

2022

SPRÁVA O KVALITE OVZDUŠIA V SLOVENSKEJ REPUBLIKE



Odbor Monitorovanie kvality ovzdušia
SLOVENSKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV

Bratislava, jún 2023
Verzia 1

Materiál vypracoval:

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

Zodpovedný: M. Kremler

Koordinácia: M. Mladý, J. Jagnešáková

Editor: M. Mladý

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

Autori:

- Predhovor - M. Kremler
- 1. kapitola - J. Matejovičová, D. Štefánik, J. Krajčovičová, M. Mladý
- 2. kapitola - B. Paveleková, V. Mináriková, M. Mladý
- 3. kapitola - B. Paveleková, J. Matejovičová, V. Mináriková
- 4. kapitola - D. Štefánik, J. Beňo, J. Krajčovičová, J. Matejovičová, G. Szabo
- 5. kapitola - J. Krajčovičová, J. Matejovičová, D. Štefánik, J. Beňo
- Prílohy - L. Čaracký, V. Mináriková, D. Pavúková, J. Matejovičová, J. Krajčovičová,
M. Mladý, K. Belohorcová, J. Beňo, D. Štefánik, V. Nemček

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 2022	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 hodnotenia kvality ovzdušia	25
3.3 Výsledky monitorovania kvality ovzdušia - lokálne znečistenie ovzdušia	27
3.4 Regionálny monitoring	38
3.5 Zhrnutie.....	43
4 VÝSLEDKY MATEMATICKÉHO MODELOVANIA KVALITY OVZDUŠIA	51
4.1 Stručná charakteristika použitých modelov	51
4.2 Výsledky a výstupy	52
4.3 Záver.....	61
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

Slovenský hydrometeorologický ústav každý rok publikuje Správu o kvalite ovzdušia v SR, ktorá je jedným z výsledkov systematickej a odbornej práce pracovníkov úseku Kvalita ovzdušia.

Problematika kvality ovzdušia nie je pre každého úplne zrozumiteľná, preto sme sa snažili publikáciu pripraviť tak, aby si v nej nielen odborníci, ale aj široká laická verejnosť našla dôležité a potrebné informácie.

Správa v sebe zahŕňa výsledky spájajúce monitoring a modelovanie kvality ovzdušia, ktoré ako poverená organizácia vykonávame pre celé územie Slovenskej republiky. Výsledné hodnotenie je výsledkom práce všetkých odborov úseku Kvalita ovzdušia, pričom nie je možné zanedbať aj participáciu ďalších zložiek ústavu, bez pomoci ktorých by nebolo možné túto správu pripraviť.

Dlhodobý monitoring kvality vonkajšieho ovzdušia vykonávame ako jediná organizácia na Slovensku 24 hodín denne, 365 dní v roku. Prevádzka monitoringu je priamo závislá na financovaní zo štátneho rozpočtu a rozširovanie a obnova siete zas na financovaní z fondov Európskej únie.

V rámci projektu Skvalitnenie Národnej monitorovacej siete kvality ovzdušia sa nám podarilo v roku 2022 pripraviť nové stanice na rozšírenie akreditácie. Merania vykonávame prostredníctvom referenčných metód. Výsledky kontinuálne monitorovaných znečisťujúcich látok zverejňujeme každú hodinu na webstránke SHMÚ (www.shmu.sk) v sekcii Spravodajstvo kvality ovzdušia, kde možno nájsť okrem aktuálnych aj ďalšie dôležité informácie. Hodnotenie ostatných znečisťujúcich látok, pri ktorých vykonávame manuálne odbery vzoriek a následne analýzu v laboratóriách, je dostupné s časovým odstupom v tejto Správe.

V oblastiach, kde nemáme monitorovacie stanice, resp. na získanie priestorovej informácie o stave ovzdušia na celom území Slovenska, využívame modelovanie kvality ovzdušia. Hlavnou úlohou Správy je na základe hodnotenia kvality ovzdušia za uplynulý rok identifikovať oblasti so zhoršenou kvalitou ovzdušia.

Rok 2022 bol výnimočný tým, že sme získali prvé celoročné výsledky monitoringu kvality ovzdušia na nových staniách. Pri časticiach PM₁₀ aj PM_{2,5} sme zaznamenali prekročenie limitných hodnôt celkovo na 3 staniách, z toho je 1 novozriadená. Ide o Plášťovce, kde môžeme jednoznačne prekročenia limitných hodnôt PM častíc pripísať lokálnym kúreniskám (keďže tu absentuje hustejšia doprava i priemyselné zdroje) – rodinným domom, ktoré vykurojú tuhým palivom. Navyše, ďalšia z nových staníc Žarnovica len tesne neprekročila limitnú hodnotu pre PM_{2,5}. Podobne ako v minulých rokoch bola prekročená cieľová hodnota pre karcinogénny benzo(a)pyrén na viacerých staniách, pričom niektoré z nich sú nové (Plášťovce, Žarnovica, Púchov a Oščadnica). Poukazuje to na potenciálny vážny problém s kvalitou ovzdušia aj v nemonitorovaných lokalitách na Slovensku so zhoršenými rozptylovými podmienkami a väčším podielom tuhých palív na vykurovaní. V snahe zlepšiť kvalitu ovzdušia na Slovensku bude preto potrebné sa sústrediť najmä na lokálne kúreniská.

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky Zákonom č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov, 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 §13 odseku (1) písmena c) a d) citovaného zákona a predkladá laickej aj odbornej verejnosti správu, ktorá obsahuje všetky náležitosti tak, ako to vyžaduje Zákon č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov¹.

¹ Nový zákon č. 146/Z.Z. o ochrane ovzdušia nadobúda účinnosť 1. júla 2023.

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 meracích staniciach zaznamenávame koncentrácie znečisťujúcich látok, ktoré charakterizujú kvalitu ovzdušia (v staršej literatúre sa niekedy používal pojem imisie). Koncentrácie sa zisťujú meraním v dýchacej zóne alebo sa počítajú pomocou matematického modelovania. Meranie koncentrácií týchto látok v ovzduší uskutočňuje Slovenský hydrometeorologický ústav na staniciach Národnej monitorovacej siete kvality ovzdušia (NMSKO). Na niekoľkých staniciach sa monitoruje aj kvalita zrážok.

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 nevyplýva na všetkých ľudí rovnako – medzi citlivé skupiny obyvateľstva patria starí a chorí ľudia, tehotné ženy a malé deti.

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.

Legislatíva EÚ a Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) stanovuje limitné a cieľové 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. 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 rozptyľové 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.
Zdravotné účinky	Benzo(a)pyrén má karcinogénne a mutagénne vlastnosti.
Hlavné zdroje	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) pozadových monitorovacích stanicách 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, vdýchnutie 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, jej zlúčeniny môžu spôsobovať ochorenie obličiek a tráviaceho traktu.
<i>Hlavné zdroje</i>	Metalurgia, v menšej miere energetika a vykurovanie domácností uhlím.
Benzén (C₆H₆)	patri 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. prekursori 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.
Zdravotné účinky	Zabraňuje prístupu kyslíka do krvi. Chronické účinky – dlhodobá expozícia môže spôsobiť poškodenie tkanív, obzvlášť ohrozené sú osoby trpiace kardiovaskulárnymi chorobami.
Hlavné zdroje	Cestná doprava a spaľovacie procesy v priemysle a energetike.

■ Vyhodnotenie koncentrácií monitorovaných znečisťujúcich látok v roku 2022

Nasledujúci súhrn popisuje výsledky monitorovania kvality ovzdušia v roku 2022. 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 2022, 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 2022 vyskytlo na troch automatických monitorovacích staniciach (AMS) – v Plášťovciach, Veľkej Ide a v Jelšave. Rok predtým (2021) bola prekročená táto limitná hodnota tiež 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 a 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. Dominantný vplyv na kvalitu ovzdušia v Plášťovciach (stanica začala merať v r. 2021) má vykurovanie domácností.

PM_{2,5} - V roku 2022 bola prekročená limitná hodnota na troch monitorovacích staniciach kvality ovzdušia: Veľká Ida, Letná; Jelšava, Jesenského a Plášťovce.

BaP - Benzo(a)pyrén a ďalšie polycyklické aromatické uhľovodíky boli v roku 2022 monitorované na 20 staniciach (vzorkovač na AMS Trenčín Hasičská mal poruchu), z toho na 10 staniciach bola prekročená cieľová hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu BaP na týchto AMS: *Veľká Ida, Letná; Jelšava, Jesenského; Žarnovica, Dolná; Oščadnica; Plášťovce; Krompachy, SNP; Ružomberok, Riadok; Púchov, 1. mája; Žilina, Obežná a Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie*. Prvých sedem vymenovaných staníc prekročilo cieľovú hodnotu viac než dvojnásobne. Najvyššiu priemernú ročnú koncentráciu, aj najvyššie namerané hodnoty dosiahla Veľká Ida (5,4 ng·m⁻³). AMS v Prievidzi na Malonecpalskej ulici mala poruchu 24. 1. – 21. 4. a je veľmi pravdepodobné, že pri dostatku meraní by bola cieľová hodnota prekročená aj na tejto stanici. 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 2022 bola nameraná priemerná hodinová koncentrácia vyššia než 350 µg·m⁻³ iba na AMS Rovinka, kde prišlo k jednému prekročeniu (limitná hodnota pre počet prekročení ich stanovuje maximálne 24). Denné aj hodinové koncentrácie SO₂ už dlhodobo neprekračujú limitnú hodnotu.

NO₂ - V roku 2022 neprekročila priemerná hodinová koncentrácia NO₂ 200 µg·m⁻³ na žiadnej monitorovacej stanici (limitná hodnota pre 1 hod. koncentráciu NO₂: 200 µg·m⁻³ sa nesmie prekročiť viac ako 18-krát za kalendárny rok).

CO - Na žiadnej z monitorovacích staníc na Slovensku nebola v roku 2022 prekročená limitná hodnota pre CO, pričom úroveň znečistenia ovzdušia za predchádzajúce obdobie rokov 2012 – 2022 je pod dolnou medzou na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia. Koncentrácie CO sú dlhodobo pod limitnou hodnotou.

Benzén - Hodnoty priemerných ročných koncentrácií sú výrazne pod limitnou hodnotou $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za kalendárny rok.

Ozón - Cieľovú hodnotu prízemného ozónu prekročili v roku 2022 merania na dvoch staniciach: Bratislava, Jeséniova a Chopok.

Pb, As, Ni, Cd - Limitná hodnota (pre Pb) ani cieľová hodnota (pre As, Cd, Ni) neboli v roku 2022 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 2022 oproti roku 2021 mierne poklesol. Nebola vydaná žiadna výstraha pred závažnou smogovou situáciou a bolo vydaných niekoľko oznámení o vzniku smogovej situácie PM₁₀ (6 pre Jelšavu, 2 pre Veľkú Idu a po jednom pre Hnúšťa, Martin, Žilinu a Oščadnicu). 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 2022 bolo vydané jedno oznámenie o vzniku smogovej situácii pre O₃ (informačný prah bol prekročený 17. 8. 2022 na stanici Bratislava, Jeséniova). K prekročeniu výstražného prahu pre O₃ v SR neprišlo. Pre medziročné porovnanie – v roku 2021 nebolo vydané žiadne oznámenie o vzniku smogovej situácie ani výstraha pred závažnou smogovou situáciou pre O₃.

