sú dlhodobo pod limitnou hodnotou. V roku 2023 sa na monitorovacích staniciach v SR nevyskytol žiaden prípad prekročenia výstražného prahu pre SO₂.

Kritická hodnota na ochranu vegetácie je $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za kalendárny rok a zimné obdobie. Táto limitná hodnota nebola prekročená v priebehu roku 2023 na žiadnej z EMEP staníc, ani za kalendárny rok, ani za zimné obdobie. Všetky hodnoty boli pod dolnou medzou na hodnotenie úrovne znečistenia vonkajšieho ovzdušia vzhľadom na ochranu vegetácie.

■ NO₂

NO₂ vzniká v ovzduší oxidáciou NO, ktorý je emitovaný z cestnej dopravy a rôznych priemyselných zdrojov. S rastúcou vzdialenosťou od zdroja – napríklad od cestnej komunikácie – sa preto výrazne mení podiel NO/NO₂ v prospech NO₂.

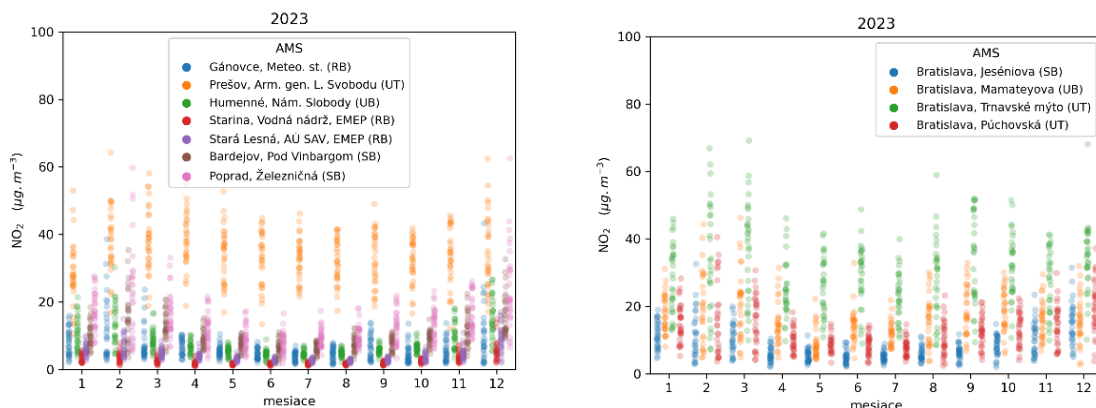
V roku 2023 nebola prekročená ročná limitná hodnota $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pre NO₂ na žiadnej monitorovacej stanici. Posledné prekročenie bolo namerané v roku 2018 na monitorovacích staniciach Prešov, Arm. gen. L. Svobodu a Bratislava, Trnavské Mýto.

Na regionálnych požadových EMEP staniciach nebolo v roku 2023 namerané prekročenie limitnej hodnoty na ochranu vegetácie. Na Slovensku v roku 2023 nenastal ani prípad prekročenia výstražného prahu pre NO₂.

Najvyšší ročný priemer zaznamenali dve dopravné stanice – Prešov, Arm. gen. L. Svobodu ($34 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a Bratislava, Trnavské Mýto ($30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). **Obr. 3.5** ilustruje porovnanie hodnôt nameraných na týchto dvoch AMS a zvyšných staniciach v Bratislave a Prešovskom kraji v jednotlivých mesiacoch roka 2023. AMS v Prešove má celoročne výrazne najvyššie hodnoty NO₂ v Prešovskom kraji, pričom vo februári

a v decembri sa vyššie koncentrácie vyskytli aj na predmestskej pozadovej stanici v Poprade, v menšej miere v Bardejove. Dôvodom bude kombinácia vplyvov, vo februári sa prejavili nepriaznivé rozptylové podmienky niekoľkých anticyklonálnych situácií. Pri porovnaní koncentrácií NO₂ nameraných v Bratislave vidno (Obr. 3.5), že hoci na dopravnej stanici na Trnavskom Mýte sú hodnoty podľa očakávania najvyššie, dopravná stanica na Púchovskej ulici má nižšie hodnoty než mestská pozadová stanica na Mamatovej ulici, ktorá je možno epizodicky pod vplyvom rafinérie.

Obr. 3.5 Porovnanie priemerných denných koncentrácií NO₂ v Prešovskom kraji a v aglomerácii Bratislava.

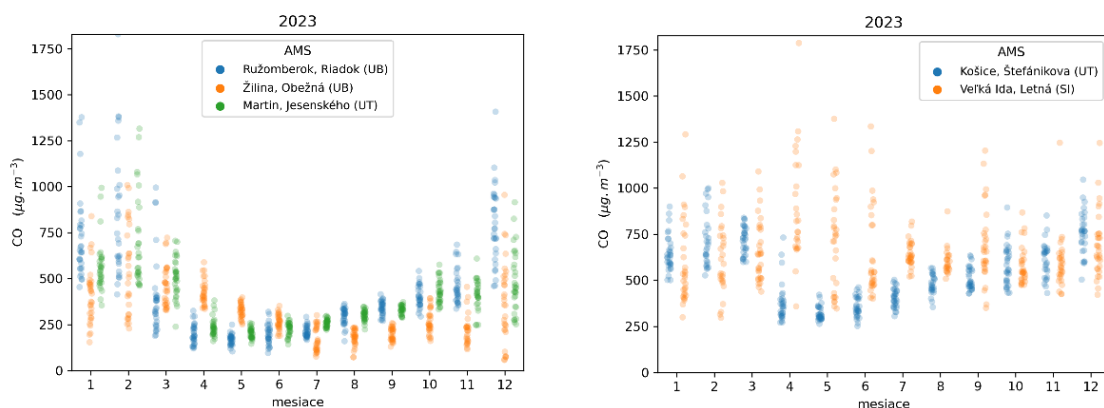


Kritická úroveň znečistenia ovzdušia na ochranu vegetácie (30 µg·m⁻³ za kalendárny rok vyjadrená ako NO_x) nebola v roku 2023 prekročená na žiadnej z EMEP staníc. Hodnoty boli hlboko pod dolnou medzou na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia, ktorá je určená na ochranu vegetácie a prírodných ekosystémov.

■ CO

Zdrojom emisií CO sú spaľovacie procesy v priemysle, energetike, vykurovanie domácností a cestná doprava. Na žiadnej z monitorovacích staníc na Slovensku nebola v roku 2023 prekročená limitná hodnota pre CO, pričom úroveň znečistenia ovzdušia za predchádzajúce obdobie rokov 2012–2023 je pod dolnou medzou na hodnotenie jeho úrovne. Na Obr. 3.6 môžeme porovnať priebeh priemerných denných koncentrácií v aglomerácii Košice a v zóne Žilinský kraj, pričom na AMS Veľká Ida, Letná sú vyššie koncentrácie rozdelené približne rovnomerne počas roku, na AMS Ružomberok, Riadok sa vyskytuje maximum v zimných mesiacoch.

Obr. 3.6 Priemerné denné koncentrácie CO v zóne Žilinský kraj a v aglomerácii Košice.

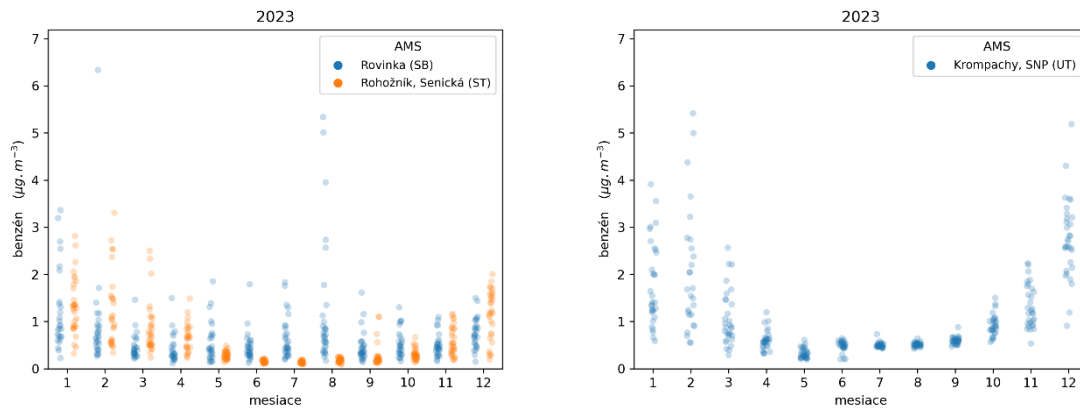


■ Benzén

Emisie benzénu pochádzajú z cestnej dopravy, v menšej miere z priemyselných zdrojov.

Hodnoty priemerných ročných koncentrácií benzénu boli výrazne pod limitnou hodnotou $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. **Obr. 3.7** ilustruje koncentrácie benzénu v jednotlivých mesiacoch roku 2023 v zóne Bratislavský kraj a v Kropáčoch (zóna Košický kraj), kde bol ročný priemer najvyšší ($1,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Koncentrácie namerané v Kropáčoch majú charakteristický priebeh naznačujúci vplyv vykurovania. Na AMS v Rovinke sa okrem cestnej dopravy môže epizodicky prejavovať aj vplyv blízkej rafinérie, limitná hodnota však ani v tomto prípade nebola prekročená.

Obr. 3.7 Porovnanie priemerných denných koncentrácií benzénu v zónach Bratislavský a Košický kraj.



■ Ozón

Problematika troposférického ozónu má regionálny charakter, keďže ozón aj jeho prekursorov podliehajú diaľkovému prenosu v horizontálnom i vertikálnom smere. Situáciu komplikuje aj chemizmus jeho vzniku a degradácie v atmosfére – ozón vzniká za prítomnosti slnečného žiarenia napríklad z oxidu dusnatého (z cestnej dopravy) a prchavých organických uhlíkov (z rôznych spaľovacích procesov, náterov a rozpúšťadiel, ale aj z biogénnych zdrojov) alebo CO (z cestnej dopravy alebo priemyselných zdrojov). Množstvo vznikajúceho ozónu závisí od pomeru koncentrácií jeho prekursorov. Za prítomnosti oxidu dusnatého sa však ozón aj rozkladá (tzv. titrácia ozónu), preto sú v blízkosti frekventovaných ciest väčšinou koncentrácie ozónu nižšie.

Obr. 3.8 zachytáva sezónnosť koncentrácií troposférického ozónu, ktorý sa vyznačuje na rozdiel od ostatných znečisťujúcich látok (viď. Príloha B tejto Správy) výrazným maximom v letnom období. Prízemný (troposférický) ozón vzniká pri fotochemických reakciách napríklad z oxidu dusnatého alebo uhoľnatého a prchavých organických látok. Reakcia závisí od intenzity slnečného žiarenia. Vo vysokých horských polohách (napríklad na Chopku) sú koncentrácie ozónu najvyššie.

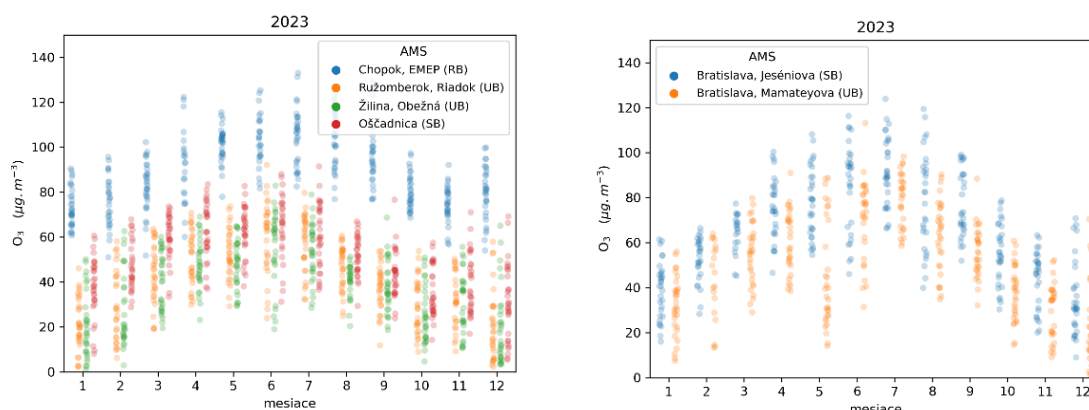
Cieľovú hodnotu prízemného ozónu prekročili merania na dvoch staniách: Bratislava, Jeséniova a Chopok, EMEP.

Pri porovnaní priebehu nameraných hodnôt vidno, že kým vo vysokohorskej polohe na Chopku sú hodnoty vyššie celoročne s miernym maximom v lete, v Bratislave je maximum v letných mesiacoch oveľa výraznejšie (**Obr. 3.8**).

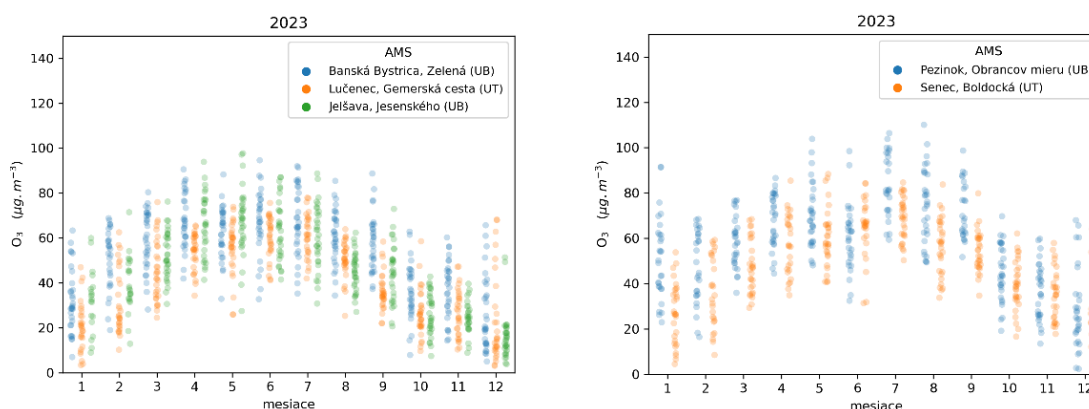
V roku 2023 bol prekročený informačný prah pre ozón na 4 AMS: Bratislava, Jeséniova; Bratislava, Mamateyova; Pezinok, Obrancov mieru a Komárno, Vnútná Okružná (**Tab. 3.14**).