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 ČR sú, podobne ako v SR, v súvislosti s vykurovaním domácností tuhým palivom merané vysoké koncentrácie benzo(a)pyrénu. Vysoké hodnoty O₃ zaznamenávajú najmä krajiny južnej Európy.

■ Čo môže robiť laická 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:

- nespáľovať 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), dbať na energetickú účinnosť v domácnostiach,
- dbať na správny režim vykurovania (pravidelne čistiť kotol 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.

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 povrchoch rastlín. Táto má významnejšiu úlohu 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 2022

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. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov) územie Slovenska rozdelené na zóny a aglomerácie.

Zoznam aglomerácií a zón je uverejnený v Prílohe č. 11 k Vyhláške Ministerstva životného prostredia SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov a je uverejnený na stránke SHMÚ (https://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=oko_info_az).

1.1.1 Rozdelenie územia do zón a aglomerácií v roku 2022 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 ŠÚ SR.

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

	Plocha [km ²]	Počet obyvateľov*
Bratislavský kraj	2 053	728 370
Trnavský kraj	4 146	565 573
Trenčiansky kraj	4 502	570 675
Nitriansky kraj	6 344	670 696
Žilinský kraj	6 809	688 106
Banskobystrický kraj	9 454	617 777
Prešovský kraj	8 973	808 090
Košický kraj	6 754	779 505

* Stav k 31. 12. 2022

Zdroj: Štatistický úrad SR

1.1.2 Rozdelenie územia do zón a aglomerácií v roku 2022 pre arzén, kadmium, nikel, olovo 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. Spaľovanie dreva nemá na koncentrácie arzénu v ovzduší zásadný vplyv.

Problematika troposférického ozónu má regionálny charakter, významný je podiel prenosu zo stratosféry a nezanedbateľný je aj cezhraničný prenos². 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.

² 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 SIEŤ 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 spad 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 poslednej 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. Sprísňovanie legislatívnych rámcov môžeme očakávať aj v najbližšej budúcnosti, najmä v nadväznosti na nové odporúčania WHO v oblasti kvality ovzdušia, ktoré boli predstavené v septembri roku 2021 a návrh novej Smernice Európskeho Parlamentu a Rady o kvalite ovzdušia a čistejšom ovzduší v Európe - 2022/0347 (COD).

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) pozaďovými stanicami. 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, a vysoké koncentrácie znečisťujúcich látok sa tak môžu vyskytnúť aj v zdanlivo čistých horských oblastiach. Monitorovanie kvality ovzdušia na regionálnych pozaďových 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 pozaďových stanicach s monitorovacím programom EMEP (*Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe*). Rozmiestnenie monitorovacích staníc siete NMSKO a ich merací program v roku 2022 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 – 2022“.

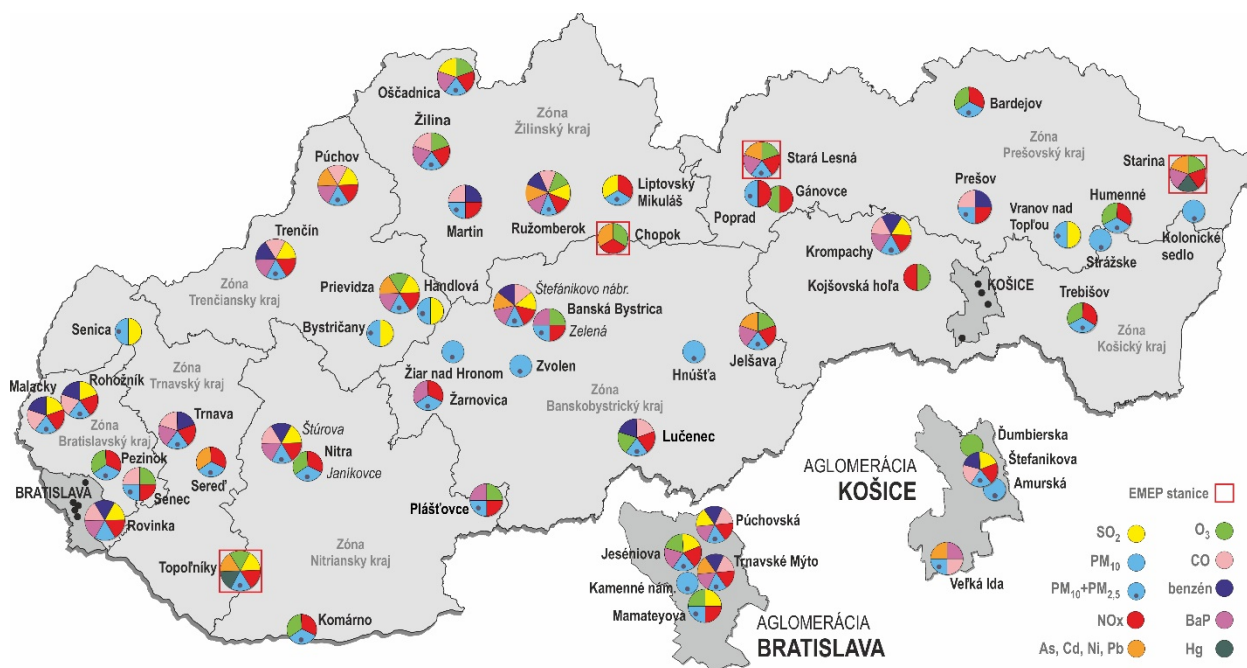
V roku 1979 bol v Ženeve podpísaný Dohovor EHK OSN o diaľkovom znečisťovaní ovzdušia prechádzajúcim hranicami štátov (ďalej Dohovor). Doteraz bolo v rámci Dohovoru podpísaných osem protokolov. Prvým z nich je Protokol o dlhodobom financovaní programu spolupráce pre monitorovanie a vyhodnocovanie diaľkového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

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

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 stanicích 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 2022.



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

- charakteristiku stanice podľa dominantných zdrojov znečisťovania ovzdušia (dopravná, pozadňová, 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 ortuť. 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 dusika NO, NO ₂ , NO _x	Oxid siričitý SO ₂	Ozón O ₃	Oxid uhoľnatý CO	Benzén	Ortúť	Ťažké kovy As, Cd, Ni, Pb	Polyaromatické uhľovodíky BaP
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám	U	B	x	x								
	Bratislava, Trnavské mýto	U	T	x	x	x			x	x		x	x
	Bratislava, Jeséniova	S	B	x	x	x	x	x					x
	Bratislava, Mamateyova	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	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	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, Dolná	S	B	x	x	x							x
	Zvolen, J. Alexyho	U	B	x	x								
Spolu 8 staníc			8	8	5	1	3	2	2	2	2	4	
Bratislavský kraj	Malacky, Mierové nám.	U	T	x	x	x	x		x	x			
	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 stanice⁴			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 Rohožník nahradila AMS Malacky

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 staníc⁵						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 2022 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	
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	

* 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 a alkalické ióny) sa analyzuje zo vzoriek odobraných na EMEP staniách podľa monitorovacieho programu uvedeného v **Tab. 2.3** buď na dennej báze (Chopok, Starina) alebo na týždennej báze (Topoľníky, Stará Lesná), v mesačnom intervale 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 staniách 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 staniách. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania⁶ bol splnený. Monitorovanie oxidu siričitého bolo zabezpečené kontinuálne, referenčnou metódou na všetkých 20 staniách. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90%) bol dosiahnutý na 18 monitorovacích staniách. Meranie SO₂ sa na AMS Oščadnica začalo začiatkom roku 2022. Monitorovacia stanica Malacky ukončila meranie 29. 4. 2022 a 5. 8. 2022 ju nahradila AMS v Rohožníku.

■ Oxidy dusíka NO₂ a NO_x

Táto znečisťujúca látka sa monitorovala na 40 staniách. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania⁶ bol splnený. Monitorovanie oxidov dusíka bolo zabezpečené kontinuálne, referenčnou metódou na všetkých 40 staniách. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90%) bol dosiahnutý na 37 monitorovacích staniách. Meranie NO₂ na AMS Oščadnica začalo začiatkom roku 2022. Monitorovacia stanica Malacky ukončila meranie 29. 4. 2022 a 14. 6. 2022 ju nahradila AMS v Rohožníku. Požadovaný počet platných meraní nebol splnený na AMS Rovinka z dôvodu častých výpadkov elektrickej energie a porúch na elektrickej prípojke.

⁶ počet a umiestnenie podľa Prílohy č. 6 k Vyhláske MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov

■ 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 stanica Malacky ukončila meranie 29. 4. 2022 a 17. 6. 2022 ju nahradila AMS v Rohožníku⁷.

■ 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 Malacky ukončila meranie 29. 4. 2022 a 15. 6. 2022 ju nahradila AMS v Rohožníku.

■ Oxid uhoľnatý CO

Táto znečisťujúca látka sa monitorovala na 18 monitorovacích staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania⁶ bol splnený. Monitorovanie oxidu uhoľnatého bolo zabezpečené kontinuálne, referenčnou metódou na 18 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na 17 monitorovacích staniciach. Monitorovacia stanica Malacky ukončila meranie 29. 4. 2022 a 15. 6. 2022 ju nahradila AMS v Rohožníku. 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 21 monitorovacích staníc. Údaje z 3 staníc budú do databázy po spracovaní doplnené.

■ 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 %) dosiahlo 13 monitorovacích staníc. Monitorovacia stanica Malacky ukončila meranie 29. 4. 2022 a 7. 7. 2022 ju nahradila AMS v Rohožníku.

■ 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 87 %. Meranie je napriek výpadku reprezentatívne pre celoročné hodnotenie, keďže koncentrácie počas roka iba mierne kolíšu.

⁷ Pri počte staníc v celkovom vyhodnotení sa preto uvádza MS v Malackách a Rohožníku ako jedna MS.

■ **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 nitrocelulóзовý filter, následne sú analyzované v Skúšobnom laboratóriu SHMÚ metódou plynovej chromatografie. V roku 2022 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 2022 bol zabezpečený monitoring benzo(a)pyrénu na 21 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 staníc¹ 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. Analýzy sú vykonávané v Centrální laboratoři imisí Českého hydrometeorologického ústavu metódou plynovej chromatografie s indukčne viazanou plazmou.

■ **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}. Chemické analýzy sa realizujú v Centrální laboratoři imisí Českého hydrometeorologického ústavu.

■ **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

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 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 § 6 Zákona č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov uskutočňuje SHMÚ na základe výsledkov monitorovania kvality ovzdušia ako i s využitím matematického modelovania.

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 HODNOTENIA KVALITY OVZDUŠIA

Kvalita ovzdušia (podľa §5 odseku 4 Zákona č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov) je považovaná za dobrú, ak je úroveň znečistenia ovzdušia nižšia ako limitná hodnota alebo cieľová hodnota.

Limitnou hodnotou (v súlade s §5 odsekom 5 Zákona č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov – ďalej len zákon o ovzduší) je úroveň znečistenia ovzdušia určená na základe vedeckých poznatkov s cieľom zabrániť, predchádzať alebo znížiť škodlivé účinky na zdravie ľudí alebo životné prostredie ako celok, ktorá sa má dosiahnuť v danom čase a od toho času nesmie byť prekročená; limitné hodnoty a podmienky ich platnosti sú ustanovené vykonávacím predpisom podľa § 33 písm. b) pre oxid siričitý, oxid dusičitý, oxid uhľnatý, olovo, benzén, častice PM₁₀ a častice PM_{2,5}.

Cieľovou hodnotou je, v súlade s §5 odsekom 11 zákona o ovzduší, úroveň znečistenia ovzdušia určená s cieľom zabrániť, predchádzať alebo znížiť škodlivé účinky na zdravie ľudí alebo na životné prostredie ako celok, ktorá sa má dosiahnuť v danom čase, ak je to možné; cieľová hodnota je ustanovená vykonávacím predpisom podľa § 33 písm. b) pre ozón, arzén, kadmium, nikel a benzo(a)pyrén.

Výstražným prahom (podľa §12 odseku 6 zákona o ovzduší) je úroveň znečistenia ovzdušia, pri prekročení ktorej existuje už pri krátkodobej expozícii obyvateľstva riziko poškodenia zdravia ľudí. Pri prekročení výstražného prahu je potrebné vydať výstrahu pred závažnou smogovou situáciou. Výstražné prahy sú ustanovené vykonávacím predpisom podľa § 33 písm. b) pre oxid siričitý, oxid dusičitý, ozón a častice PM₁₀.

Kritickou úrovňou na účely hodnotenia kvality ovzdušia je (podľa §5 odseku 10 zákona o ovzduší) úroveň znečistenia ovzdušia určená na základe vedeckých poznatkov, pri prekročení ktorej sa môžu okrem ľudí vyskytnúť priame nepriaznivé vplyvy na stromy, rastliny alebo prírodné ekosystémy; kritická úroveň je ustanovená vykonávacím predpisom podľa § 33 písm. b) pre oxid siričitý a oxid dusičitý.

Metóda, akú je potrebné použiť na hodnotenie kvality ovzdušia v určitej lokalite závisí od miery znečistenia ovzdušia v danej lokalite. Na tento účel bola zavedená pre každú sledovanú znečisťujúcu látku dolná a horná medza na hodnotenie úrovne znečistenia.

Hornou medzou na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia (podľa §6 odseku 8 zákona o ovzduší) je ustanovená úroveň znečistenia ovzdušia, pod ktorou možno na hodnotenie kvality ovzdušia použiť kombináciu stálych meraní a matematického modelovania alebo aj indikatívnych meraní.

Dolnou medzou na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia (podľa §6 odseku 9 zákona o ovzduší) je ustanovená úroveň znečistenia ovzdušia, pod ktorou možno na hodnotenie kvality ovzdušia použiť matematické modelovanie alebo techniku 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 na ochranu vegetácie pre As, Cd, Ni a benzo(a)pyrén (BaP).

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.

	Priemerované obdobie	Cieľová hodnota [ng·m ⁻³]
As	1r	6
Cd	1r	5
Ni	1r	20
BaP	1r	1

3.3 VÝSLEDKY MONITOROVANIA KVALITY OVZDUŠIA - LOKÁLNE ZNEČISTENIE OVZDUŠIA

V **Tab. 3.3** je uvedený podiel platných údajov z meraní kvality ovzdušia NMSKO pre SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, CO, benzén, O₃ a Hg.

Tab. 3.3 Podiel platných údajov v % v roku 2022.

AGLOMERÁCIA / Zóna	Znečisťujúca látka	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	Benzén	O ₃	Hg
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám.			99	98				
	Bratislava, Trnavské mýto		94	99	99	96	99		
	Bratislava, Jeséniova	96	92	99	99			97	
	Bratislava, Mamateyova	95	94	100	100			96	
	Bratislava, Púchovská	96	96	99	99	96	99		
KOŠICE	Košice, Štefánikova	95	96	100	100	95	98		
	Košice, Amurská			100	100				
	Košice, Ďumbierska							97	
	Veľká Ida, Letná			100	99	95			
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánik. nábr.	94	95	99	99	95	98		
	Banská Bystrica, Zelená		96	99	99			*87	
	Jelšava, Jesenského		96	99	98			*64	
	Hnúšťa, Hlavná			99	99				
	Lučenec, Gemerská cesta		95	99	97	96	92	97	
	Zvolen, J. Alexyho			99	99				
	Žarnovica, Dolná		93	98	98				
Žiar n/H, Jilemnického			99	99					
Bratislavský kraj	Malacky, Mierové nám. ¹⁾	31	31	32	32	31	32		
	Pezinok, Obrancov mieru		95	99	99			97	
	Rohožník, Senická ¹⁾	33	53	54	54	50	49		
	Rovinka	95	88	95	95	93	91		
	Senec, Boldocká		96	98	98	96		97	
Košický kraj	Kojšovská hola		95					94	
	Trebišov, T. G. Masaryka		96	99	100			99	
	Strážske, Mierová			98	98				
	Kropáčky, SNP	93	96	99	100	95	99		
Nitriansky kraj	Nitra, Janíkovce		96	99	99			95	
	Nitra, Štúrova	96	96	99	99	96	99		
	Komárno, Vnútorá Okružná		95	99	99			99	
	Plášťovce		94	99	99			99	
Prešovský kraj	Gánovce, Meteo. st.		96					95	
	Humenné, Nám. Slobody		95	99	99			95	
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu		95	99	98	94	97		
	Vranov n/T, M. R. Štefánika	94		100	100				
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP		96	99	99			96	
	Starina, Vodná nádrž, EMEP		96					95	100
	Kolonické sedlo, Hvezdáreň			99	99				
	Poprad, Železničná		94	99	99				
Bardejov, Pod Vinbargom		96	99	99			99		
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská	95	96	99	99			*53	
	Bystričany, Rozvodňa SSE	96		99	99				
	Handlová, Morovianska cesta	95		99	99				
	Púchov, 1. mája	93	93	99	99	93			
	Trenčín, Hasičská	96	96	99	99	96	99		
Trnavský kraj	Senica, Hvezdoslavova	95		100	100				
	Trnava, Kollárova		92	99	99	95	99		
	Topoľníky, Aszód, EMEP	92	93	92	91			95	87
	Sereď, Vínárska		95	98	98				

AGLOMERÁCIA / Zóna	Znečisťujúca látka	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	Benzén	O ₃	Hg
Žilinský kraj	Chopok, EMEP		96					93	
	Liptovský Mikuláš, Školská	93	94	97	96				
	Martin, Jesenského		96	99	99	90	99		
	Oščadnica	*88	*89	98	99			92	
	Ružomberok, Riadok	96	96	99	99	95	99	90	
	Žilina, Obežná		96	100	99	93		96	

≥ 90 % platných meraní * bude doplnené do databázy

¹⁾ monitorovacia stanica Malacky ukončila meranie 29. 4. 2022 a 5. 8. 2022 ju nahradila AMS v Rohožníku

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 2022 uvádza **Tab. 3.4.**

Tab. 3.4 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu zdravia v roku 2022.

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka	Ochrana zdravia									
		SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén	
		Doba spriemerovania		1 h	1 rok	24 h	1 rok	1 rok	8 h ¹⁾	1 rok	
		Parameter		počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	príemer	počet prekročení	príemer	príemer	príemer
		Limitná hodnota [µg·m ⁻³]		350	125	200	40	50	40	20	10 000
Maximálny počet prekročení		24	3	18		35					
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám.					3	18,8	12			
	Bratislava, Trnavské mýto			0	31	9	24	15	780	0,54	
	Bratislava, Jeséniova	0	0	0	9	0	15	11			
	Bratislava, Mamateyova	0	0	0	16	1	18	11			
	Bratislava, Púchovská	0	0	0	13	1	19	13	694	0,35	
KOŠICE	Košice, Štefánikova	0	0	0	22	21	26	17	2292	0,91	
	Košice, Amurská					12	22	16			
	Veľká Ida, Letná					68	37	22	2736		
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánik. nábr.	0	0	0	24	20	26	16	1644	0,94	
	Banská Bystrica, Zelená			0	8	0	16	12			
	Jelšava, Jesenského			0	8	53	30	22			
	Hnúšťa, Hlavná					5	21	14			
	Lučenec, Gemerská cesta			0	15	19	24	17	1494	0,74	
	Zvolen, J. Alexyho					1	19	14			
	Žarnovica, Dolná			0	11	21	25	20			
	Žiar n/H, Jilemnického					0	16	12			
Bratislavský kraj	Malacky, Mierové nám. ²⁾	0	0	0	21	0	22	14	1334	0,71	
	Pezinok, Obrancov mieru			0	9	3	16	13			
	Rohožník, Senická cesta ²⁾	0	0	0	11	1	21	14	1426	0,76	
	Rovinka	1	0	0	12	0	19		667	0,86	
	Senec, Boldocká			0	20	8	20	14	836		
Košický kraj	Kojšovská hola			0	3						
	Trebišov, T. G. Masaryka			0	11	10	22	16			
	Strážske, Mierová					5	20	16			
	Krompachy, SNP	0	0	0	13	13	23	17	1607	0,94	
Nitriansky kraj	Nitra, Janíkovce			0	9	1	17	11			
	Nitra, Štúrova	0	0	0	22	2	22	13	1621	0,46	
	Komárno, Vnútoraná Okružná			0	13	12	24	14			
	Plášťovce			0	7	36	27	22			

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka	Ochrana zdravia									
		SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén	
	Doba spriemerovania		1 h	24 h	1 h	1 rok	24 h	1 rok	1 rok	8 h ¹⁾	1 rok
	Parameter		počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	priemer	počet prekročení	priemer	priemer	priemer	priemer
	Limitná hodnota [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	350	125	200	40	50	40	20	10 000	5	
Maximálny počet prekročení	24	3	18		35						
Prešovský kraj	Gánovce, Meteo. st.			0	8						
	Humenné, Nám. slobody			0	9	8	23	19			
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu			0	32	15	25	18	1444	0,82	
	Vranov n/T, M. R. Štefánika	0	0			7	20	16			
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP			0	4	0	11	8			
	Starina, Vodná nádrž, EMEP			0	3						
	Kolonické sedlo, Hvezdáreň					1	15	11			
	Poprad, Železnická			0	15	1	17	12			
	Bardejov, Pod Vinbargom			0	10	2	20	15			
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská	0	0	0	15	4	17	13			
	Bystričany, Rozvodňa SSE	0	0			3	19	14			
	Handlová, Morovianska cesta	0	0			1	16	13			
	Púchov, 1. mája	0	0	0	10	10	22	16	1647		
	Trenčín, Hasičská	0	0	0	26	8	23	14	1417	0,78	
Trnavský kraj	Senica, Hviezdoslavova	0	0			2	19	14			
	Trnava, Kollárova			0	28	4	21	13	1018	0,78	
	Topoľníky, Aszód, EMEP	0	0	0	5	3	17	13			
	Sereď, Vinárska			0	13	6	19	12			
Žilinský kraj	Chopok, EMEP			0	2						
	Liptovský Mikuláš, Školská	0	0	0	13	6	19	14			
	Martin, Jesenského			0	17	10	26	17	1355	0,77	
	Ošcadnica	0	0	0	7	9	22	17			
	Ružomberok, Riadok	0	0	0	16	17	23	18	2234	1,11	
	Žilina, Obežná			0	20	18	24	17	2160		

 $\geq 90\%$ platných meraní

Červenou farbou je vyznačené prekročenie limitnej hodnoty.