Od roku 2022 sa meria ozón aj na dopravných staniách v Lučenci a v Senci, hodnoty sú tu nižšie kvôli spomínanej titrácii ozónu oxidom dusnatým z cestnej dopravy (**Obr. 3.9**).

Obr. 3.8 Porovnanie priemerných denných koncentrácií prízemného ozónu v Žilinskom kraji a v Bratislave.



Obr. 3.9 Porovnanie priemerných denných koncentrácií prízemného ozónu na mestských dopravných staniách v Lučenci a v Senci s hodnotami na mestských pozadových lokalitách v zónach Banskobystrický a Bratislavský kraj.



■ Pb, As, Ni, Cd

Limitná ani cieľová hodnota neboli v roku 2023 prekročené.

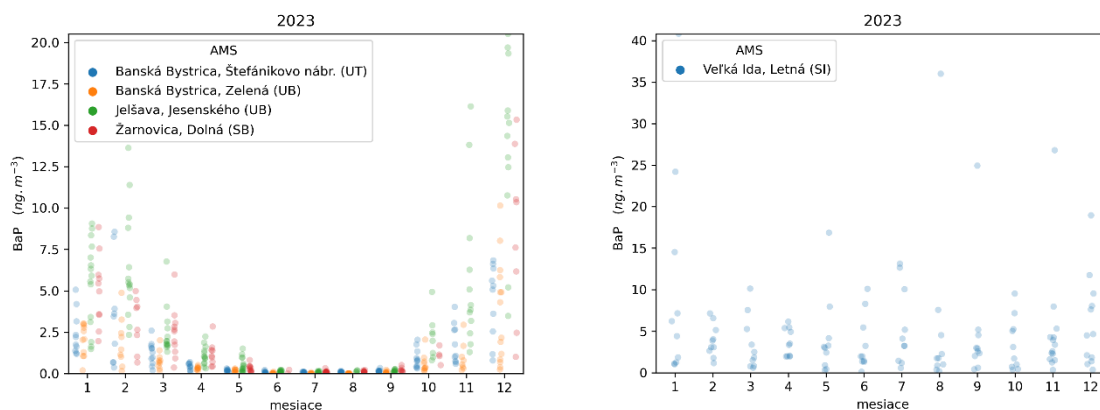
Priemerné ročné koncentrácie ťažkých kovov namerané na staniách NMSKO sú väčšinou len zlomkom ich cieľovej, resp. limitnej hodnoty (**Tab. 3.6**).

■ BaP

Benzo(a)pyrén a ďalšie polycyklické aromatické uhľovodíky boli v roku 2023 monitorované na 20 staniách, z toho na týchto 10 staniách bola prekročená cieľová hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu BaP: Veľká Ida, Letná; Jelšava, Jesenského; Plášťovce; Kropachy, SNP; Ružomberok, Ríadok; Ošľadnica; Púchov, 1. mája; Žilina, Obežná; Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie; Prievidza, Malonecpalská. Merania na prvých štyroch AMS prekročili cieľovú hodnotu viac než dvojnásobne, dokonca Veľká Ida štvornásobne (**Tab. 3.7**). Hoci AMS v Žarnovici mala kvôli premiestneniu stanice výpadok najmä počas decembra, je veľmi pravdepodobné, že pri dostatku meraní by bola cieľová hodnota prekročená aj na tejto stanici. Na väčšine lokalít je rozhodujúcim zdrojom znečistenia ovzdušia BaP lokálne vykurovanie, vo Veľkej Ide hrá do veľkej miery rolu príspevok metalurgický komplexu, pričom na znečistení sa v istom rozsahu podieľa aj vykurovanie domácností tuhým palivom, či rôznymi druhmi odpadu.

Obr. 3.10 porovnáva priemerné denné koncentrácie BaP namerané na lokalitách s najvyššími hodnotami. Je však potrebné povšimnúť si rozdiel v škále – maximálne hodnoty namerané vo Veľkej Ide sú takmer dvojnásobkom koncentrácií nameraných v Jelšave či Žarnovici. Vo Veľkej Ide je BaP ovplyvnený najmä priemyslom (výroba koksu), v menšej miere vykurovaním domácností. Naznačuje to ročný priebeh hodnôt, v ktorom sa nevyskytuje letné minimum – vysoké hodnoty boli zaznamenané počas celého roka. Naopak, pre všetky stanice v Banskobystrickom kraji sú charakteristické veľmi nízke hodnoty mimo vykurovacej sezóny a vysoké hodnoty merané v zimných mesiacoch. Takýto priebeh je typický pre všetky monitorovacie stanice aj v ostatných krajoch, okrem Veľkej Idu.

Obr. 3.10 Porovnanie priemerných denných koncentrácií BaP v zóne Banskobystrický kraj (vľavo) a na monitorovacej stanici Veľká Ida, Letná (vpravo) v roku 2023.



3.4 REGIONÁLNY MONITORING

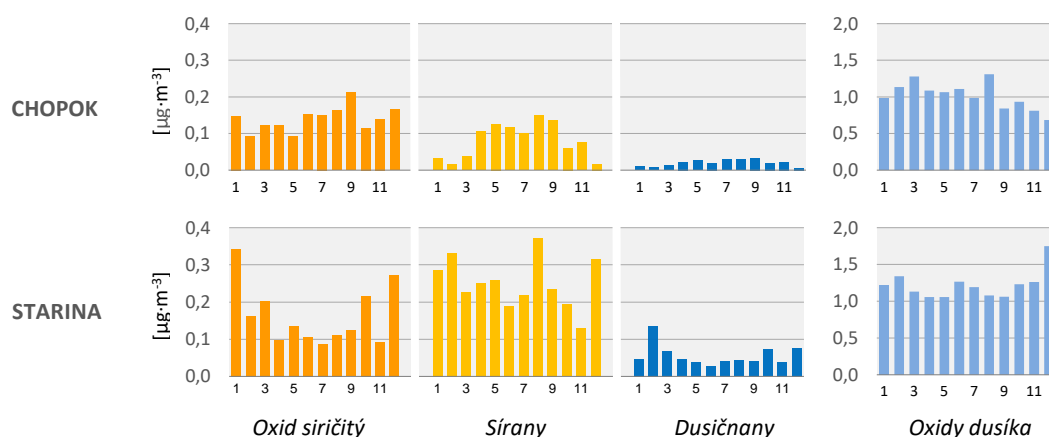
Regionálne znečistenie ovzdušia je znečistenie hraničnej vrstvy atmosféry krajiny prírodného typu, v dostatočnej vzdialenosti od lokálnych, priemyselných a mestských zdrojov znečistenia ovzdušia. Hraničná vrstva atmosféry je vrstva, v ktorej sa premiešava znečistenie vertikálne od zemského povrchu až do výšky asi 1 000 m. V odľahlých regiónoch sú na rozdiel od miest priemyselné exhaláty viac-menej rovnomerne rozptýlené v celej tejto vrstve, a preto je úroveň prízemných koncentrácií znečisťujúcich látok nižšia ako v mestách. V nasledujúcom texte sú uvedené výsledky z regionálnych monitorovacích staníc EMEP, kapitola 3.4.1 obsahuje výsledky monitoringu kvality ovzdušia a kapitola 3.4.2 sa zaoberá kvalitou atmosférických zrážok.

3.4.1 Ovzdušie

■ Oxid siričitý, sírany

Oxid siričitý a sírany patria medzi látky s acidifikačným potenciálom. Koncentrácie týchto látok sa na meraných lokalitách dlhodobo držia na nízkych úrovniach a spĺňajú legislatívne limity kritickej úrovne znečistenia ovzdušia na ochranu vegetácie (20 $\mu\text{g SO}_2 \cdot \text{m}^{-3}$) za kalendárny rok aj zimné obdobie s veľkou rezervou. V roku 2023 boli priemerné koncentrácie za kalendárny rok na Chopku 0,28 $\mu\text{g SO}_2 \cdot \text{m}^{-3}$ a na Starine 0,33 $\mu\text{g SO}_2 \cdot \text{m}^{-3}$. Aj za zimné obdobie bola koncentrácia na Chopku (0,29 $\mu\text{g SO}_2 \cdot \text{m}^{-3}$) aj na Starine (0,43 $\mu\text{g SO}_2 \cdot \text{m}^{-3}$) na nízkej úrovni a spĺňala legislatívne limity. Limitné hodnoty stanovuje Vyhláška MŽP SR č. 250/2023 Z. z. o kvalite ovzdušia v Prílohe č. 1. Ročné priemerné koncentrácie oxidu siričitého a síranov sú uvedené v **Tab. 3.16**. Hodnoty sú prepočítané na hmotnosť síry. **Obr. 3.11** ilustruje mesačný chod zlúčenín síry a dusíka.

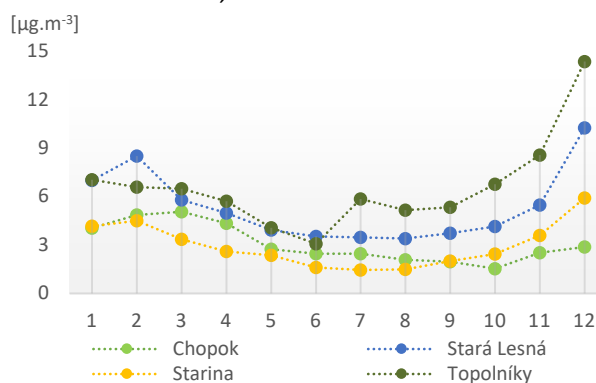
Obr. 3.11 Priemerné mesačné koncentrácie znečisťujúcich látok v ovzduší, rok 2023 (prepočítané na síru, resp. dusík).



■ Oxidy dusíka, dusičnany

Zlúčeniny dusíka môžu tiež prispievať k acidifikácii prostredia. Preto bola legislatívou stanovená kritická úroveň znečistenia ovzdušia na ochranu vegetácie $30 \mu\text{g NO}_x \cdot \text{m}^{-3}$ za kalendárny rok, ktorá je uvedená v Prílohe č. 1 Vyhlášky MŽP SR o kvalite ovzdušia č. 250/2023 Z. z. Na regionálnych staniách Chopok ($3,07 \mu\text{g NO}_x \cdot \text{m}^{-3}$), Stará Lesná ($5,35 \mu\text{g NO}_x \cdot \text{m}^{-3}$), Starina ($2,96 \mu\text{g NO}_x \cdot \text{m}^{-3}$) a Topoľníky ($6,59 \mu\text{g NO}_x \cdot \text{m}^{-3}$) nebola limitná hodnota prekročená. V grafe na Obr. 3.12 sú zobrazené mesačné priemerné koncentrácie oxidov dusíka. Na staniách Stará Lesná a Topoľníky boli v decembri dosiahnuté výrazne vyššie mesačné koncentrácie s maximom $14 \mu\text{g NO}_x \cdot \text{m}^{-3}$ v Topoľníkoch, pričom táto hodnota je hlboko pod kritickou úrovňou na ochranu vegetácie za kalendárny rok. Ročné priemerné koncentrácie oxidu dusičitého a dusičnanov sú uvedené v Tab. 3.16. Hodnoty sú prepočítané na hmotnosť dusíka. Dusičnany boli v roku 2023 viac zastúpené v plynnej ako v časticovej forme ($\text{NO}_3^-_{(s)}/\text{HNO}_3_{(g)}$) čo predstavovalo 6,4 % z celkového TSP na Chopku a 9,6 % z PM_{10} na Starine.

Obr. 3.12 Priemerné mesačné koncentrácie NO_x v ovzduší, rok 2023.



Tab. 3.16 Priemerné ročné koncentrácie znečisťujúcich látok [$\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$] v ovzduší na EMEP staniách, rok 2023.

	SO_2	SO_4^{2-}	NO_2	NO_3^-	HNO_3	Cl^-	NH_3	NH_4^+	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
Chopok	0,14	0,08	1,02	0,02	0,08	0,02	-	-	-	-	-	-
Starina	0,16	0,25	1,21	0,06	0,09	0,03	0,78	0,24	0,11	0,09	0,02	0,12

SO_2 , SO_4^{2-} – prepočítané na síru, NO_x , NO_3^- , HNO_3 , NH_3 , NH_4^+ – prepočítané na dusík

■ Amoniak, amónne ióny a ióny alkalických kovov

Podrobné kvalitatívne zloženie ovzdušia v súlade s monitorovacou stratégiou EMEP prebieha od roku 2007 na regionálnej monitorovacej stanici Starina. V ovzduší sa na dennej báze sledujú koncentrácie amoniaku, amónnych katiónov, iónov sodíka, draslíka, vápnika a horčíka. Priemerné koncentrácie uvedených komponentov (NH_3 a NH_4^+ prepočítané na dusík) sú uvedené v Tab. 3.16. Pri amónnych iónoch predstavuje ročná koncentrácia hodnotu $0,47 \mu\text{g N} \cdot \text{m}^{-3}$ a pri amoniaku $0,78 \mu\text{g N} \cdot \text{m}^{-3}$.