¹⁾ maximálna osemhodinová koncentrácia

²⁾ monitorovacia stanica Malacky ukončila meranie 29. 4. 2022 a 5. 8. 2022 ju nahradila AMS v Rohožníku

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 2022 prekročená iba na troch monitorovacích staniciach – Veľká Ida, Letná; Jelšava, Jesenského a Plášťovce.

Tab. 3.5 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia ťažkými kovmi (As, Cd, Ni a Pb) – 2022.

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka	[ng·m ⁻³]	As	Cd	Ni	Pb
	Cieľová hodnota	[ng·m ⁻³]	6,0	5	20	-
	Limitná hodnota	[ng·m ⁻³]	-	-	-	500
	Horná medza na hodnotenie	[ng·m ⁻³]	3,6	3	14	350
	Dolná medza na hodnotenie	[ng·m ⁻³]	2,4	2	10	250
BRATISLAVA	Bratislava, Trnavské mýto		0.4	0.1	0.6	4.0
Slovensko	Banská Bystrica, Štefánikovo náb.		0.4	0.3	0.8	8.0
	Jelšava, Jesenského		0.5	0.2	0.1	5.4
	Ružomberok, Riadok		0.3	0.2	0.6	4.4
	Veľká Ida, Letná		0.5	0.5	0.4	21.5
	Prievidza, Malonecpalská		0.4	0.1	0.3	2.2
	Sereď, Vinárska		0.4	0.1	0.3	13.2
	Púchov, 1. mája		0.3	0.1	0.4	3.6

V **Tab. 3.6** sú uvedené priemerné ročné koncentrácie benzo(a)pyrénu (BaP) v ovzduší podľa meraní v rokoch 2017 – 2022.

Tab. 3.6 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia benzo(a)pyrénom.

AGLOMERÁCIA Zóna		2017	2018	2019	2020	2021	2022
AGLOMERÁCIA Zóna	Cieľová hodnota [ng·m ⁻³]	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	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
	Bratislava, Trnavské Mýto	0,4	0,9	0,4	0,5	0,5	0,5
	Bratislava, Púchovská					0,9	0,4
KOŠICE	Veľká Ida, Letná	4,3	5,8	4,5	4,6	6,1	5,4
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie	2,9	2,1	1,7	1,6	1,7	1,4
	Banská Bystrica, Zelená			1,1	1,2	1,3	0,9
	Jelšava, Jesenského		3,9	4,0	3,0	2,8	2,7
	Žarnovica, Dolná					2,2	2,7
Bratislavský kraj	Rovinka				0,4	0,6	0,5
Košický kraj	Krompachy, SNP			2,7	2,1	2,2	2,2
Nitriansky kraj	Nitra, Štúrova	1,3	0,9	0,8	0,6	0,8	0,6
	Plášťovce					2,2	2,4
Prešovský kraj	Starina, Vodná nádrž, EMEP		1,2	0,4	0,3	0,4	0,2
	Stará Lesná, EMEP			0,4	0,3	0,4	0,3
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská			1,4	1,2	1,1	0,9
	Trenčín, Hasičská				0,8	1,1	
	Púchov, 1. mája					4,7	2,0
Trnavský kraj	Trnava, Kollárova		0,9	0,7	0,5	0,6	0,5
Žilinský kraj	Žilina, Obežná		6,0	2,0	1,9	1,9	1,9
	Ružomberok, Riadok				4,5	2,3	2,2
	Oščadnica					12	2,5

≥ 90 % platných meraní Červenou farbou je vyznačené prekročenie cieľovej hodnoty.

* Plášťovce - porucha od 11.3. do konca marca a od 6.6. do 5.7.2022

** Prievidza – porucha od 24. 1. do 21. 4. 2022

*** Trnava – porucha od 19. 9. 2022 do 4. 11. 2022

**** Oščadnica – porucha počas celého decembra 2022

Cieľová hodnota pre BaP bola prekročená na 10 staniciach. Merania v Plášťovciach a Oščadnici síce kvôli poruche nedosahujú požadovaný podiel platných údajov, ich rozloženie počas roku nám však umožňuje s vysokou pravdepodobnosťou predpokladať, že cieľová hodnota bola prekročená aj na týchto lokalitách. Podiel platných údajov na oboch AMS bol 88 %, rozloženie počas ročných období bolo približne rovnomerné, v prípade Plášťoviec mierne v neprospech jari a leta a v Oščadnici v neprospech zimy.

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 – a to v lokalitách s pravdepodobne najvyššími úrovňami znečistenia ovzdušia – s výsledkami, ktoré sa získali z emisných inventúr a modelovania (Vyhláška MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov). Zaradenie monitorovacích staníc podľa horných a dolných medzí na hodnotenie uvádzajú **Tab. 3.7** a **Tab. 3.8**.

Tab. 3.7 Zaradenie AMS podľa horných (HMH) a dolných medzí (DMH) na hodnotenie pre určenie spôsobu hodnotenia kvality ovzdušia za roky 2018 až 2022.

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 ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ 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		
	Lučenec, Gemerská cesta		X	X	X	X	X	X	X
Žiar nad Hronom, Jilemnického				X	X	X			
Bratislavský kraj	Malacky, Mierové nám.	X	X	X	X	X	X	X	X
	Pezinok	X	X	X	X	X	X	X	
	Rovinka	X	X	X	X	X		X	X
	Rohožník, Senická**								
	Senec, Boldocká		X	X	X	X	X	X	
Košícky kraj	Kojšovská hoľa*		X	X					
	Strážske, Mierová				X	X	X		
	Kropachy, 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. Štúra	X	X	X	X	X	X	X	X
	Komárno, Vnútrotná 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 ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	
Trnavský kraj	Senica, Hviezdoslavova,	X			X	X	X		
	Trnava, Kollárova		X	X	X	X	X	X	X
	Topoľníky, Aszód, EMEP*	X	X	X	X	X	X		
	Sereď, Vinárska		X	X	X	X	X		
Žilinský kraj	Martin, Jesenského		X	X	X	X	X	X	X
	Liptovský Mikuláš, Školská	X	X	X	X	X	X		
	Oščadnica	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	X	

* stanice indikujú regionálnu požadovú úroveň

** AMS Rohožník začala merať PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂ a CO v priebehu júna 2022, benzén v júli a SO₂ v auguste. (AMS Rohožník nahradila AMS Malacky, ktorá ukončila meranie v prvej polovici roku 2022).

Tab. 3.8 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 2018 až 2022.

Stanica	As	Cd	Ni	Pb	BaP
	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ 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
Kropachy, 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
Trenčín, Hasičská*					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	

* výpadok kvôli technickej poruche

V **Tab. 3.9** sú uvedené priemerné ročné koncentrácie troposférického ozónu v rokoch 2010–2022 v porovnaní s fotochemicky mimoriadne aktívnym rokom 2003.

Tab. 3.9 Priemerné ročné koncentrácie prízemného ozónu ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v rokoch 2003, 2010 – 2022.

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

≥ 90% požadovaných platných údajov

Vyhláška MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov 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. 3.10**.

**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 hod. predchádzajúceho dňa do 1.00 hod. daného dňa; posledným výpočtovým obdobím pre ktorýkoľvek jeden deň je časové rozmedzie od 16.00 hod. do konca daného dňa).*

Tab. 3.10 Počet dní s prekročením cieľovej hodnoty prízemného ozónu na ochranu zdravia ľudí.

Stanica	2020	2021	2022	Priemer 2020 – 2022
Bratislava, Jeséniova	17	23	37	26
Bratislava, Mamateyova	12	15	25	17
Košice, Ďumbierska	0	0	7	2
Banská Bystrica, Zelená	0	3	9	4
Jelšava, Jesenského	2	2	*7	2
Kojšovská hoľa	2	4	16	7
Nitra, Janíkovce	9	15	31	18
Humenné, Nám. Slobody	3	1	5	3
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	5	0	0	2
Gánovce, Meteo. st.	0	0	2	1

Stanica	2020	2021	2022	Priemer 2020 – 2022
Starina, Vodná nádrž, EMEP	4	0	1	2
Prievidza, Malonecpalská	2	3	3*	3
Topoľníky, Aszód, EMEP	0	3	9	4
Chopok, EMEP	33	22	34	30
Žilina, Obežná	0	0	3	1
Ružomberok, Riadok	0	0	0	0
Bardejov, Pod Vinbargom		0	3	2
Trebišov, T. G. Masaryka		2	5	4
Plášťovce		19	21	20
Komárno, Vnútorná Okružná		7	11	9
Senec, Boldocká		*2	11	11
Pezinok, Obrancov mieru			21	21
Lučenec, Gemerská cesta			6	6
Oščadnica			8	8

≥ 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. 3.11**. AOT40 je suma prekročení úrovne $80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ počítaných z 1h 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 za 5 za sebou idúcich kalendárnych rokov). Táto hodnota bola prekročená na šiestich staniciach (t.j. na týchto staniciach prekročil priemer hodnôt AOT40 za roky 2018 – 2022 hodnotu $18\,000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Tab. 3.11 Hodnoty prízemného ozónu AOT40 na ochranu vegetácie (máj – júl).
Cieľová hodnota AOT40 je $18\,000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Stanica	2018	2019	2020	2021	2022	Priemer 2018 – 2022
Bratislava, Jeséniova	25 103	20 609	12 501	19 274	23 763	20 250
Bratislava, Mamateyova	22 658	19 340	10 655	17 655	20 072	18 076
Košice, Ďumbierska	14 384	11 752	3 269	7 368	12 662	9 887
Banská Bystrica, Zelená	16 982	8 298	7 723	15 869	*19 716	12 218
Jelšava, Jesenského	6 660	12 361	5 191	10 186	*17 622	8 600
Kojšovská hoľa	18 706	12 202	4 995	13 260	19 435	13 720
Nitra, Janíkovce	25 036	13 313	12 741	18 931	24 322	18 869
Humenné, Nám. slobody	10 833	13 326	5 981	12 578	16 047	11 753
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	22 437	8 666	7 890	2 491	6 210	9 539
Gánovce, Meteo. st.	6 646*	8 954	3 251	6 707	11 317	7 557
Starina, Vodná nádrž, EMEP	13 116	11 601	5 072	11 737	9 560	10 217
Prievidza, Malonecpalská	15 889	8 301	6 198	11 799	*15 529	10 547
Topoľníky, Aszód, EMEP	15 886	17 690	-	13 176	16 686	15 860
Chopok, EMEP	32 667	23 711	15 957	23 654	26 536	24 505
Žilina, Obežná	13 364	11 800	559	4 794	5 338	7 171
Ružomberok, Riadok	3 789*	5 307	1 999	*8 041	2 935	3 414
Bardejov, Pod Vinbargom				10 607	12 711	11 659
Trebišov, T. G. Masaryka				12 369	15 806	14 088
Plášťovce*				*24 211	19 720	19 720
Komárno, Vnútorná Okružná*				*17 818	12 824	12 824
Senec, Boldocká*				-	14 893	14 893
Pezinok, Obrancov mieru					19 368	19 368
Lucenec, Gemerská cesta					14 834	14 834
Oščadnica					14 893	14 893

* 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. 3.12).

Tab. 3.12 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu ľudského zdravia za rok 2022 z priemyselných staníc ostatných prevádzkovateľov – VZZO (veľkých zdrojov znečisťovania ovzdušia).

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka Doba spriemerovania Limitná hodnota [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] (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 (24)	125 (3)	200 (18)	40	50 (35)	40	10 000
BRATISLAVA	Bratislava, Pod. Biskupice (Slovnaft, a.s.)	0	0	0	16	9	20	912
	Bratislava, Vlčie Hrdlo (Slovnaft, a.s.)	0	0	0	16	3	8	686
KOŠICE	Košice, Poľov (U.S. Steel, s.r.o.)					2	14	
	Košice, Haniska (U.S. Steel, s.r.o.)					6	18	
Bratislavský kraj	Rovinka (Slovnaft, a.s.)	1	0	0	13	2	19	587
Košický kraj	Veľká Ida (U.S. Steel, s.r.o.)					15	28	
	Leles (Slovenské elektrárne, a.s.)	1	0	0	7	12	14	
Nitriansky kraj	Trnovec nad Váhom (Duslo, a.s.)	0	0	0	5	4	20	
Trenčiansky kraj	Oslany (Slovenské elektrárne, a.s.)	0	0	0	8	7	16	
Žilinský kraj	Ružomberok (Mondi a.s. - Supra)					9	19	

¹⁾ maximálna osemhodinová koncentrácia

3.3.1 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 2022

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 slúžia na doplnenie informácie o priestorovom rozdelení koncentrácií znečisťujúcich látok v ovzduší ako aj o vzťahu k zdrojom emisií znečisťujúcich látok (v prípade, že sú k dispozícii vstupné informácie). Hodnotenie kvality ovzdušia pomocou matematického modelovania sa nachádza v Kapitole 4.

3.3.2 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 2022

■ 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-hodinová stredná hodnota neprekročí 120 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 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 2022 v Bratislave prišlo k jednému prekročeniu informačného prahu na AMS Bratislava, Jeséniova.

■ 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.

3.3.3 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-hodinový kĺzavý priemer, pričom informačný prah má hodnotu 100 µg·m⁻³ a výstražný 150 µg·m⁻³.

Podmienky na vydanie oznámenia o ukončení 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.

Podmienky prevádzky smogového varovného systému sú takto stanovené Vyhláškou MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov.

Trvanie prekročenia informačného a výstražného prahu pre PM₁₀ a O₃ v roku 2022 v porovnaní s r. 2021 uvádza **Tab. 3.13**.

Výstražný prah pre SO₂ ani NO₂ nebol prekročený od r. 2013. Koncentrácia **prízemného ozónu** prekročila v roku 2022 informačný prah na AMS Bratislava, Jeséniova, a to iba počas jednej hodiny.

Počet upozornení na smogovú situáciu pre PM₁₀ bol v roku 2022 oproti roku 2021 mierne nižší. Nebola vydaná žiadna výstraha pred závažnou smogovou situáciou (prekročenie výstražného prahu súviselo so silvestrovskými oslavami a malo relatívne krátke trvanie) a v súvislosti s prekročením informačného prahu bolo vydaných niekoľko oznámení o vzniku smogovej situácie (štyri pre Jelšavu, dve pre Veľkú Idu a po jednom pre Martin, Žilinu a Oščadnicu). V prípade, že bolo na základe meteorologickej predpovede alebo charakteru znečistenia možné predpokladať zlepšenie rozptylovej situácie, oznámenie resp. výstraha neboli vydávané.

Tab. 3.13 Trvanie prekročenia (v hodinách) informačného prahu (IP) a výstražného prahu (VP) pre jednotlivé znečisťujúce látky.

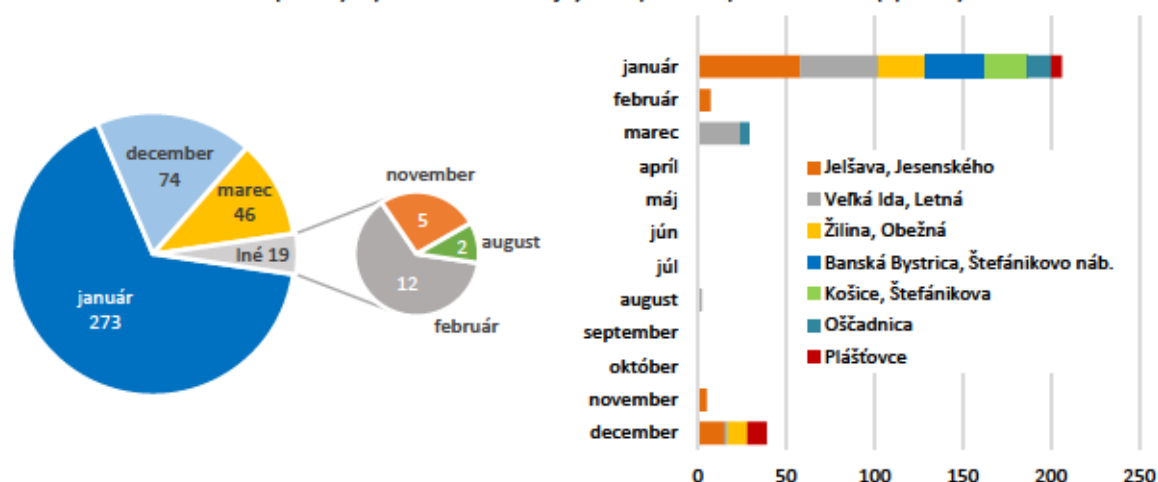
AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka Rok Výstražný/informačný prah Doba spriemerovania Limitná hodnota [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	SO ₂		NO ₂		O ₃		PM ₁₀			
		2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
		VP	VP	IP	IP	VP	VP	IP	IP	VP	VP
		3 h po sebe	3 h po sebe	1h	1h	1h	1h	12h	12h	12h	12h
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám.							0	0	0	0
	Bratislava, Trnavské mýto		0					13	0	0	0
	Bratislava, Jeséniova	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Bratislava, Mamateyova	0	0	0	0	0	0	1	8	0	0
	Bratislava, Púchovská	0	0					0	0	0	0
KOŠICE	Košice, Štefánikova	0	0					55	24	0	0
	Košice, Amurská							6	0	0	0
	Košice, Ďumbierska			0	0	0	0				
	Veľká Ida, Letná							91	72	0	0
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánik.nábr.	0	0					42	33	0	0
	Banská Bystrica, Zelená		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jelšava, Jesenského		0	0	0	0	0	138	85	0	0
	Hnúšťa, Hlavná							8	0	0	0
	Lučenec, Gemerská cesta		0		0		0	0	0	0	0
	Zvolen, J. Alexyho							0	0	0	0
	Žarnovica, Dolná		0					11	14	0	0
Žiar n/H, Jilemnického							0	0	0	0	
Bratislavský kraj	Malacky, Mierové nám.*	0	0					0	0	0	0
	Pezinok, Obrancov mieru		0		0		0	0	0	0	0
	Rohožník, Senická*							0	0	0	0
	Rovinka	0	0					0	0	0	0
	Senec, Boldocká		0	0	0	0	0	9	9	0	0
Košícký kraj	Kojšovská hoľa		0	0	0	0	0				
	Trebišov, T. G. Masaryka		0	0	0	0	0	0	6	0	0
	Strážske, Mierová							0	0	0	0
	Krompachy, SNP	0	0					9	15	0	0
Nitriansky kraj	Nitra, Janíkovce		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nitra, Štúrova	0	0					5	0	0	0
	Komárno, Vnútorhá Okružná		0	0	0	0	0	0	9	0	0
	Plášťovce		0	0	0	0	0	8	17	0	0
Prešovský kraj	Gánovce, Meteo. st.		0	0	0	0	0				
	Humenné, Nám. slobody		0	0	0	0	0	14	0	0	0
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu		0					22	6	0	0
	Vranov n/T, M. R. Štefánika	0						0	0	0	0
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Starina, Vodná nádrž, EMEP		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Kolonické sedlo, Hvezdáreň							0	0	0	0
	Poprad, Železničná		0					0	0	0	0
Bardejov, Pod Vinbargom		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bystričany, Rozvodňa SSE	0						0	0	0	0
	Handlová, Morovianska cesta	0						1	6	0	0
	Púchov, 1. mája	0	0					0	13	0	0
	Trenčín, Hasičská	0	0					0	0	0	0

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka	SO ₂		NO ₂		O ₃		PM ₁₀			
	Rok	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
	Výstražný/informačný prah	VP	VP	IP	IP	VP	VP	IP	IP	VP	VP
	Doba spriemerovania	3 h po sebe	3 h po sebe	1h	1h	1h	1h	12h	12h	12h	12h
	Limitná hodnota [µg·m ⁻³]	500	400	180	180	240	240	100	100	150	150
Trnavský kraj	Senica, Hviezdoslavova	0						0	0	0	0
	Tmava, Kollárova		0					6	0	0	0
	Topoľníky, Aszód, EMEP	0	0	0	0	0	0	0	13	0	4
	Sereď, Vínárska		0					0	0	0	0
Žilinský kraj	Chopok, EMEP		0	0	0	0	0				
	Liptovský Mikuláš, Školská	0	0					8	4	0	0
	Martin, Jesenského		0					9	6	0	0
	Oščadnica			0	0	11	19	0	0	0	0
	Ružomberok, Riadok	0	0	0	0	0	0	10	15	0	1
	Žilina, Obežná		0	0	0	0	0	1	38	0	12

* monitorovacia stanica Malacky ukončila meranie 29. 4. 2022 a 5. 8. 2022 ju nahradila AMS v Rohožniku

Najviac hodín s prekročením informačného prahu bolo zaznamenané v roku 2022 na monitorovacej stanici Jelšava, Jesenského (85), pričom prekročenia na tejto stanici boli namerané v priebehu januára, februára, novembra a decembra. Najvyšší počet prekročení v Jelšave bol zaznamenaný v januári (58).

Obr. 3.1 Počet hodín s prekročením informačného prahu (IP) pre PM₁₀ pre všetky AMS rozdelené podľa mesiacov roka (vľavo) a podľa staníc s najvyšším počtom prekročení IP (vpravo).