■ Atmosférický aerosól a ťažké kovy

Hodnoty koncentrácií PM₁₀ a TSP (meria sa na Chopku) a tiež detailnejšie charakteristiky zloženia tuhých častíc na EMEP stanicach, ktoré zahŕňajú podiely olova, medi, kadmia, niklu, chrómu, zinku, arzenu, elementárneho a organického uhlíka v PM₁₀/TSP za rok 2023 sú uvedené v **Tab. 3.17**.

Tab. 3.17 Priemerné ročné koncentrácie PM₁₀, TSP, EC/OC a O₃ [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] a ťažkých kovov [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$] v ovzduší na EMEP stanicach, rok 2023.

	PM ₁₀ /TSP ¹	Pb	Cu	Cd	Ni	Cr	Zn	As	Hg ²	EC/OC	O ₃
Chopok ¹	7	0,68	0,38	0,03	0,24	0,38	3,63	0,12	-	-	89
Topoľníky	11	2,66	1,03	0,07	0,19	0,33	10,30	0,23	*1,03	-	52
Starina	10	1,41	0,65	0,08	0,13	0,25	7,17	0,13	1,19	-	53
Stará Lesná	9	1,47	0,89	0,06	0,18	0,38	6,91	0,18	-	1,8/0,29	*49

¹ TSP – celkový prach, sa meria na Chopku; výsledky PM₁₀ sú z gravimetrického stanovenia

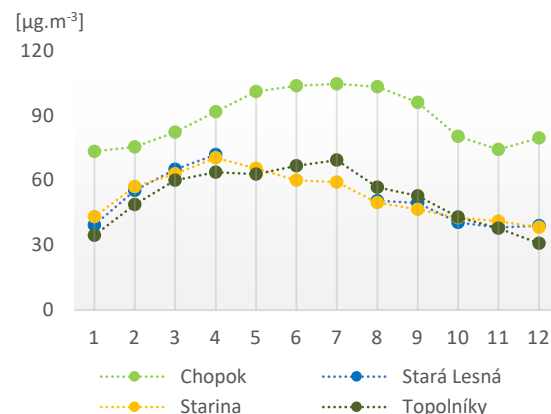
² Hg sa meria mimo monitorovacieho programu EMEP

* nebol splnený požadovaný podiel platných údajov

■ Ozón

AMS Stará Lesná má najdlhší časový rad meraní ozónu, od roku 1992. Merania ozónu v Topoľníkoch, na Starine a na Chopku sa začali realizovať v priebehu roka 1994. V roku 2023 bola priemerná ročná koncentrácia ozónu na Chopku 89 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, v Topoľníkoch 52 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, v Starej Lesnej 49 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (V roku 2023 tu nebola splnená podmienka pre počet platných údajov > 90%) a na Starine 53 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (**Tab. 3.17**). Graf na **Obr. 3.13** ilustruje mesačné koncentrácie O₃ na EMEP stanicach. Najvyššie koncentrácie boli namerané na Chopku. Jedným z dôvodov je umiestnenie monitorovacej stanice vo vysokej nadmorskej výške (2008 m n. m.) Na MS Chopok bola prekročená cieľová hodnota pre ochranu vegetácie AOT40.

Obr. 3.13 Priemerné mesačné koncentrácie O₃ v ovzduší, rok 2023.



■ Prchavé organické zlúčeniny

Prchavé organické zlúčeniny C₂–C₈ (tzv. ľahké uhľovodíky) sa začali odoberať na stanici Starina v roku 1994. Koncentrácie jednotlivých zlúčenín počas roka majú rozdielny charakter. Nižšie uhľovodíky (etán, etén, propán a propén) majú sezónny chod, vysoké hodnoty sa vyskytujú v zime. Naopak, najvyššie koncentrácie izoprénu meriame v letných mesiacoch. Dôvodom je skutočnosť, že sa jedná o chemickú látku, ktorej emisie majú biogénny charakter, produkujú ho rastliny. Produkcia emisií izoprénu sa zvyšuje s rastúcou teplotou. Benzén a jeho deriváty nemajú sezónny charakter a ich koncentrácie sú konštantné po celý rok.

Tab. 3.18 Priemerné ročné koncentrácie prchavých organických zlúčenín [ppb] na EMEP stanici Starina, rok 2023.

etán	etén	etín	propán	propén	i-bután	bután	2-metylbután	pentán
1,77	0,74	0,03	1,12	0,34	0,34	0,75	0,13	PDL*
hexán	izoprén	Σ butény	Σ pentény	benzén	toluén	m+p-xylén	o-xylén	
0,43	0,19	0,12	PDL	0,44	0,30	PDL*	PDL*	

* PDL – pod detekčný limit analytickej metódy

3.4.2 Atmosférické zrážky

Chemické zloženie atmosférických zrážok sa pravidelne monitoruje okrem EMEP staníc aj na mestskej pozaďovej stanici Bratislava, Jeséniova.

Tab. 3.19 Ročné vážené priemery koncentrácií znečisťujúcich látok v atmosférických zrážkach, rok 2023.

	zrážky [mm]	pH	vodivosť [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	SO_4^{2-} [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	NO_3^- [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	NH_4^+ [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	Cl ⁻ [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	Na ⁺ [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	K ⁺ [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	Mg ²⁺ [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	Ca ²⁺ [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]
Chopok	1 370	5,43	8,31	0,27	0,18	0,34	0,25	0,14	0,05	0,03	0,17
Topoľníky	804	5,48	10,61	0,35	0,31	0,44	0,30	0,18	0,10	0,04	0,35
Starina	550	5,37	9,62	0,34	0,25	0,38	0,31	0,20	0,17	0,05	0,31
Stará Lesná	598	5,53	8,44	0,31	0,20	0,37	0,27	0,16	0,07	0,03	0,25
Bratislava, Jeséniova	655	6,00	9,95	0,34	0,28	0,62	0,21	0,44	0,11	0,03	0,20

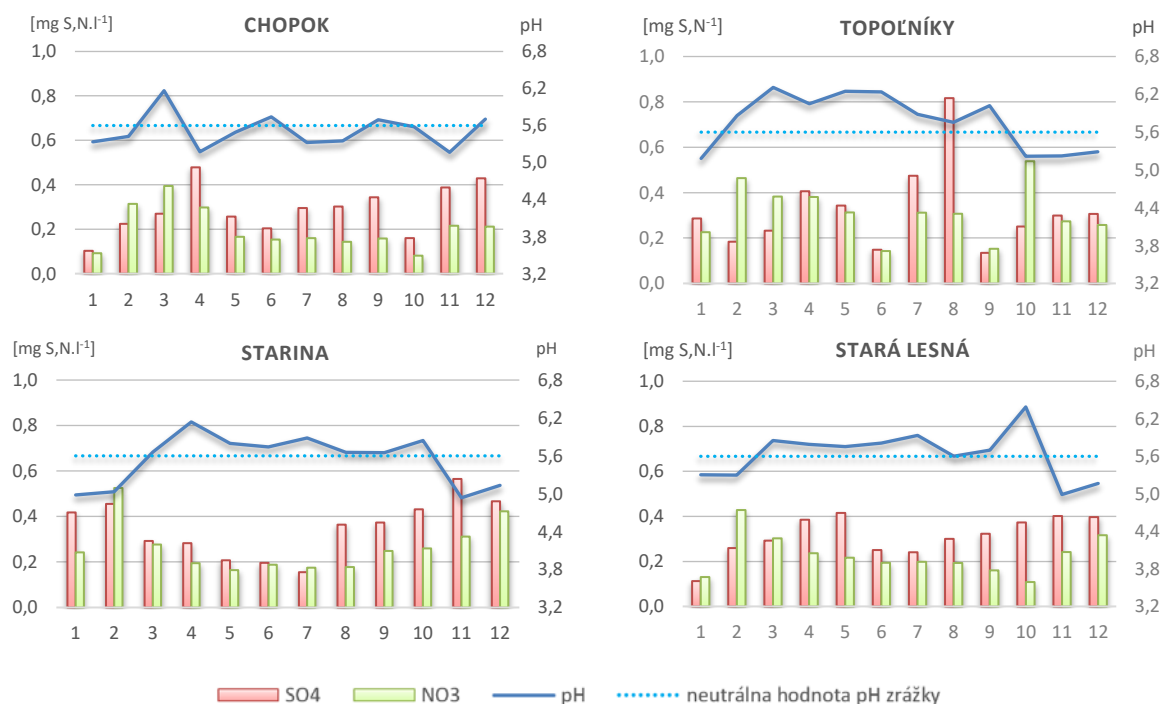
SO_4^{2-} – prepočítané na síru, NO_3^- , NH_4^+ – prepočítané na dusík

■ Hlavné ióny, pH, vodivosť

V roku 2023 bol zaznamenaný vyšší zrážkový úhrn na všetkých regionálnych staniciach v porovnaní z rokom 2022. Ročné priemerné hodnoty pH na EMEP staniciach sa pohybovali od 5,37 na Starine po 5,53 v Topoľníkoch. Najvyššia ročná priemerná hodnota pH 6,0 bola nameraná v Bratislave, čo korešponduje s vyššími koncentraciami NH_4^+ iónov na tejto stanici, pričom práve amónne katióny majú na Slovensku vysokú neutralizačnú kapacitu v zrážkach. (Tab. 3.19, Obr. 3.14)¹⁰. Vodivosť atmosférických zrážok je odrazom množstva disociovaných iónov, ktoré sa v zrážkach nachádzajú. Najvyššia vodivosť $10,61 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ bola zaznamenaná na MS Topoľníky.

Priemerné ročné koncentrácie síranov v zrážkových vodách (Tab. 3.19, Obr. 3.14) prepočítané na síru sa nachádzali na staniciach EMEP v intervale $0,27\text{--}0,35 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Najnižšie koncentrácie boli namerané na Chopku, rozdiely v koncentráciách boli zanedbateľné.

Obr. 3.14 Atmosférické zrážky, rok 2023.

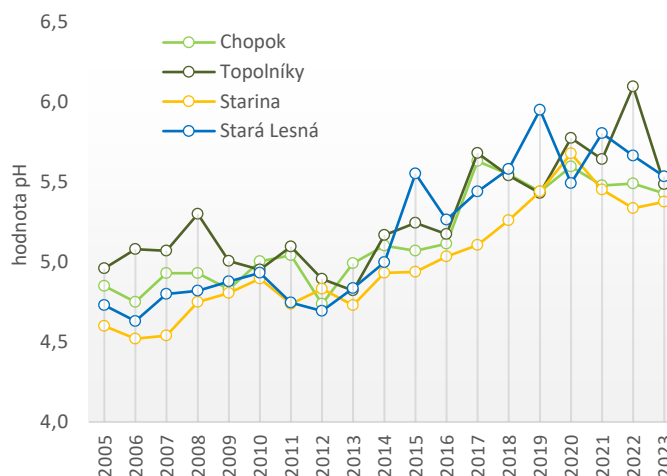


¹⁰ Neutrálna voda má pH 7. Dážď absorbuje oxid uhličitý z atmosféry a vytvára kyselinu uhličitú, ktorá je mierne kyslá, takže bežné pH dažďa je 5,6. Kyslý dážď má typické pH 4,2 až 4,4.

Dusičnany vykazovali koncentračné rozpätie na staniách EMEP prepočítané na dusík od 0,18–0,31 mg·l⁻¹ (Tab. 3.19, Obr. 3.14). Najnižšie priemerné ročné vážené koncentrácie boli namerané na Chopku, najvyššie v Topoľníkoch.

Amónne ióny sú na Slovensku najviac zastúpené katióny v zrážkach. Ich koncentračné rozpätie na staniách EMEP predstavovalo 0,34–0,44 mg·l⁻¹ (Tab. 3.19). Spodnú hranicu rozpätia dlhodobo reprezentuje Chopok a hornú Topoľníky, tak tomu bolo aj v roku 2023. Vývoj ročných priemerných hodnôt pH atmosférických zrážok na staniách EMEP od roku 2005 uvádza graf Obr. 3.15.

Obr. 3.15 pH v atmosférických zrážkach.



■ Ťažké kovy v atmosférických zrážkach

Monitoring ťažkých kovov v zrážkach sa vykonáva na základe monitorovacej stratégie CCC EMEP (Chemical Coordinating Centre of EMEP). Na staniách prvej úrovne sa monitorujú ťažké kovy – olovo, meď, kadmium, nikel, chróm, zinok a arzén. Na monitorovacej stanici Bratislava, Jeséniova bolo zavedené meranie rovnakej palety ťažkých kovov. Výsledky ročných vážených priemerov koncentrácií ťažkých kovov v atmosférických zrážkach za rok 2023 sú uvedené v Tab. 3.20. V tomto roku boli namerané v zrážkach výrazne nižšie koncentrácie všetkých sledovaných ťažkých kovov v porovnaní s predchádzajúcimi meraniami po roku 2020. (Tab. 3.17). Dôvodom môže byť zhruba o tretinu väčší ročný úhrn spadnutých zrážok a najmä ich nerovnomerný výskyt v prospech konvektívnych zrážok s vysokým úhrnom za krátke časové obdobie.¹¹

Tab. 3.20 Ročné vážené priemery koncentrácií ťažkých kovov v atmosférických zrážkach na EMEP staniách, rok 2023.

	Zrážky [mm]	Pb [µg·l ⁻¹]	Cd [µg·l ⁻¹]	Cr [µg·l ⁻¹]	As [µg·l ⁻¹]	Cu [µg·l ⁻¹]	Zn [µg·l ⁻¹]	Ni [µg·l ⁻¹]
Chopok	1 634	0,54	0,04	0,14	0,12	0,72	13,53	0,17
Topoľníky	662	0,54	0,05	0,15	0,10	0,47	16,48	0,24
Starina	850	0,45	0,04	0,17	0,05	0,86	11,54	0,29
Stará Lesná	983	0,53	0,03	0,14	0,11	0,83	6,52	0,21
Bratislava, Jeséniova	957	0,32	0,03	0,14	0,13	1,24	1,50	0,22

¹¹ https://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=klimat_operativneudaje&identif=11813&rok=2023&obdobie=1981-2010

VÝSLEDKY MATEMATICKÉHO MODELOVANIA KVALITY OVZDUŠIA

Zákon o ochrane ovzdušia č. 146/2023 Z. z. stanovuje postup pre hodnotenie a kritériá kvality ovzdušia v plnom súlade so smernicami EÚ a umožňuje využiť na hodnotenie kvality ovzdušia okrem meraní pomocou monitorovacích staníc aj matematické modelovanie. Základným východiskom pre hodnotenie kvality ovzdušia na Slovensku sú výsledky meraní koncentrácií znečisťujúcich látok v ovzduší, ktoré realizuje SHMÚ na staniách NMSKO. V nadväznosti na merania sa pre priestorové hodnotenie kvality ovzdušia využívajú metódy matematického modelovania.

Výpočty pre hodnotenie kvality ovzdušia pomocou matematického modelovania boli uskutočnené aplikáciou upravených modelov RIO a CMAQ. Tieto modely sú odlišné svojou metodikou od modelov, ktoré sa používali na hodnotenie kvality ovzdušia v predošlých rokoch. Túto skutočnosť treba brať na zreteľ pri porovnávaní aktuálnych výsledkov a výsledkov zo Správy o kvalite ovzdušia v roku 2020 a starších.

4.1 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH MODELOV

■ Chemicko-transportný model CMAQ v5.3

Modelovací systém *Community Multiscale Air Quality Modeling System* – CMAQ¹², je vyvíjaný a podporovaný vo vývojovom stredisku EPA National Exposure Research Laboratory v Research Triangle Park, NC. CMAQ predstavuje model kvality ovzdušia tretej generácie, čo znamená, že dokáže modelovať viaceré znečisťujúce látky naraz na veľkých škálach, ktoré môžu pokrývať celé kontinenty. Je to trojrozmerný eulerovský chemicko-transportný model, ktorý sa používa na simulovanie ozónu, atmosférických aerosólov (PM), oxidov síry, oxidov dusíka a iných znečisťujúcich látok v troposfére. Vyjadrené matematicky, CMAQ počíta zmenu koncentrácií látok v čase pre každú bunku mriežky pomocou rovnice kontinuity. Tieto zmeny koncentrácie zahŕňajú procesy emisie, advekcie, difúzie, chemických transformácií znečisťujúcej látky a procesy odstraňovania z atmosféry, akými sú suchá a mokrá depozícia na zemský povrch. Pre hodnotenie kvality ovzdušia bola spustená simulácia s horizontálnym rozlíšením 2 x 2 km s meteorologickými údajmi z modelu ALADIN. Výpočtová doména modelu pokrýva oblasť strednej Európy.

■ Interpolačno-regresný model RIO

Model RIO¹³ je pokročilý interpolačno-regresný model. Vstupmi sú namerané koncentrácie a rôzne pomocné priestorové polia, ktoré majú súvislosť s priestorovým rozložením danej znečisťujúcej látky - ako napríklad mapy nadmorskej výšky, intenzity dopravy, ventilačného indexu, gridovaných emisií z lokálnych kúrenísk - pričom súbor týchto tzv. driverov je špecifický pre konkrétnu znečisťujúcu látku. Ako priestorový driver môžu slúžiť aj výsledky modelov, napr. aj modelu CMAQ, družicové pozorovania atď., pričom pomocou modelu RIO môžeme získať vyššie priestorové rozlíšenie koncentrácií. V prvom kroku výpočtu model zisťuje priestorové korelácie danej znečisťujúcej látky s jednotlivými možnými priestorovými drivermi v miestach monitorovacích staníc. V ďalšom optimalizuje tzv. parameter β , ktorý získa kombináciou vybraných priestorových driverov, ktoré najlepšie korelujú s priestorovým rozložením znečisťujúcej látky. Model vypočíta taký parameter β , pomocou ktorého dosiahne najlepšiu koreláciu s nameranými dátami. Rozdiely medzi hodnotami v miestach monitorovacích staníc vypočítanými

¹² United States Environmental Protection Agency. (2020). CMAQ (Version 5.3.2) [Software]. Available from <https://doi.org/10.5281/zenodo.4081737>

¹³ Janssen, S., Dumont, G., Fierens, F., Mensink, C., 2008: Spatial interpolation of air pollution measurements using CORINE land cover data. *Atmos. Environ.* 42, 4884–4903. doi: 10.1016/j.atmosenv.2008.02.043

pomocou parametra β a skutočnými meraniami sa potom interpolujú metódou ordinary kriging a následne sa pripočítajú k dátam vypočítaným pomocou parametra β pre každý bod mriežky. Pre hodnotenie kvality ovzdušia modelom RIO sa použilo rozlíšenie 1 x 1 km.

■ IDW-R

Interpolačný model RIO patrí medzi tzv. aproximujúce interpolačné metódy, čo znamená že pole koncentrácií vyhladzuje a v miestach monitorovacích staníc nevypočíta nutne rovnakú koncentráciu ako bola nameraná. Preto výstupy modelu RIO alebo CMAQ ešte upravujeme technikou IDW-R (inverse distance weighting - regression). V prvom kroku IDW-R sa vypočíta lineárna regresná krivka medzi nameranými údajmi a výstupmi modelu. V druhom kroku sa vykoná štandardná IDW interpolácia rozdielov medzi nameranými dátami a dátami vypočítanými pomocou lineárnej regresie, čím získame 2D mapu s interpolovanými rozdielmi. Táto sa vynásobí preškálovanými vstupnými dátami s hodnotami od 0 až 1 a následne sa pripočíta k hodnotám vypočítaným regresiou. Techniku možno opakovať niekoľkokrát po sebe pri zlepšujúcich sa štatistických ukazovateľoch. Na výsledné porovnanie modelu s meraniami bola použitá stredná kvadratická chyba (RMSE) a systematická chyba (BIAS).

4.2 VÝSLEDKY A VÝSTUPY

■ Modelovanie PM₁₀

Dominantným zdrojom emisií PM₁₀ je vykurovanie domácností hlavne tuhým palivom, ktoré predstavuje viac než 60 % celkových emisií PM₁₀. Emisie PM₁₀ z cestnej prepravy predstavujú menej ako 10 %, napriek tomu je ich vplyv na kvalitu ovzdušia v blízkosti vyťažených cestných komunikácií nezanedbateľný. Veľké a stredné priemyselné zdroje a systémová energetika tvoria približne 10 % emisií PM₁₀, menšou mierou sa podieľa nakladanie s odpadmi a poľnohospodárstvo¹⁴. Problematika modelovania PM chemicko-transportným, či rozptylovým modelom je komplikovaná aj relatívne výrazným, aj keď časovo obmedzeným vplyvom aktivít, ktorých emisie je zložitá vyčíslieť a aspoň približne lokalizovať v priestore a čase – napríklad stavebné a búracie práce, poľnohospodárske práce ako napríklad orba, či žatva a nedovolené spaľovanie poľnohospodárskych zvyškov aj odpadu.

Priestorové rozloženie koncentrácií PM₁₀ na Slovensku bolo vypočítané modelom RIO, pričom ako pomocné priestorové dáta boli použité výstupy z gaussovského modelu AtmoStreet¹⁵ (7 %), ventilačný index¹⁶ (19 %), nadmorská výška (63,6 %) a využitie krajiny¹⁷ (9,6 %)¹⁸. Po následnej úprave výsledkov metódou IDW-R a porovnaní s meraniami dostávame RMSE = 0,2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a BIAS = 0,0 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Výsledné priemerné ročné koncentrácie PM₁₀ sú na Obr. 4.1. Ako vidno, limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu (40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) nebola v tomto priestorovom rozlíšení modelu nikde prekročená. Najvyššie koncentrácie PM₁₀ sa vyskytujú v dolinách stredného Slovenska, Gemera, Šariša, Spiša, okolia Košíc a na severozápade Slovenska.

Na Obr. 4.2 je zobrazený počet dní, počas ktorých bola prekročená priemerná denná limitná hodnota koncentrácií PM₁₀ rovnajúca sa 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Takýchto dní nesmie byť viac ako 35 v roku. Z obrázku vidíme, že podľa modelovania túto podmienku nemusia spĺňať malé oblasti, napr. doliny na Gemeri v okolí Jelšavy, okolie Veľkej Idy, južné Slovensko v okolí Plášťoviec a oblasti na severozápadnom Slovensku, najmä na Orave a dolnom Liptove. Vyšší počet prekročení majú spravidla slabšie vetrané kotlinové oblasti Slovenska s vysokým podielom tuhých palív na lokálnom vykurovaní.

¹⁴ <https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results - IIR po jednotlivých rokoch a krajinách>

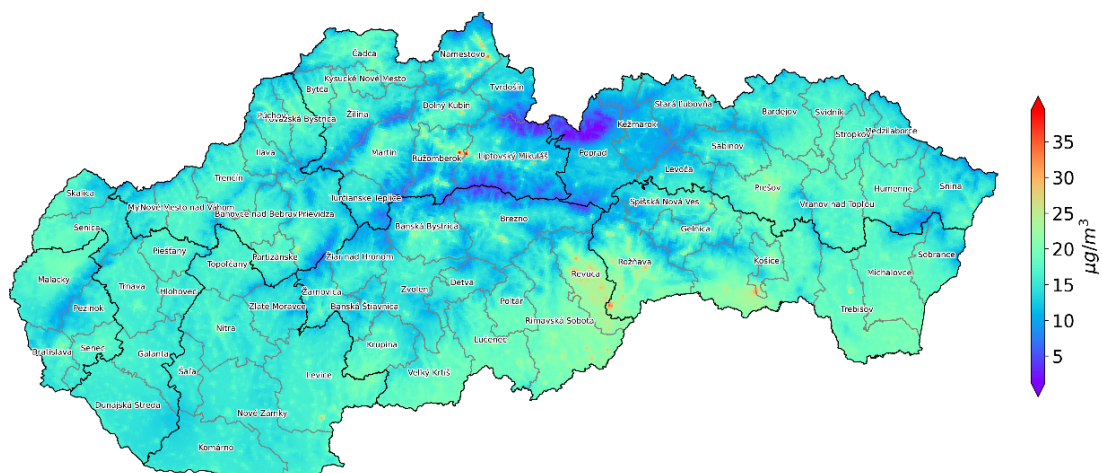
¹⁵ Tento model obsahoval emisie z lokálnych kúrenísk bez uvažovania požadových koncentrácií.

¹⁶ Výška premiešavania vynásobená priemernou rýchlosťou vetra vo vrstve pod touto výškou.

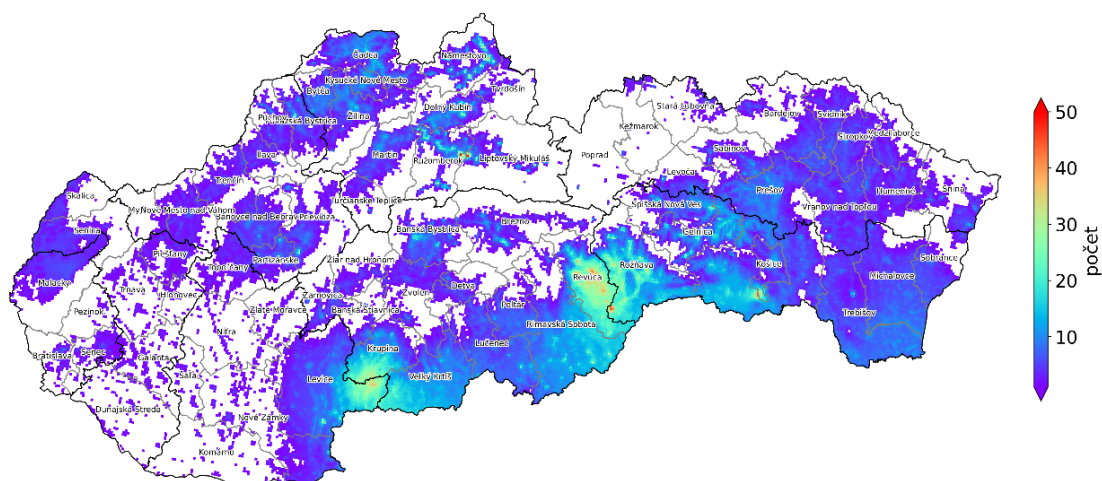
¹⁷ CORINE Land Cover 2018 <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/external/corine-land-cover-2018>

¹⁸ Percentá v zátvorkách vyjadrujú príspevok jednotlivých priestorových polí.

Obr. 4.1 Priemerné ročné koncentrácie PM₁₀ [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2023.



Obr. 4.2 Počet dní s prekročením limitnej hodnoty pre 24-hodinovú koncentráciu PM₁₀ ($50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v roku 2023. Zobrazené sú len oblasti s nenulovým počtom prekročení.