3.4 REGIONÁLNY MONITORING

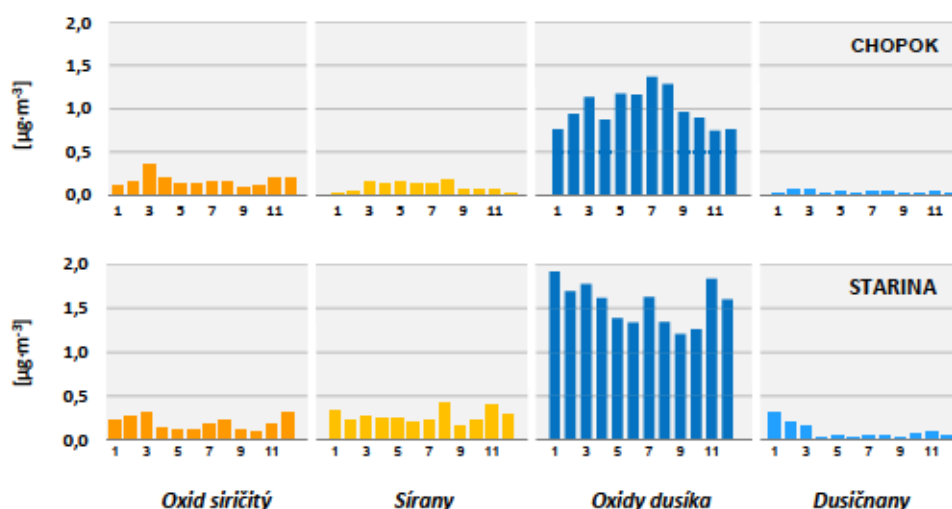
Regionálne znečistenie ovzdušia je znečistenie hraničnej vrstvy atmosféry krajiny prírodného typu, v dostatočnej vzdialenosti od lokálnych, priemyselných a mestských zdrojov znečistenia ovzdušia. Hraničná vrstva atmosféry je vrstva, v ktorej sa premiešava znečistenie vertikálne od zemského povrchu až 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 2022 boli priemerné koncentrácie za kalendárny rok na Chopku $0,32 \mu\text{g SO}_2\cdot\text{m}^{-3}$ a na Starine $0,39 \mu\text{g SO}_2\cdot\text{m}^{-3}$. Aj za zimné obdobie bola koncentrácia na Chopku ($0,42 \mu\text{g SO}_2\cdot\text{m}^{-3}$) aj na Starine ($0,45 \mu\text{g SO}_2\cdot\text{m}^{-3}$) na nízkej úrovni a spĺňala legislatívne limity. Limitné hodnoty stanovuje Vyhláška MŽP SR č. 244/2016 Z. z. v znení neskorších predpisov v Prílohe č. 2. Ročné priemerné koncentrácie oxidu siričitého a síranov sú uvedené v Tab. 3.14. Hodnoty sú prepočítané na hmotnosť síry. Obr. 3.2 ilustruje mesačný chod zlúčenín síry a dusíka.

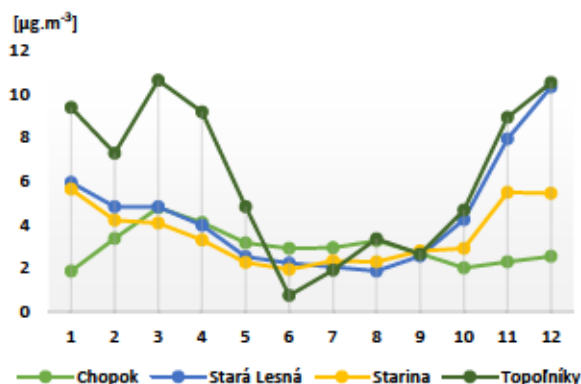
Obr. 3.2 Priemerné mesačné koncentrácie znečisťujúcich látok v ovzduší, rok 2022 (prepočítané na síru, resp. dusík).



■ 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. 2 Vyhlášky MŽP SR o kvalite ovzdušia č. 244/2016 Z. z., v znení neskorších predpisov. Na regionálnych staniciach Chopok ($2,98 \mu\text{g NO}_x\cdot\text{m}^{-3}$), Stará Lesná ($4,44 \mu\text{g NO}_x\cdot\text{m}^{-3}$), Starina ($3,55 \mu\text{g NO}_x\cdot\text{m}^{-3}$) a Topoľníky ($6,08 \mu\text{g NO}_x\cdot\text{m}^{-3}$) nebola limitná hodnota prekročená. V grafe na Obr. 3.3 sú zobrazené mesačné priemerné koncentrácie oxidov dusíka, ktoré na žiadnej regionálnej stanici neprekročili koncentráciu $11 \mu\text{g NO}_x\cdot\text{m}^{-3}$. Ročné priemerné koncentrácie oxidu dusičitého a dusičnanov sú uvedené v Tab. 3.14. Hodnoty sú prepočítané na hmotnosť dusíka.

Obr. 3.3 Priemerné mesačné koncentrácie NO_x v ovzduší, rok 2022.



Tab. 3.14 Priemerné ročné koncentrácie znečisťujúcich látok [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v ovzduší na EMEP staniách, rok 2022.

	SO ₂	SO ₄ ²⁻	NO ₂	NO ₃ ⁻	HNO ₃	Cl ⁻	NH ₃	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
Chopok	0,16	0,09	1,00	0,03	0,10	0,06	-	-	-	-	-	-
Starina	0,19	0,27	1,56	0,10	0,11	0,07	0,77	0,27	0,10	0,10	0,02	0,13

SO₂, SO₄²⁻ – prepočítané na síru, NO_x, NO₃⁻, HNO₃, NH₃, NH₄⁺ – 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 (NH₃ a NH₄⁺ prepočítané na dusík) sú uvedené v Tab. 3.14. Pri amónnych iónoch predstavuje ročná koncentrácia hodnotu 0,27 $\mu\text{g N}\cdot\text{m}^{-3}$ a pri amoniaku 0,77 $\mu\text{g N}\cdot\text{m}^{-3}$.

■ Atmosférický aerosól, ťažké kovy

Hodnoty koncentrácií PM₁₀ a TSP (meria sa na Chopku) a tiež detailnejšie charakteristiky zloženia tuhých častíc na EMEP staniách, ktoré zahŕňajú podiely olova, medi, kadmia, niklu, chrómu, zinku, arzenu a elementárneho a organického uhlíka v PM₁₀/TSP za rok 2022 sú uvedené v Tab. 3.15.

Tab. 3.15 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 staniách, rok 2022.

	PM ₁₀ /TSP ¹	Pb	Cu	Cd	Ni	Cr	Zn	As	Hg ²	EC/OC	O ₃
Chopok ¹	7,1	1,04	0,23	0,03	0,28	0,40	3,15	0,11	-	-	91
Topoľníky	13,9	3,39	1,11	0,08	0,21	0,42	11,66	0,28	1,3	-	54
Starina	11,1	2,03	0,56	0,09	0,13	0,27	7,73	0,13	1,3	-	55
Stará Lesná	9,7	2,87	0,89	0,07	0,26	0,33	9,61	0,17	-	3,6/0,4	49

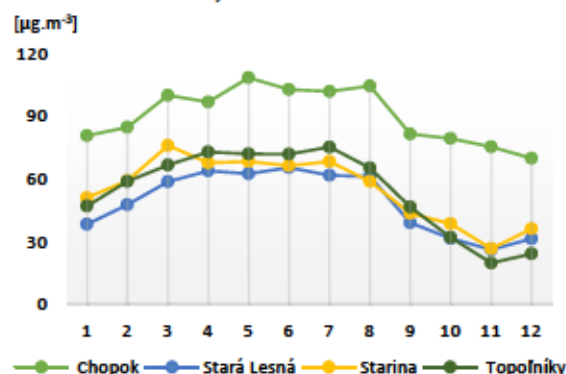
¹TSP – celkový prach, sa meria na Chopku; výsledky PM₁₀ sú z gravimetrického stanovenia;

²Hg sa meria mimo monitorovacieho programu EMEP

■ Ozón

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 2022 bola priemerná ročná koncentrácia ozónu na Chopku 91 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, v Topoľníkoch 54 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, v Starej Lesnej 49 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a na Starine 55 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Tab. 3.15). Graf na Obr. 3.4 ilustruje mesačné koncentrácie O₃ na EMEP staniách. Najvyššie koncentrácie sa spravidla vyskytujú na Chopku z dôvodu umiestnenia monitorovacej stanice vo vysokých polohách (2008 m n. m.).

Obr. 3.4 Priemerné mesačné koncentrácie O₃ v ovzduší, rok 2022.



■ Prchavé organické zlúčeniny

Prchavé organické zlúčeniny, C₂–C₈ (tzv. ľahké uhľovodíky) sa začali odoberať na stanici Starina v roku 1994. Hodnoty koncentrácie jednotlivých zlúčenín počas roka majú rozdielny charakter. Nižšie uhľovodíky (etán, etén, propán a propén) majú sezónny chod, vysoké koncentrácie sa vyskytujú v zime. Najvyššie koncentrácie izoprénu sa naopak vyskytujú 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. Laboratórne analýzy VOC boli v roku 2022 vykonávané v Centrálnom laboratóriu imisii ČHMÚ v Prahe.

Tab. 3.16 Priemerné ročné koncentrácie prchavých organických zlúčenín [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] na EMEP stanici Starina, rok 2022.

etán	etén	propán	propén	i-bután	bután	2-metylbután	pentán	hexán	izoprén
2,55	1,24	1,43	0,40	0,52	0,73	0,45	0,96	0,60	0,55
Σ butény	Σ pentény	benzén	i-oktán	heptán	toluén	etylbenzén	oktán	m+p-xylén	o-xylén
0,21		0,75	0,15	0,11	0,88	0,11	0,38	1,20	0,61

3.4.2 Atmosférické zrážky

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

Tab. 3.17 Ročné vážené priemery koncentrácií znečisťujúcich látok v atmosférických zrážkach, rok 2022.