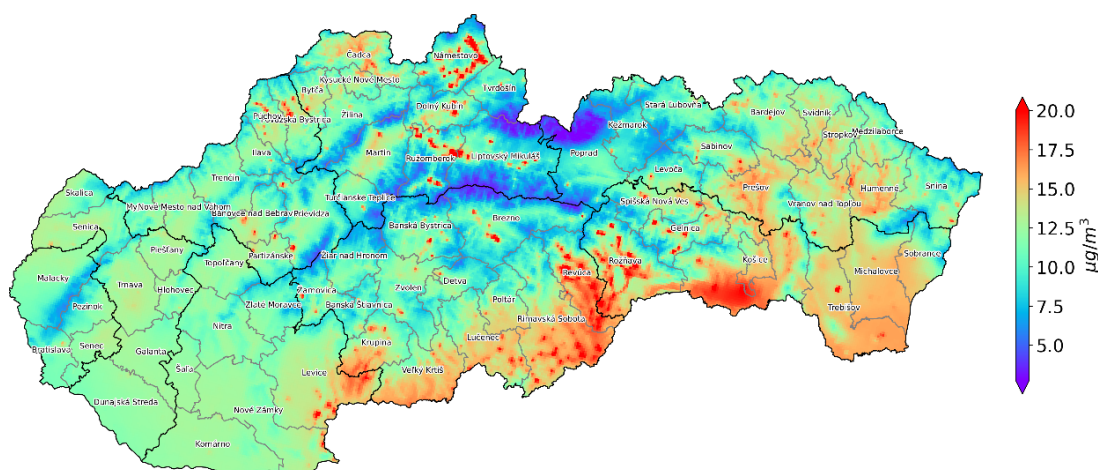
■ Modelovanie PM_{2,5}

Dominantným zdrojom emisií PM_{2,5} je vykurovanie domácností prevažne tuhým palivom, ktoré dosahuje pre PM_{2,5} každoročne až 80 % celkových emisií¹⁹.

Priestorové rozloženie koncentrácií PM_{2,5} na Slovensku bolo vypočítané modelom RIO, pričom ako pomocné priestorové dáta boli použité výstupy z modelu AtmoStreet (12,1 %), ventilačný index (21 %), a nadmorská výška (66,7 %). Po následnej úprave výstupu modelu RIO metódou IDW-R dostávame pri porovnaní s meraniami RMSE = 0,2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a BIAS = 0,0 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Výsledné priemerné ročné koncentrácie PM_{2,5} sú na **Obr. 4.3**. Priemerná ročná limitná hodnota 20 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v roku 2023 v tomto priestorovom rozlíšení bola dosahovaná len miestami, a to najmä na Orave, Dolnom Liptove, Gemeri v okolí Jelšavy, v okolí Košíc, v okolí Martina a Čierneho Balogu. Najvyššie koncentrácie sú obdobne ako v prípade PM₁₀ v lokalitách s veľkým počtom lokálnych kúrenísk na tuhé palivo, v uzavretých horských dolinách.

¹⁹ <https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results> - - IIR po jednotlivých rokoch a krajinách

Obr. 4.3 Priemerné ročné koncentrácie $PM_{2,5}$ [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2023.

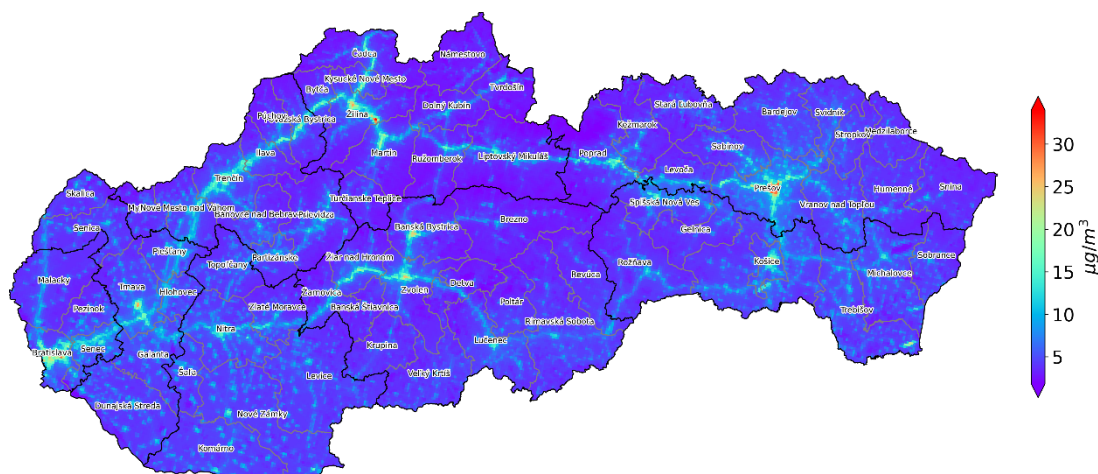


■ Modelovanie NO_2

Hoci podiel emisií z cestnej dopravy predstavuje okolo 35 % celkových emisií NO_x , vplyv cestnej dopravy v blízkosti vyťažených cestných komunikácií na koncentrácie NO_2 je podstatne významnejší ako vplyv ostatných druhov zdrojov, ktorých spaliny vypustené z komínov vo vyššej výške sa za obvyklých meteorologických podmienok efektívne rozptýlia.

Priestorové rozloženie koncentrácií NO_2 na Slovensku bolo vypočítané modelom RIO, pričom boli použité tieto pomocné priestorové dáta: výstupy z modelu AtmoStreet (47 %), nadmorská výška (8 %) a využitie krajiny²⁰ (44 %). Po následnej úprave modelu metódou IDW-R a porovnaní s meraniami dostávame $RMSE = 1,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $BIAS = 0,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Výsledné priemerné ročné koncentrácie NO_2 sú na **Obr. 4.4**. Najvyššie koncentrácie sa vyskytujú v okolí veľkých miest, teda v miestach so zvýšenou intenzitou cestnej dopravy. Z obrázku možno vidieť, že v skúmanom rozlíšení nebola limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu ($40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v roku 2023 prekročená. Taktiež limitná hodnota pre priemernú hodinovú koncentráciu ($200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ - táto hodnota nesmie byť prekročená viac ako 18-krát za kalendárny rok) nebola prekročená ani podľa nameraných ani modelovaných hodnôt koncentrácií.

Obr. 4.4 Priemerné ročné koncentrácie NO_2 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2023.

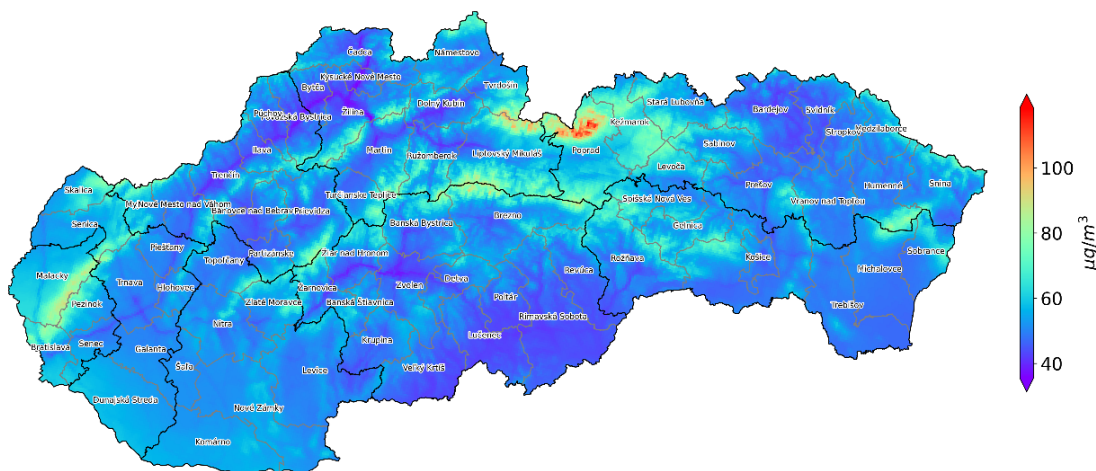


²⁰ <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>

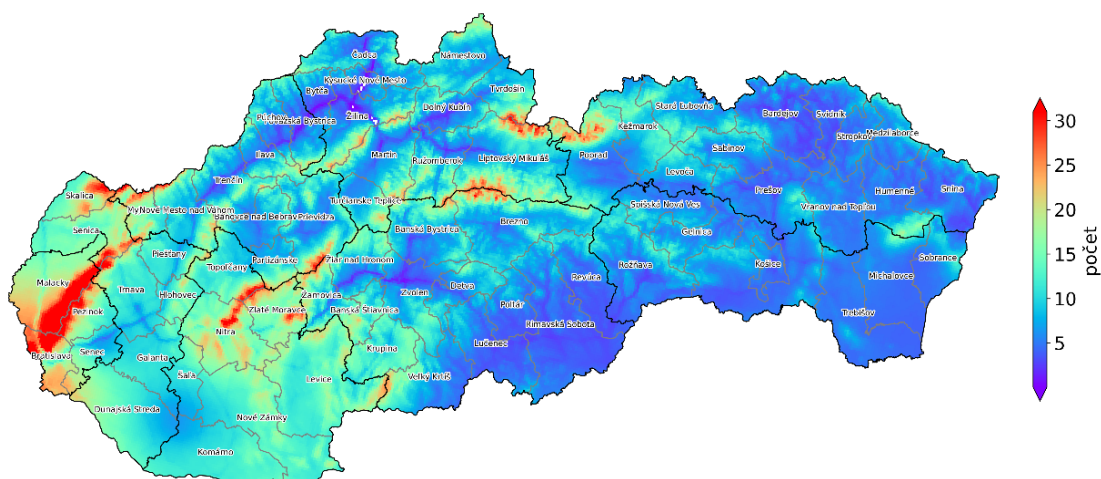
■ Modelovanie ozónu

Priestorové rozloženie koncentrácií ozónu na Slovensku bolo vypočítané modelom RIO, pričom ako pomocné priestorové polia boli použité výstupy z modelu AtmoStreet (18,3%); nadmorská výška (51,7%), ventilačný index (30%). Po následnej úprave vypočítaných koncentrácií metódou IDW-R a porovnaní s meraniami dostávame $RMSE=0,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $BIAS=0,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Výsledné priemerné ročné koncentrácie ozónu sú na **Obr. 4.5**. **Obr. 4.6** ilustruje počet dní, v ktorých priemerná osemhodinová koncentrácia prízemného ozónu prekročila hodnotu $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (t.j. cieľovú hodnotu pre ochranu ľudského zdravia), pričom sa zobrazuje priemerný počet dní za obdobie 2021–2023. (Tento priemerný počet dní nemôže prekročiť hodnotu 25). Z obrázku vidíme, že viac ako 25 prekročení v priemere za obdobie 2021–2023 majú vysoko položené horské oblasti a oblasti na západnom Slovensku. **Obr. 4.7** zachytáva priemerné hodnoty AOT40 pre ochranu vegetácie za obdobie 2019–2023 (podľa Vyhlášky MŽP SR č. 250/2023 Z.z. o kvalite ovzdušia). Cieľová hodnota 18 000 sa taktiež prekračuje vo vysoko-horských polohách a na západnom Slovensku.

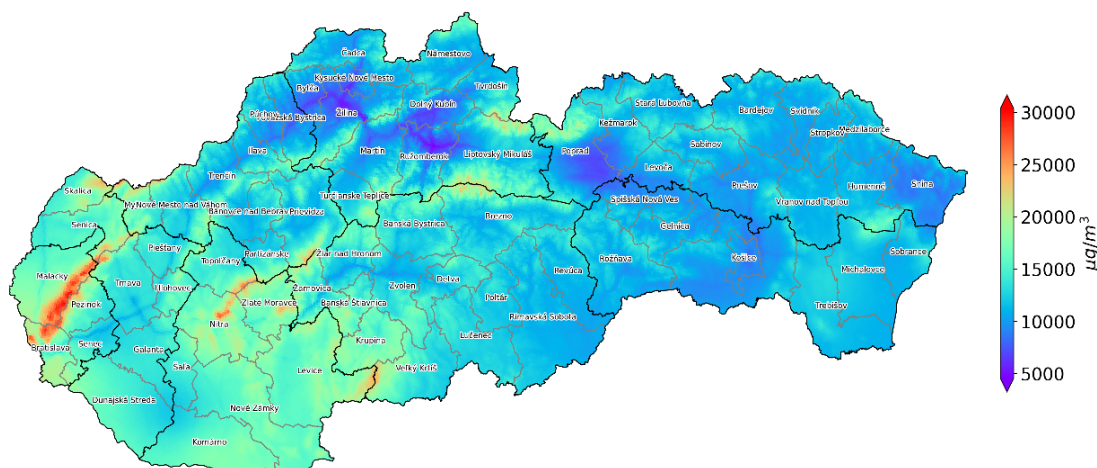
Obr. 4.5 Priemerné ročné koncentrácie ozónu [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2023.



Obr. 4.6 Počet dní, v ktorých priemerná osem hodinová koncentrácia prízemného ozónu prekročila hodnotu $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (priemer počas rokov 2021 – 2023).



Obr. 4.7 Priemerné hodnoty AOT40 za obdobie piatich rokov (2019 – 2023).



Priemerné ročné koncentrácie prízemného ozónu vo všeobecnosti narastajú s nadmorskou výškou, čo je spôsobené prenikaním stratosférického ozónu do vrchných vrstiev troposféry. V roku 2023, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, boli maximálne hodnoty namerané na najvyššie položených miestach a minimálne hodnoty na staniciach v centrách miest, kde je ozón odbúravaný vysokými koncentraciami NO. Zvýšené hodnoty ozónu sú aj v okrajových oblastiach väčších mestských aglomerácií, resp. v priemyselných zónach, kde ozón vzniká najmä fotochemickými reakciami oxidov dusíka s VOC a CO. Na podrobnejšie skúmanie priestorového rozloženia troposférického ozónu by bolo potrebné použiť chemicko-transportný model s vysokým rozlíšením a kvalitnými emisnými vstupmi prekurzorov ozónu. Kvôli lepšej kalibrácii modelu by bolo potrebné pokryť územie hustejšou sieťou staníc, či vykonať sériu indikatívnych meraní, ktoré by charakterizovali viacero typov prostredí (lokality bezprostredne ovplyvnené cestnou dopravou, lokality v rôznych vzdialenostiach od centra aglomerácie, či od zdrojov prekurzorov ozónu). Mapy na **Obr. 4.5** až **Obr. 4.7** nezachytávajú preto skutočnosť dostatočne presne.

■ Modelovanie SO₂

Na rozdiel od PM a benzo(a)pyrénu sa na emisiách SO₂ podieľajú najmä veľké priemyselné zdroje a energetika. Podiel vykurovania domácností na celkových emisiách predstavuje menej ako 10%. Lokálne sa vplyv malých zdrojov môže výraznejšie prejavovať v oblastiach, kde sa na vykurovanie domácností používa vo väčšej miere uhlie.

Priestorové rozloženie koncentrácií SO₂ na Slovensku bolo vypočítané modelom CMAQ, pričom boli použité meteorologické údaje z modelu ALADIN.

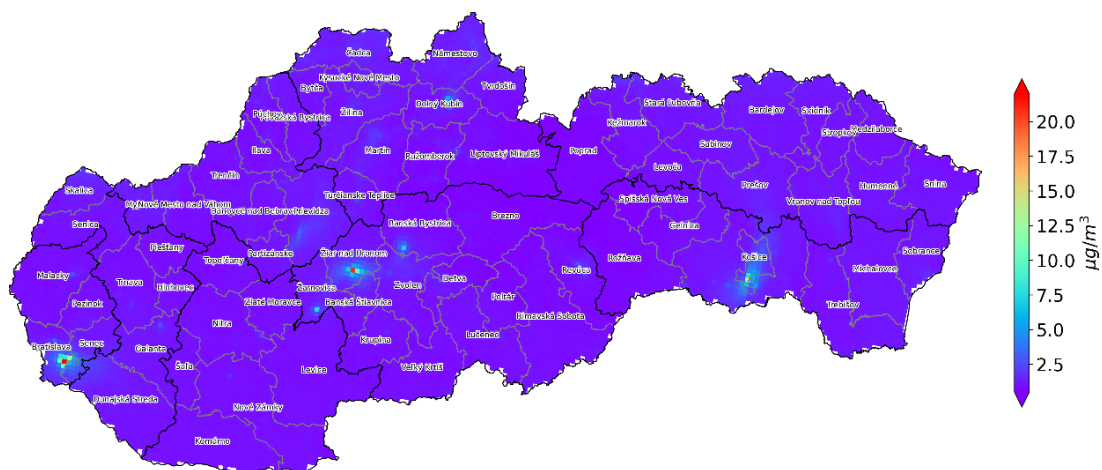
Najdôležitejšími emisiami SO₂ sú výškové zdroje (komíny priemyselných alebo energetických prevádzok). Tieto zdroje boli pre územie SR získané z databázy NEIS (Národný emisný informačný systém). Do výpočtu boli zahrnuté emisie SO₂ z vyše 400 najvýznamnejších zdrojov evidovaných v databáze NEIS. Najvýznamnejšie zdroje SO₂ v roku 2023 boli U. S. Steel Košice, s.r.o. a SLOVNAFT, a.s. (Bratislava), za nimi nasledovali Slovenské elektrárne, a.s. (elektrárň Nováky, ukončenie prevádzky v decembri roku 2023). Emisie SO₂ zaznamenali v porovnaní s minulosťou významný pokles. Napríklad príspevok v minulosti významného producenta emisií SO₂ Slovalco, a.s. (Žiar nad Hronom) je z dôvodu utlmeniu výroby zanedbateľný. Ďalej boli do simulácie zahrnuté emisie SO₂ z lokálneho vykurovania a emisie z cestnej dopravy (ktoré v prípade SO₂ predstavujú menej ako 1% z celkových emisií). Mimo územia SR boli použité emisie z databázy TNO-MAC III²¹. Ďalšou potrebnou charakteristikou pre modelovanie kvality ovzdušia sú zmeny emisií počas roka, ktoré boli určené na základe charakteru a typu zdroja (celoročná prevádzka, sezónna prevádzka, energetika, lokálne vykurovanie atď.). Tieto zmeny sú však

²¹ Kuenen, J.J.P., Visschedijk, A.J.H., Jozwicka, M., Denier van der Gon, H.A.C., 2014. TNOMACC_II emission inventory; a multi-year (2003-2009) consistent high-resolution European emission inventory for air quality modelling. *Atmos. Chem. Phys.* 14, 10963–10976. <https://doi.org/10.5194/acp-14-10963-2014>

v prípade veľkých zdrojov často náhle a veľké, a nedajú sa s potrebnou presnosťou späťne zrekonštruovať, čo prispieva k zdrojom neurčitosti v modelovaných koncentráciách.

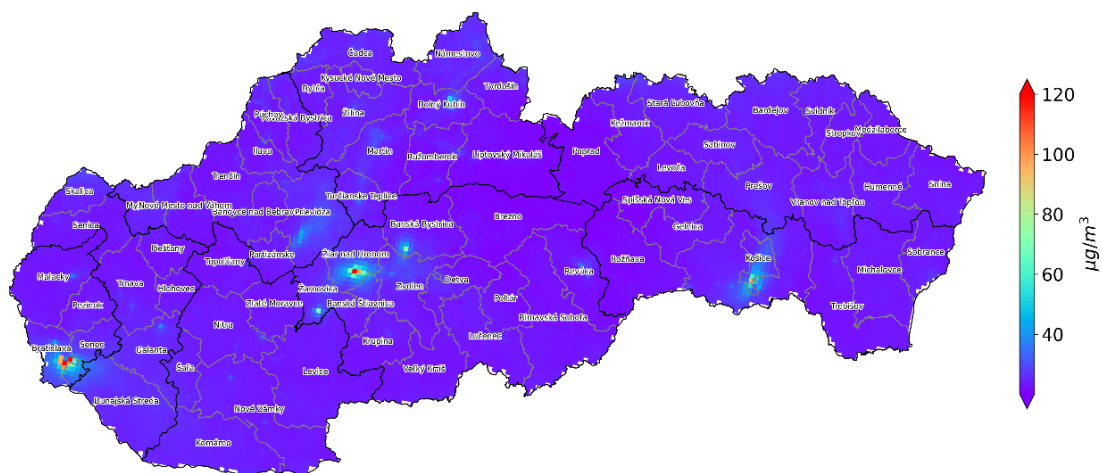
Namerané priemerné ročné koncentrácie SO₂ sú v posledných rokoch nízke. Zdá sa, že pri takýchto nízkych hodnotách sme dosiahli úroveň senzitivity meracích zariadení (analyzátorov) SO₂, preto v prípade priemerných ročných koncentrácií SO₂ model nekalibrujeme na hodnoty nameraných koncentrácií. Na výslednej mape priemerných ročných koncentrácií SO₂ z modelovania (**Obr. 4.8**) možno vidieť, že najvyššie koncentrácie sú na lokalitách s priamym dosahom významných bodových zdrojov.

Obr. 4.8 Priemerné ročné koncentrácie SO₂ [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2023.



Priemerné hodinové koncentrácie SO₂ by nemali prekročiť 350 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ viac ako 24-krát v kalendárnom roku. Preto sa počíta 99,7 percentil z hodinových hodnôt (tento percentil zodpovedá zhruba 25. najvyššej hodinovej koncentrácii). Zaujímavosťou je, že v prípade 99,7 hodinového percentilu nám výsledky z meraní korelujú s modelom CMAQ pomerne dobre ($r = 0,75$). Možno sa domnievať, že merania pomerne dobre zachytávajú maximálnu koncentráciu. Koncentrácie vypočítané modelom CMAQ boli následne spracované metódou IDW-R pre dosiahnutie čo najlepšej zhody s meraniami (RMSE = 5,1 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a BIAS = -0,01 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Výsledný 99,7 hodinový percentil koncentrácií SO₂ je na **Obr. 4.9**, z ktorého možno vidieť, že 25. najvyššia hodinová koncentrácia bola hlboko pod limitnou hodnotou 350 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

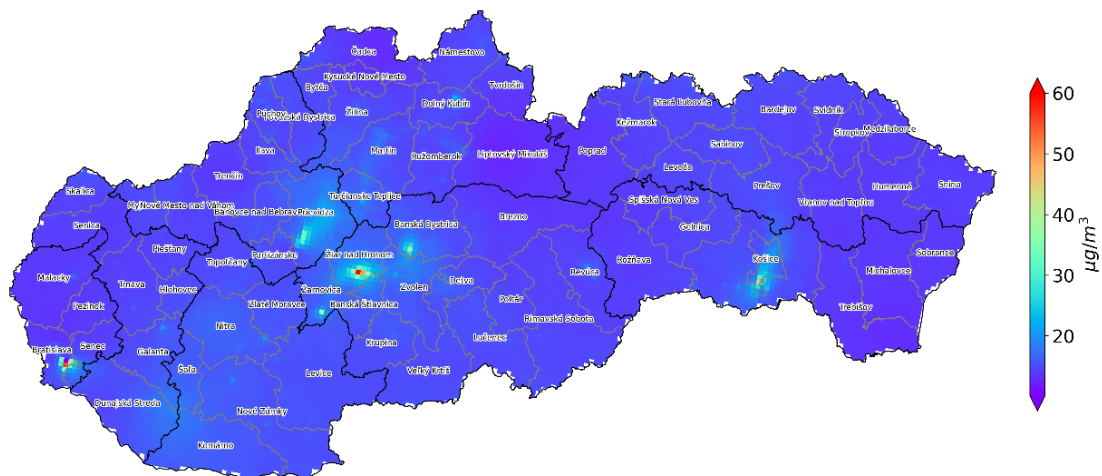
Obr. 4.9 99,7 hodinový percentil [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] koncentrácií SO₂ v roku 2023.



Priemerná denná koncentrácia SO₂ by nemala prekročiť 125 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ viac ako 3-krát v kalendárnom roku. Toto je reprezentované 99,2 percentilom z priemerných denných hodnôt, ktorého hodnota zodpovedá zhruba 4. najvyššej dennej koncentrácii. Podobne ako v predchádzajúcom prípade boli výsledky modelu

CMAQ ešte spracované metódou IDW-R ($RMSE = 5,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $BIAS = 0,04 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Výsledný 99,2 percentil z priemerných denných hodnôt koncentrácií SO_2 je na **Obr. 4.10**, z ktorého možno vidieť, že 4. najvyššia priemerná denná koncentrácia bola hlboko pod limitnou hodnotou $125 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Obr. 4.10 99,2 percentil [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] z priemerných denných hodnôt koncentrácií SO_2 v roku 2023.



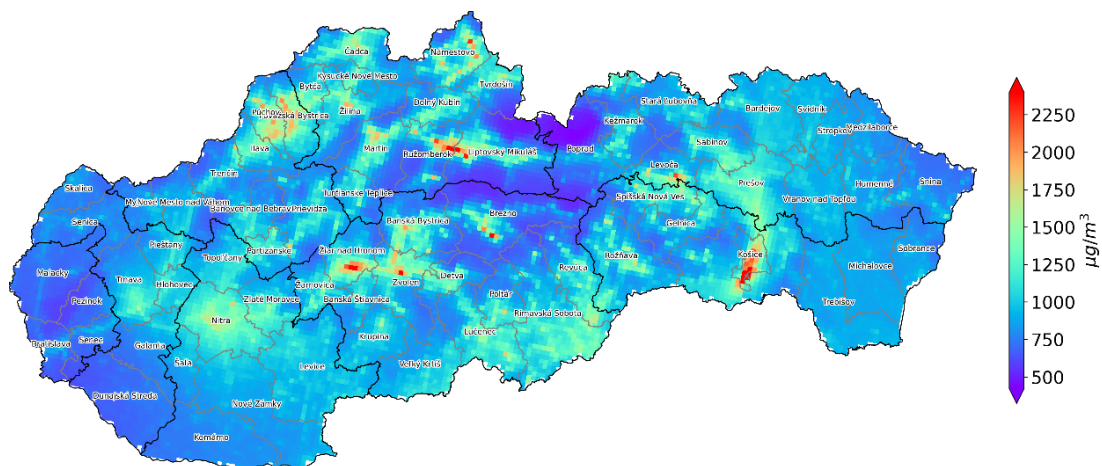
■ Modelovanie CO

Priestorové rozloženie koncentrácií CO na Slovensku bolo vypočítané modelom CMAQ, pričom boli použité meteorologické údaje z modelu ALADIN.