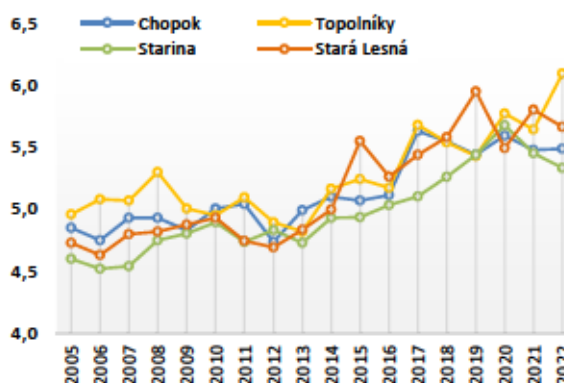
	zrážky [mm]	pH	vodivosť [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	SO_4^{2-} [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	NO_3^- [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	NH_4^+ [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	Cl ⁻ [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	Na ⁺ [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	K ⁺ [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	Mg ²⁺ [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	Ca ²⁺ [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]
Chopok	1006	5,49	8,31	0,20	0,19	0,31	0,26	0,21	0,07	0,03	0,17
Topoľníky	350	6,09	12,26	0,27	0,29	0,68	0,26	0,27	0,19	0,07	0,40
Starina	627	5,33	11,00	0,31	0,32	0,44	0,26	0,29	0,33	0,06	0,32
Stará Lesná	606	5,66	9,82	0,35	0,35	0,51	0,34	0,30	0,18	0,07	0,36
Bratislava, Jeséniova	475	6,09	12,28	0,28	0,28	0,53	0,27	0,32	0,17	0,10	0,74

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

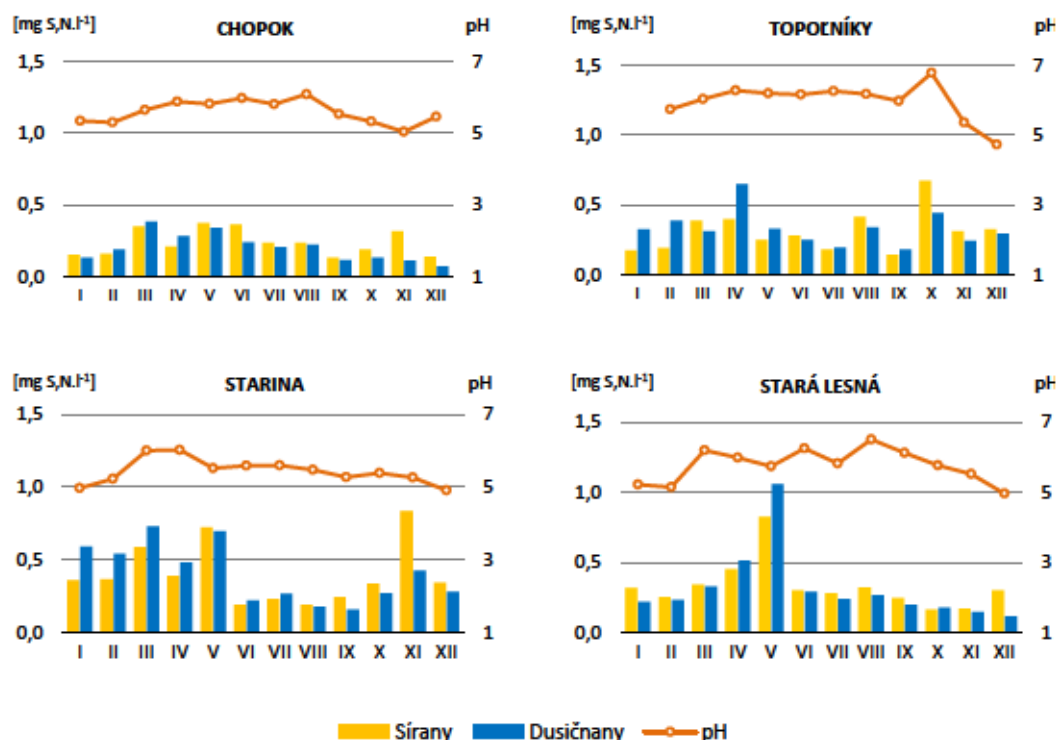
■ Hlavné ióny, pH, vodivosť

V roku 2022 bol zaznamenaný zrážkový úhrn na regionálnych staniciach od 350 do 1 006 mm s hornou hranicou rozpätia na Chopku a s najmenším množstvom zrážok v Topoľníkoch. Ročné priemerné hodnoty pH sa pohybovali od 5,33 na Starine, po 6,09 v Topoľníkoch (Tab. 3.17, Obr. 3.6). Vodivosť atmosférických zrážok je odrazom množstva disociovaných iónov, ktoré sa v zrážkach nachádzajú. Priemerné ročné koncentrácie síranov v zrážkových vodách (Tab. 3.17, Obr. 3.6) prepočítané na síru predstavovali na staniciach EMEP rozpätie 0,20–0,35 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Najnižšie koncentrácie boli namerané na Chopku, pričom na všetkých staniciach boli hodnoty na nižšej úrovni oproti predchádzajúcim rokom. Z dôvodu významného poklesu koncentrácií síranov v ovzduší za posledné dekády, začali hrať dusičnany, ktoré sa v minulosti podieľali na kyslosti zrážok v menšej miere ako sírany, v súčasnosti väčšiu rolu aj z dôvodu menej významných poklesov ich koncentrácií. Dusičnany vykazovali koncentračné rozpätie na staniciach EMEP prepočítané na dusík 0,19–0,35 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (Tab. 3.17, Obr. 3.6). Spodnú hranicu rozpätia predstavuje Chopok a hornú Stará Lesná. Amónne ióny patria tiež medzi majoritné ióny a ich koncentračné rozpätie na staniciach EMEP predstavovalo 0,31–0,68 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (Tab. 3.17). Vývoj ročných priemerných hodnôt pH atmosférických zrážok na staniciach EMEP za posledných jedenásť rokov uvádza graf Obr. 3.5.

Obr. 3.5 pH v atmosférických zrážkach.



Obr. 3.6 Atmosférické zrážky, rok 2022.



■ Ťažké kovy v atmosférických zrážkach

Monitoring ťažkých kovov v zrážkach sa vykonáva na základe monitorovacej stratégie CCC EMEP (Chemical Coordinating Centre of EMEP). Na staniciach 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. Táto však slúži len na porovnanie a nehodnotí sa ako regionálna stanica. Výsledky ročných vážených priemerov koncentrácií ťažkých kovov v atmosférických zrážkach za rok 2022 sú uvedené v **Tab. 3.18**. Zinok, olovo a meď majú v zrážkach vyšší podiel ako ostatné monitorované kovy, podobne to platí pre kovy merané v ovzduší (**Tab. 3.15**). Dlhodobý trend ťažkých kovov má klesajúcu tendenciu, avšak koncentrácie najmä arzénu a kadmia sú v porovnaní s väčšinou krajín zúčastňujúcich sa monitoringu EMEP vysoké.

Tab. 3.18 Ročné vážené priemery koncentrácií ťažkých kovov v atmosférických zrážkach na EMEP staniciach, rok 2022.

	Zrážky [mm]	Pb [$\mu\text{g l}^{-1}$]	Cd [$\mu\text{g l}^{-1}$]	Cr [$\mu\text{g l}^{-1}$]	As [$\mu\text{g l}^{-1}$]	Cu [$\mu\text{g l}^{-1}$]	Zn [$\mu\text{g l}^{-1}$]	Ni [$\mu\text{g l}^{-1}$]
Chopok	1043	2,00	0,15	0,28	0,34	1,08	22,99	0,54
Topoľníky	375	1,42	0,31	0,23	0,76	1,22	24,08	0,28
Starina	627	1,35	0,12	0,23	0,65	1,19	16,79	0,49
Stará Lesná	607	0,78	0,13	0,22	0,44	1,04	14,08	0,39
Bratislava, Jeséniova	676	0,78	0,17	0,25	0,29	2,49	4,35	0,48

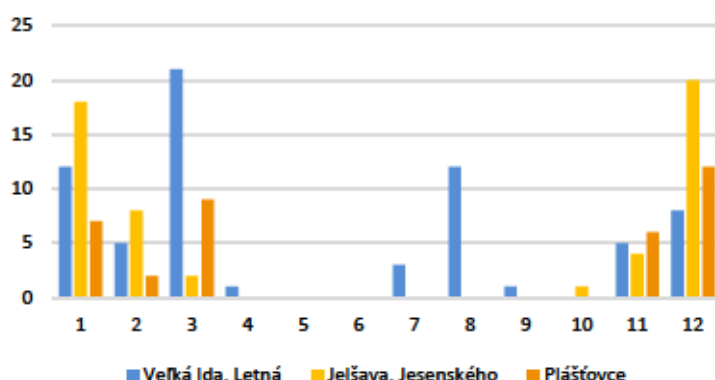
3.5 ZHRNUTIE

V rokoch 2020 a 2021 boli v rámci projektu Skvalitnenie Národnej monitorovacej siete kvality ovzdušia zriadené nové AMS na týchto lokalitách: Lučenec, Žarnovica, Pezinok, Senec, Trebišov, Komárno, Plášťovce, Poprad, Bardejov, Púchov, Sereď, Oščadnica, Liptovský Mikuláš a Bratislava (Púchovská ulica). Ďalšou zmenou, ktorá s projektom nesúvisí, je premiestnenie monitorovacej stanice z Malaciek do Rohožníka v priebehu roku 2022. Keďže v priebehu roku 2021 väčšina nových staníc iba postupne začínala svoje merania, rok 2022 je prvým uceleným obdobím, ktoré nám umožňuje hodnotiť nové lokality celoročne. Na nových lokalitách boli v r. 2022 vysoké koncentrácie namerané najmä v Plášťovciach (prekročenie limitnej hodnoty pre priemerné denné koncentrácie PM₁₀), Oščadnici (prekročenie informačného prahu pre PM₁₀ v januári a v marci). Na nových AMS v Žarnovici, Oščadnici a v Plášťovciach bola prekročená cieľová hodnota pre benzo(a)pyrén.

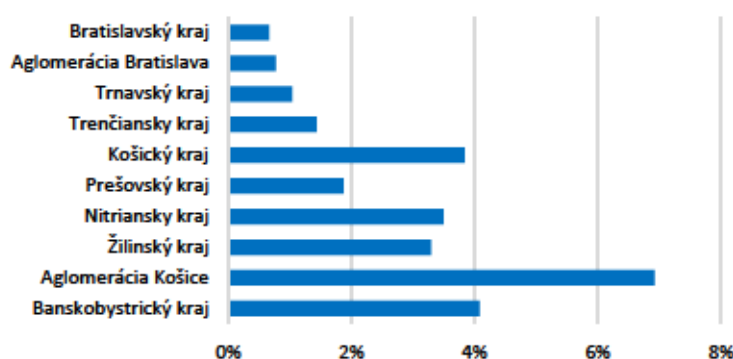
■ PM₁₀

V roku 2022 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 (37 µg·m⁻³) a Jelšava, Jesenského (30 µg·m⁻³). Prekročenia limitnej hodnoty na ochranu ľudského zdravia pre 24-hodinové koncentrácie sa vyskytli na troch AMS (Jelšava, Jesenského, Veľká Ida, Letná a Plášťovce), pričom najviac prekročení bolo zaznamenaných v januári, marci a v decembri (Obr. 3.7). Najvyšší podiel prekročení mali aglomerácia Košice (zahŕňa aj blízku priemyselnú stanicu vo Veľkej Ide) a zóna Banskobystrický kraj (Obr. 3.8). V auguste bolo vo Veľkej Ide 12 prekročení, z toho dve (24. a 25. 8. 2023) boli pravdepodobne zapríčinené dialkovým prenosom prachu zo suchých oblastí. V týchto dňoch boli zaznamenané prekročenia na ďalších 8 AMS na východnom Slovensku

Obr. 3.7 Počet dní s priemernou dennou koncentráciou PM₁₀ > 50 µg·m⁻³ na AMS, na ktorých bola v roku 2022 prekročená limitná hodnota. Rozdelené podľa mesiacov roka.

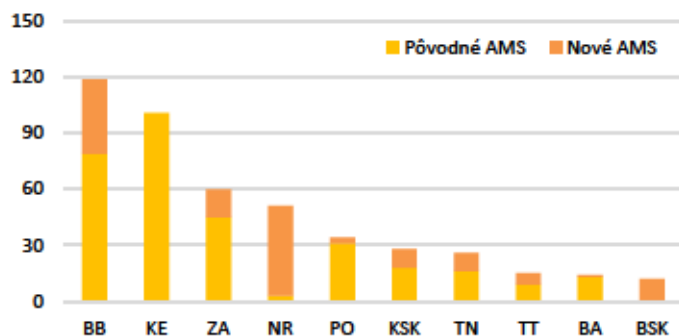


Obr. 3.8 Relatívny počet prekročení dennej limitnej hodnoty pre PM₁₀ vzhľadom k všetkým meraniam v zóne/aglomerácii.