Najdôležitejšími zdrojmi emisií CO sú lokálne kúreniská (takmer 55 % celkových emisií), nasledujú priemyselné bodové zdroje. Do výpočtu bolo zaradených vyše 400 najvýznamnejších zdrojov evidovaných v databáze NEIS. Do simulácie boli tiež zahrnuté emisie z cestnej dopravy (približne 20 % z celkových emisných vstupov) a poľnohospodárstva (približne 5 % z celkových emisných vstupov). Mimo územia SR boli použité emisie z databázy TNO-MAC III. Maximálne 8-hodinové kĺzavé koncentrácie CO v roku 2023 na **Obr. 4.11** boli získané z modelu CMAQ a následne spracované použitím metódy IDW-R. Limitná hodnota $10\,000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ nebola prekročená. Pri porovnaní modelu s meraním dostávame $RMSE = 23,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $BIAS = -1,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Z obrázku vidíme, že najvyššie koncentrácie CO sú v okolí významných bodových zdrojov, v oblastiach významných ciest a v blízkosti lokálnych kúrenísk. Keďže CO sa meria prakticky len na dopravných a priemyselných staniciach, je ťažké zistiť skutočnú pozadovú koncentráciu, aj kvôli tomu, že CO je relatívne chemicky stabilný a ostáva v atmosfére pomerne dlho.

Táto znečisťujúca látka nepredstavuje problém z hľadiska prekračovania limitnej hodnoty na ochranu ľudského zdravia.

Obr. 4.11 Maximálne 8-hodinové kĺzavé koncentrácie CO [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2023.

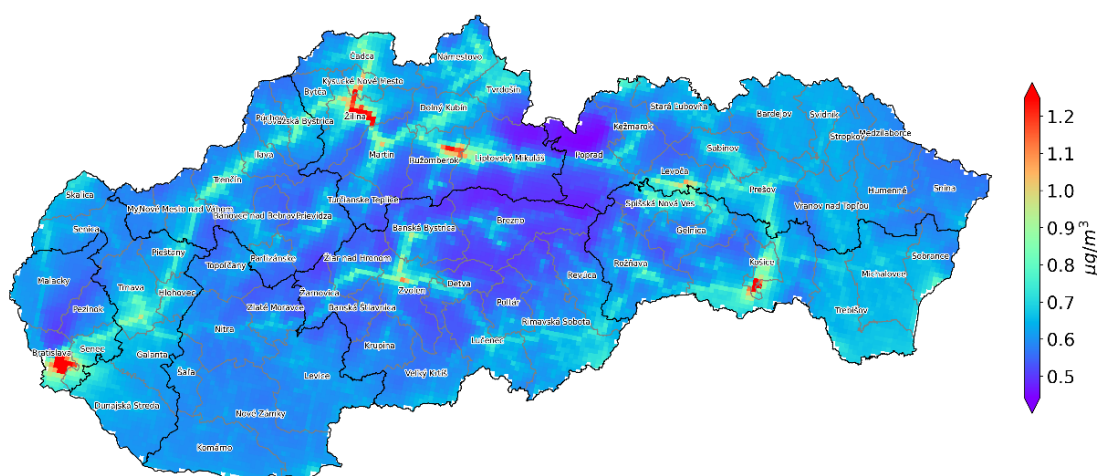


■ Modelovanie benzénu

Priestorové rozloženie koncentrácií benzénu na Slovensku bolo vypočítané modelom CMAQ, pričom ako meteorologické vstupy boli použité údaje z modelu ALADIN.

Najvyšší podiel na emisných vstupoch pre modelovanie benzénu má cestná doprava (približne 66%), lokálne kúreniská (viac než 19%) a priemyselné zdroje (viac než 16%) pričom najvýznamnejšími zdrojmi sú SLOVNAFT, a.s. Bratislava a U. S. Steel Košice, s.r.o. Mimo územia SR boli použité emisie z databázy TNO-MAC III²². Priemerné ročné koncentrácie benzénu v roku 2023 na Obr. 4.12 boli získané z modelu CMAQ a následne spracované použitím metódy IDW-R. Pri porovnaní modelu s meraniami dostávame $RMSE = 0,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $BIAS = -0,05 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Z Obr. 4.12 vidíme, že najvyššie koncentrácie benzénu sú v okolí významných ciest, najmä v oblastiach so zhoršenými rozptylovými podmienkami a v oblastiach v dosahu dvoch spomenutých priemyselných zdrojov. Celkovo sú však koncentrácie benzénu pod limitnou hodnotou $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ aj v okolí najvýznamnejších zdrojov.

Obr. 4.12 Priemerné ročné koncentrácie benzénu [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2023.



■ Modelovanie benzo(a)pyrénu

Najvýznamnejším zdrojom emisií benzo(a)pyrénu je podobne ako v prípade $\text{PM}_{2,5}$ vykurovanie domácností tuhým palivom. Podiel vykurovania domácností na celkových emisiách benzo(a)pyrénu sa blíži k 70%, pričom napríklad v roku 2017 (kedy sa vyskytol teplotne silne podnormálny január²³), dosahoval tento podiel viac než 80%²⁴. Z priemyselných zdrojov sa najvýraznejšie prejavuje výroba koksu, ktorej vplyv je vidno na vysokých koncentráciách z meraní na priemyselnej monitorovacej stanici Veľká Ida, Letná. V roku 2023 tu bola opätovne zaznamenaná najvyššia priemerná ročná koncentrácia benzo(a)pyrénu spomedzi monitorovacích staníc na Slovensku, a to $4,9 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$. Poznamenajme, že táto stanica je tiež v obci s lokálnymi kúreniskami. Vykurovanie domácností sa takmer výlučne prejavuje na zhoršených koncentráciách benzo(a)pyrénu v horských dolinách s dobrou dostupnosťou palivového dreva a častým výskytom nepriaznivých rozptylových podmienok a teplotných inverzií, najmä počas zimných mesiacov. Príkladom monitorovacej stanice umiestnenej v takejto oblasti je Jelšava, Jesenského. Priemerná ročná koncentrácia benzo(a)pyrénu v roku 2023 dosiahla na tejto stanici hodnotu $3,4 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$, pričom cieľová hodnota je $1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$.

²² Kuenen, J.J.P., Visschedijk, A.J.H., Jozwicka, M., Denier van der Gon, H.A.C., 2014. TNOMACC_II emission inventory; a multi-year (2003-2009) consistent high-resolution European emission inventory for air quality modelling. *Atmos. Chem. Phys.* 14, 10963–10976. <https://doi.org/10.5194/acp-14-10963-2014>

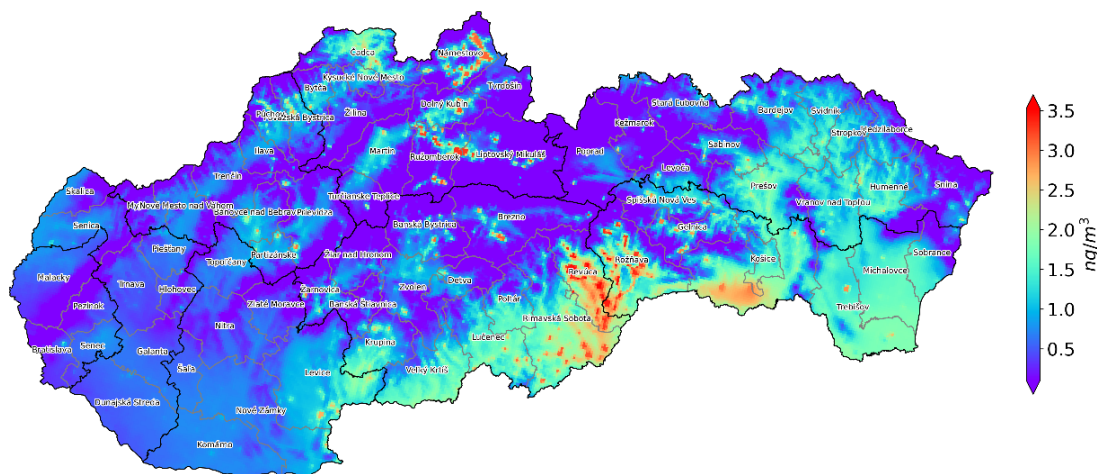
²³ <http://www.shmu.sk/sk/?page=1613&id=>

²⁴ <https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results/2019-submissions>, - údaje predkladané v roku 2019 sa vzťahujú na rok 2017 http://www.shmu.sk/File/oko/rocnky/SHMU_Sprava_o_kvalite_ovzdušia_SR_2018_v3.pdf

Pri hodnotení priestorového rozloženia bol použitý interpolačný model RIO a IDW-R, keďže použitie chemicko-transportného modelu je v prípade benzo(a)pyrénu spojené s veľkou neurčitostou v priestorovom a časovom rozložení emisií a situáciu komplikujú aj zložité chemické reakcie, ktoré sú ešte stále predmetom výskumu²⁵. Kvôli relatívne malému počtu staníc, ktorých monitorovací program zahŕňa túto látku je však tiež dosť problematické vykonať kvalitnú regresiu a interpoláciu modelom RIO. Keďže korelácia nameraných koncentrácií benzo(a)pyrénu a hodnôt priemerných ročných koncentrácií PM_{2,5} vypočítaných v miestach monitorovacích staníc kombináciou RIO a IDW-R je pomerne vysoká (korelačný koeficient $r=0,9$), použili sme ako vstup do modelu IDW-R už vypočítané hodnoty priemerných ročných koncentrácií PM_{2,5}. Takto vypočítané priestorové rozloženie priemerných ročných hodnôt benzo(a)pyrénu na území Slovenska je zobrazené na **Obr. 4.13**.

Pri porovnaní s meraniami dostávame RMSE = 0,1 ng·m⁻³ a BIAS = -0,1 ng·m⁻³. Limitná hodnota priemernej ročnej koncentrácie benzo(a)pyrénu 1 ng·m⁻³ bola prekročená na mnohých meracích miestach. Najnižšie koncentrácie sú na vidieckych pozadových staníc a v mestách v Podunajskej nížine. Túto skutočnosť odrážajú aj výsledky modelovania, pričom na východe krajiny sú koncentrácie najvyššie. Model môže koncentrácie benzo(a)pyrénu nadhodnocovať najmä v okolí Košíc a Východoslovenskej nížiny, pretože je silne ovplyvnený vysokou priemernou ročnou koncentráciou nameranou vo Veľkej Ide, ktorá je spolu s Kropáčmi len jednou z dvoch staníc v Košickom kraji, kde sa monitoruje benzo(a)pyrén.

Obr. 4.13 Priemerné ročné koncentrácie benzo(a)pyrénu [ng·m⁻³] v roku 2023.



4.3 ZÁVER

Matematické modely, nech sú akokoľvek sofistikované, sú iba priblížením reality a ich výsledky sú spojené s pomerne vysokou mierou neurčitosti, ktorá je značne závislá na kvalite vstupných dát. Najdôležitejšie vstupné dáta sú meteorologické polia a priestorové rozloženie emisií. V súčasnosti môžeme považovať z hľadiska ročného hodnotenia meteorologické dáta za omnoho spoľahlivejšie ako emisné dáta, preto sa dá povedať, že emisné dáta sú primárnym zdrojom neistôt vo výstupoch z matematických modelov kvality ovzdušia. Ďalším faktorom, ktorý treba mať na pamäti pri hodnotení priestorového rozloženia koncentrácií pomocou modelov na regionálnej úrovni je ich priestorové rozlíšenie. Modely používané v našej analýze majú horizontálne priestorové rozlíšenie 1 alebo 2 km. Koncentrácia, ktorá je vypočítaná by mala reprezentovať priemernú koncentráciu na území 1 x 1 km (resp. 2 x 2 km). Na takomto území je však obvyčajne priestorová premenlivosť koncentrácií, hlavne v zastavaných, resp. človekom ovplyvnených oblastiach pomerne veľká. Model s rozlíšením 1 x 1 km teda nutne zhladzuje lokálne maximá (a samozrejme nadhodnocuje lokálne minimá). Toto sa obzvlášť týka oblastí, kde sa vyskytuje veľká koncentrácia lokálnych kúrenísk alebo frekventované cesty vo vnútri

²⁵ Fernández, Israel. (2020). Understanding the reactivity of polycyclic aromatic hydrocarbons and related compounds. *Chemical Science*. 11. 10.1039/D0SC00222D.

zastavaných oblastí, pretože tieto zdroje sa nachádzajú v malej výške nad zemským povrchom a spôsobujú obyčajne najvýraznejšie silne lokalizované koncentrácie PM a benzo(a)pyrénu. Na presnejšie rozloženie koncentrácií v jednotlivých mestách a určenie lokálnych maxím je preto potrebné použiť lokálne modely s vysokým rozlíšením. Presnosť týchto modelov však tiež silne závisí od presnosti vstupných emisných dát a ich optimálne využitie predpokladá upresnenie lokálnych emisných inventúr (lokálne kúreniská, doprava). Výstupy lokálnych modelov s vysokým rozlíšením sa využívajú hlavne v Programoch na zlepšenie kvality ovzdušia, ktoré sa robia pre jednotlivé zóny a aglomerácie vrátane oblastí riadenia kvality ovzdušia.

Podobne ako v posledných rokoch aj v roku 2023 najvýraznejším problémom znečistenia ovzdušia sú vysoké koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a benzo(a)pyrénu, najmä počas chladnejšej časti roka (október – marec), pričom podstatnú úlohu tu zohráva vykurovanie domácností tuhým palivom. Situácia je najkomplikovanejšia v horských údoliach, v oblastiach s dobrou dostupnosťou palivového dreva a častým výskytom nepriaznivých rozptylových podmienok, najmä počas vykurovacej sezóny. Finančné podmienky miestnemu obyvateľstvu často neumožňujú používať na vykurovanie zemný plyn ani nákup moderných nízkoemisných vykurovacích zariadení. Aj táto skutočnosť má vplyv na kvalitu ovzdušia vo vyššie uvedených oblastiach.

5.1 NÁVRH VYMEDZENIA OBLASTÍ RIADENIA KVALITY OVZDUŠIA V ROKU 2024

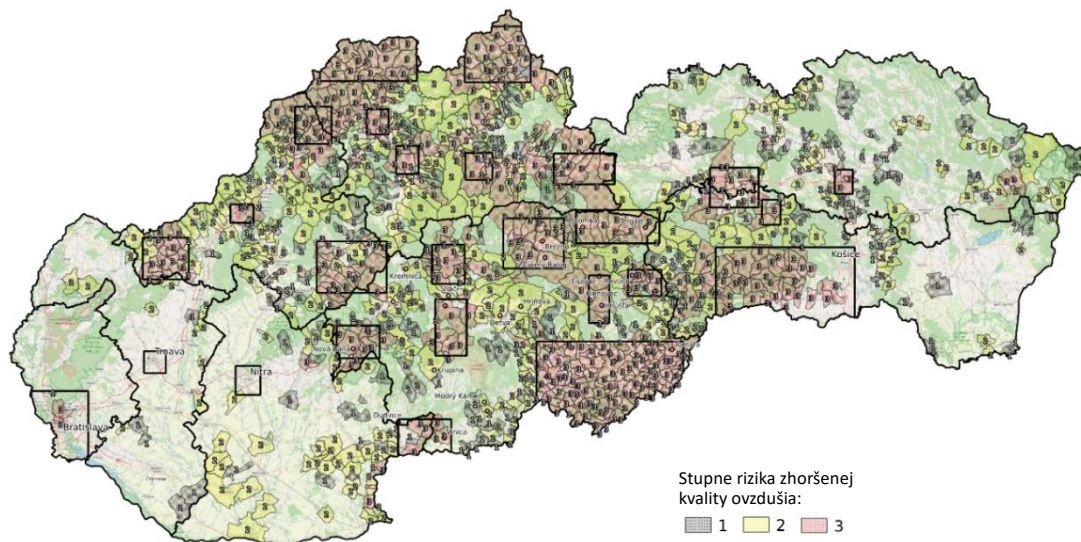
Úlohou SHMÚ je na základe hodnotenia kvality ovzdušia v zónach a aglomeráciách v rokoch 2021 – 2023, podľa § 8 ods. 3 Zákona č. 146/2023 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov navrhnúť aktualizáciu vymedzenia oblastí riadenia kvality ovzdušia SR na rok 2024.

Rozhodujúcu úlohu pri hodnotení kvality ovzdušia majú výsledky monitorovania. Už od roku 2021 sa pri návrhu oblastí riadenia kvality ovzdušia (ORKO) zohľadňujú aj výsledky matematického modelovania, keďže členitosť terénu znižuje oblasti reprezentatívnosti jednotlivých monitorovacích staníc a preto nie je možné pokryť celé územie Slovenska meraním. Metodika na určenie obcí ohrozených zhoršenou kvalitou ovzdušia z vykurovania domácností, ktorá vychádzala z článku *Stanovenie rizikových oblastí kvality ovzdušia ohrozených časticami PM₁₀ z lokálneho vykurovania na Slovensku*²⁶, bola navrhnutá v roku 2021 a aktualizovaná v roku 2022²⁷ na základe výsledkov Sčítania obyvateľov, domov a bytov 2021.

V roku 2023 bola vykonaná ďalšia aktualizácia metodiky²⁸ na základe výsledkov modelovania s vysokým rozlíšením modelom CALPUFF vo vybraných doménach s predpokladom zhoršenej kvality ovzdušia (Obr. 5.1).

Obciam sú na základe zhodnotenia spomínaných podkladov podľa aktuálnej metodiky priradené rizikové stupne od 0 do 3, pričom rizikový stupeň 3 označuje najvyššie riziko zhoršenej kvality ovzdušia. Obciam, v ktorých vyšlo prekročenie limitnej hodnoty niektorej znečisťujúcej látky na základe modelovania s vysokým rozlíšením a obciam, v ktorých bolo zistené prekročenie limitnej hodnoty meraním, je automaticky priradený rizikový stupeň 3.

Obr. 5.1 Rizikové obce určené metódou integrovaného posúdenia pre rok 2023. Čiernou farbou sú označené vybrané domény pre modelovanie s vysokým rozlíšením.



²⁶ Nemček V., Krajčovičová J., Štefánik, D. 2020, *Stanovenie rizikových oblastí kvality ovzdušia ohrozených časticami PM₁₀ z lokálneho vykurovania na Slovensku*, *Meteorologický časopis, Ročník 23, číslo 1, ISSN 1335-339X*, dostupné: <http://www.shmu.sk/sk/?page=31>, posledný prístup 14.6.24.

²⁷ D. Štefánik: *Určenie rizikových obcí s kvalitou ovzdušia ohrozenou lokálnym vykurovaním a zhoršenými rozptylovými podmienkami*. SHMÚ, Bratislava, október 2022.

²⁸ Štefánik, D., Krajčovičová, J.: *Metóda integrovaného posúdenia obcí vzhľadom na riziko nepriaznivej kvality ovzdušia*, Slovenský hydrometeorologický ústav, 2023. https://www.shmu.sk/File/oko/studie_analyzy/Metodika_final_v2ab.pdf.

Zóny a aglomerácie, ktoré obsahujú aspoň jednu obec s rizikovým stupňom 3, vypracujú Program na zlepšenie kvality ovzdušia. V tomto zmysle zodpovedajú obce s rizikovým stupňom 3 oblastiam riadenia kvality ovzdušia. Opatrenia na zníženie emisií však musia byť vykonané v takto vyčlenenej zóne vo všetkých obciach, ktorých rizikový stupeň je 2 alebo 3, v ideálnom prípade aj v obciach s rizikovým stupňom 1.

Obr. 5.1 a [web stránka](#) obsahujú obce s priradenými rizikovými stupňami a polohu domén, v ktorých bola kvalita ovzdušia modelovaná s vysokým rozlíšením.

Zoznam rizikových obcí sa bude aktualizovať v prípade, že príde k upresneniu vstupných dát, či už celoplošne, alebo za jednotlivé regióny, alebo obce. Aktualizácie budú vykonávané najviac raz ročne, najmenej však raz za 5 rokov. V prípade potreby môže byť aktualizovaná aj metodika samotná.

5.2 ZHRNUTIE

V roku 2023 hodnoty monitorovaných znečisťujúcich látok v priemere oproti predchádzajúcim rokom poklesli, príčinou bola pravdepodobne nie príliš intenzívna vykurovacia sezóna a neobvykle vysoké úhrny zrážok. Oproti roku 2022 boli aj epizódy prenosu prachu zo suchých oblastí v roku 2023 menej výrazné.

Podobne ako v predchádzajúcich rokoch, zotrvali na Slovensku problémy s prekračovaním limitnej hodnoty pre PM_{10} a s výskytom vysokých hodnôt benzo(a)pyrénu.

Najväčšie koncentrácie PM a ostatných znečisťujúcich látok boli na väčšine staníc namerané v priebehu februára. Výnimkou boli Jelšava a Plášťovce, kde sa najviac prekročenie PM_{10} vyskytvalo počas decembra.

Situácia vo februári bola zaujímavá – vplyvom rozsiahlej a mohutnej tlakovej výše, ktorá sa v období približne od 6. 2. do 10. 2. 2023 presúvala z oblasti nad Britániou cez západnú, strednú a východnú Európu nad Ukrajinu a Rumunsko, sa na našom území vyskytovali nepriaznivé rozptylové podmienky v kombinácii s nízkou teplotou vzduchu (napríklad v Liptovskom Mikuláši bola 7. 2. 2023 bola zaznamenaná minimálna teplota $-22,3$ °C). Toto obdobie sa preto vyznačovalo aj zvýšenými potrebami vykurovania domácností. 10. 2. 2023 na 34 monitorovacích staniciach prekročila priemerná denná koncentrácia PM_{10} hodnotu $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, pričom 3 stanice prekročili túto hodnotu dvojnásobne (Martin; Ružomberok; Banská Bystrica, Štefánikovo nábregie). Po prechode oklúzneho frontu bolo naše územie v období približne od 11. 2. do 18. 2. 2023 pod vplyvom tlakovej výše s nepriaznivými rozptylovými podmienkami, a hoci teplota už vzrástla, 11. 2. 2023 zaznamenalo ešte prekročenia PM_{10} 29 staníc. V poslednej dekáde februára sme boli opäť pod vplyvom tlakovej výše, prekročenia PM_{10} však už zaznamenali iba 2 stanice (mestská požadová stanica v Jelšave a dopravná stanica v Banskej Bystrici).

Limitná hodnota pre priemernú dennú koncentráciu PM_{10} bola prekročená na monitorovacích staniciach Jelšava, Jesenského a Veľká Ida, Letná.

Cieľová hodnota pre benzo(a)pyrén bola prekročená na 10 monitorovacích staniciach: Veľká Ida, Letná; Jelšava, Jesenského; Oščadnica; Plášťovce; Krompachy, SNP; Ružomberok, Riadok; Púchov, 1. mája; Prievidza, Malonecpalská; Žilina, Obežná a Banská Bystrica, Štefánikovo nábregie. Najvyššie denné hodnoty boli zaznamenané v decembri v Jelšave a Oščadnici (zhodne po $21 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) a v auguste vo Veľkej Ide ($36 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$).

Prekročenie cieľovej hodnoty pre prízemný ozón bolo namerané na staniciach Bratislava, Jeséniova a Chopok, EMEP, pričom najvyššie hodnoty sa vyskytovali v auguste.

Najvýraznejším problémom z hľadiska znečisťovania ovzdušia v SR zostáva vykurovanie domácností tuhými palivami, najmä pri použití starších vykurovacích zariadení. Situácia je horšia v lokalitách s nepriaznivými rozptylovými podmienkami v horských dolinách, pričom miera použitia vykurovacích zariadení s vyššími emisiami odráža sociálne zloženie obyvateľstva. Hospodárska kríza situáciu pravdepodobne komplikuje, keďže obyvatelia sa navracajú k vykurovaniu palivovým drevom.

SKRATKY

Skratka	Vysvetlenie
As	arzén
BaP	benzo(a)pyrén
BAPMoN	The Background Air Pollution Monitoring Network – sieť monitorovania pozad'ového znečistenia ovzdušia
Ca ²⁺	vápenatý katión
Cd	kadmium
Cl ⁻	chloridový anión
CLRTAP	The Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution – Dohovor o diaľkovom znečisťovaní ovzdušia prechádzajúcim hranicami štátov
CO	oxid uhoľnatý
Cr	chróm
Cu	meď
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme – Program spolupráce pre monitorovanie a vyhodnocovanie diaľkového šírenia látok, znečisťujúcich ovzdušie v Európe
EHK OSN	Európska hospodárska komisia Organizácie spojených národov
GAW	Global Atmosphere Watch – Globálne pozorovanie atmosféry
HNO ₃	kyselina dusičná
K ⁺	draselný katión
Mg ²⁺	horečnatý katión
Na ⁺	sodný katión
NEIS	Národný emisný informačný systém
NH ₃	amoniak
NH ₄ ⁺	amónny katión
Ni	nikel
NMSKO	Národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia
NM VOC	NonMethane Volatile Organic Compounds – nemetánové prchavé organické zlúčeniny
NO ₃ ⁻	dusičnanový anión
NO _x	oxidy dusíka
O ₃	ozón
ORKO	oblasť riadenia kvality ovzdušia

Skratka	Vysvetlenie
PAH	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons – polycyklické aromatické uhľovodíky
Pb	olovo
pH	kyslosť/zásaditosť (záporný dekadický logaritmus koncentrácie vodíkových iónov)
PM	Particulate Matter - tuhé častice
PM ₁₀	častice atmosférického aerosólu s aerodynamickým priemerom do 10 mikrometrov
PM _{2,5}	častice atmosférického aerosólu s aerodynamickým priemerom do 2,5 mikrometrov
POP	Persistent Organic Pollutants – perzistentné organické látky
SHMÚ	Slovenský hydrometeorologický ústav
SO ₂	oxid siričitý
SO ₄ ²⁻	síranový anión
SO _x	oxidy síry
TSP	Total Suspended Particles – celkové suspendované častice
ŤK	ťažké kovy
UNFCCC	The United Nations Framework Convention on Climate Change – Rámcový dohovor OSN o zmene klímy
VOC	Volatile Organic Compounds – prchavé organické zlúčeniny
WMO	World Meteorological Organization – Svetová meteorologická organizácia
Zn	zinok
ZP	zemný plyn
VZZO	veľké zdroje znečisťovania ovzdušia

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha A	Meracie stanice monitorovacích sietí kvality ovzdušia
Príloha B	Koncentrácie znečisťujúcich látok z kontinuálnych meraní v sieti NMSKO
Príloha C	Meteorologické parametre súvisiace s kvalitou ovzdušia
Príloha BA	Hodnotenie kvality ovzdušia v aglomerácii Bratislava a v zóne Bratislavský kraj
Príloha BB	Hodnotenie kvality ovzdušia v zóne Banskobystrický kraj
Príloha KE	Hodnotenie kvality ovzdušia v aglomerácii Košice a v zóne Košický kraj
Príloha NR	Hodnotenie kvality ovzdušia v zóne Nitriansky kraj
Príloha PO	Hodnotenie kvality ovzdušia v zóne Prešovský kraj
Príloha TN	Hodnotenie kvality ovzdušia v zóne Trenčiansky kraj
Príloha TT	Hodnotenie kvality ovzdušia v zóne Trnavský kraj
Príloha ZA	Hodnotenie kvality ovzdušia v zóne Žilinský kraj