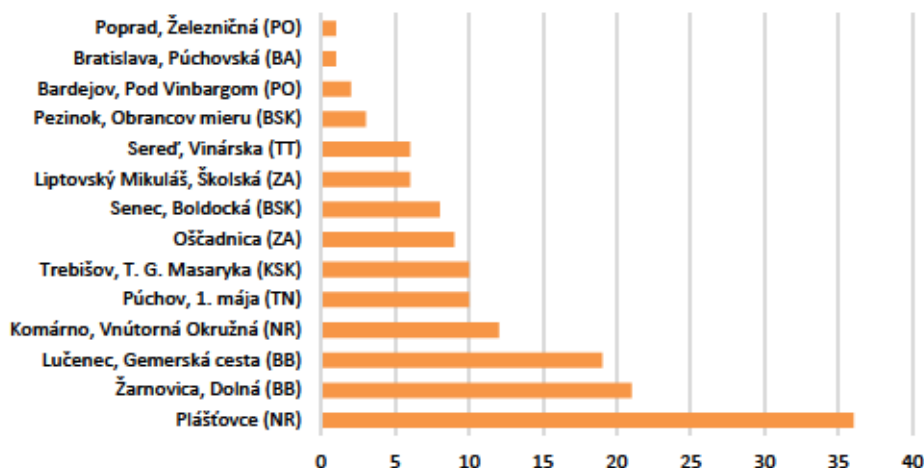


Rozdelenie hodnôt priemernej dennej koncentrácie $PM_{10} > 50 \mu g \cdot m^{-3}$ nameraných na pôvodných a nových staniciach ilustruje Obr. 3.9. V zóne Nitriansky kraj boli všetky prekročenia namerané na novej AMS v Plášťovciach, vysoký počet prekročení mala aj nová AMS v Žarnovici v Banskobystrickom kraji (Obr. 3.10).

Obr. 3.9 Počet dní s prekročením priemernej dennej koncentrácie $PM_{10} > 50 \mu g \cdot m^{-3}$ na nových a pôvodných staniciach podľa zón a aglomerácií.

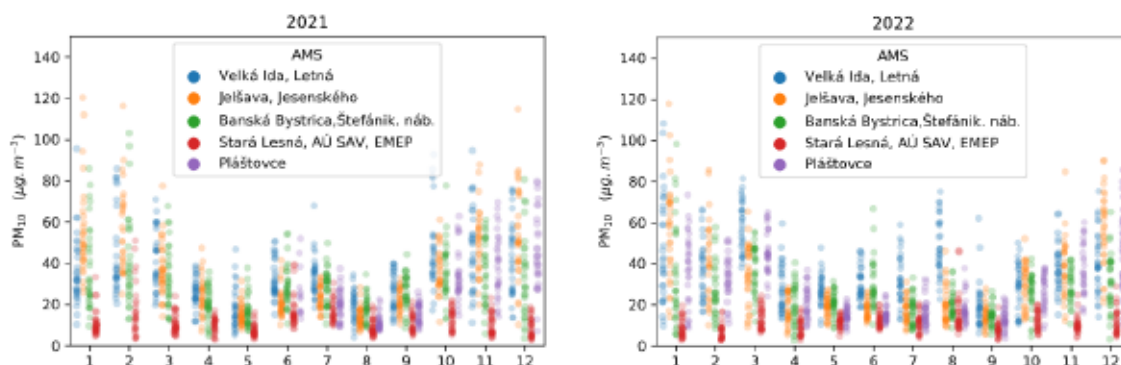


Obr. 3.10 Počet dní s priemernou dennou koncentráciou $PM_{10} > 50 \mu g \cdot m^{-3}$ na nových staniciach (v zátvorke je skratka zóny/aglomerácie).



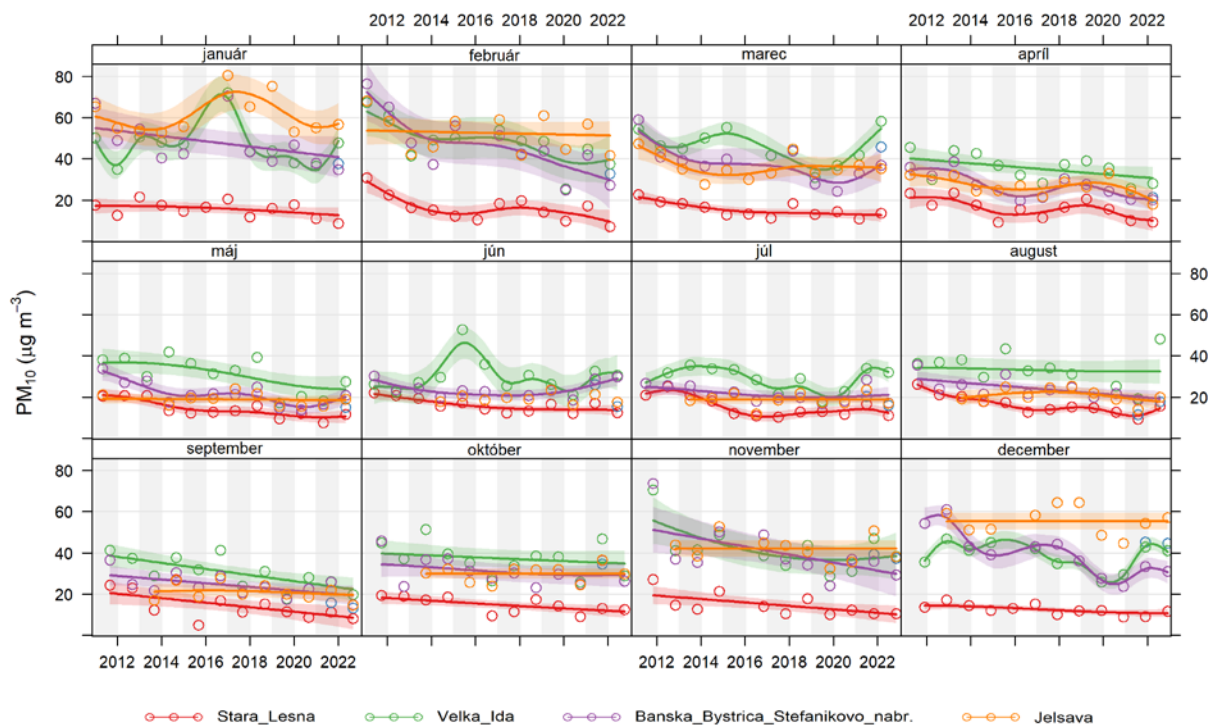
Porovnanie priemerných denných koncentrácií na staniciach s prekročením limitnej hodnoty pre PM_{10} v roku 2021 a 2022 ilustruje Obr. 3.11.

Obr. 3.11 Porovnanie koncentrácií PM_{10} nameraných na staniciach s prekročením limitnej hodnoty v roku 2021 (Veľká Ida; Jelšava; Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.) a 2022 (Veľká Ida; Jelšava; Plášťovce) s regionálnou požadovú stanicou (Stará Lesná).



Obr. 3.12 znázorňuje dlhodobý trend PM_{10} v Jelšave v porovnaní s Veľkou Idou a dopravnou stanicou v Banskej Bystrici, Štefánikovo nábr., na ktorej sa vyskytlo prekročenie limitnej hodnoty pre PM_{10} v roku 2021. V letných mesiacoch sú vďaka lepším rozptylovým podmienkam nižšie aj hodnoty namerané vo Veľkej Ide. Dlhodobý mierne klesajúci trend môže byť odrazom poklesu regionálneho pozadového znečistenia v kombinácii s poklesom emisií z priemyselného zdroja.

Obr. 3.12 Priemerné mesačné koncentrácie PM_{10} na AMS Jelšava, Jesenského a Veľká Ida, Letná v porovnaní s regionálnou pozadovou stanicou Stará Lesná a dopravnou stanicou v Banskej Bystrici, Štefánikovo nábr.



Studený január 2017 sa prejavil na všetkých AMS. Minimum v letných mesiacoch je v Jelšave v porovnaní s Veľkou Idou oveľa výraznejšie, čo odráža rozdielnu sezónnosť dominantných zdrojov na oboch lokalitách. Koncentrácie namerané na lokalite ovplyvnenej najmä vykurovaním domácností (Jelšava) sú porovnateľne vysoké ako na priemyselnej stanici Veľká Ida, Letná, niekedy dokonca vyššie. Obe stanice dlhodobo vykazujú najvyššie koncentrácie PM (Veľká Ida, ako bolo spomenuté, je v menšej miere ovplyvnená aj vykurovaním domácností, v jej prípade ide aj o vplyv metalurgického komplexu a v menšej miere aj dopravy (neďaleko sa nachádza neelektrifikovaná železničná trať)). Medziročné kolísanie koncentrácií nameraných na dopravnej AMS Banská Bystrica, Štefánikovo nábr. je ovplyvnené aj stavebnými prácami v blízkosti stanice v predchádzajúcich rokoch.

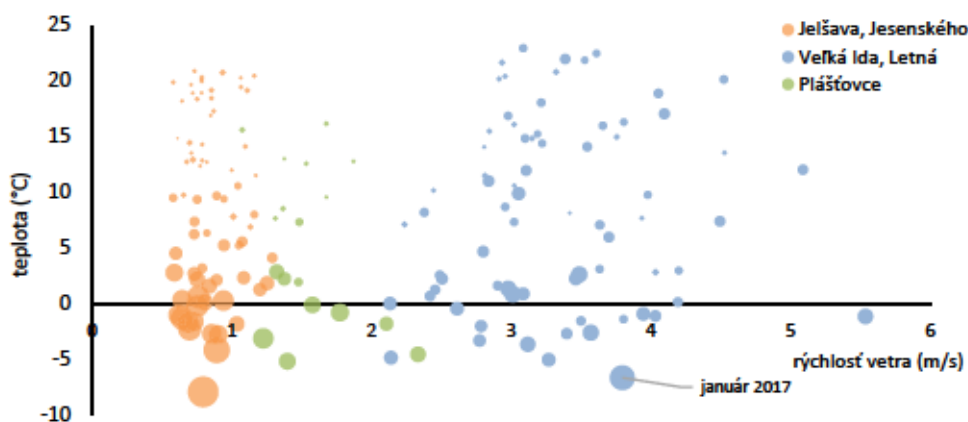
■ $PM_{2,5}$

Pre $PM_{2,5}$ je stanovená limitná hodnota $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (pre priemernú ročnú koncentráciu), ktorá vstúpila do platnosti 1. 1. 2020 (Vykonávacie rozhodnutie Komisie 2011/850/EU, Príloha 1, bod 5). V roku 2022 bola prekročená limitná hodnota na troch automatických monitorovacích stanicích kvality ovzdušia: Veľká Ida, Letná; Jelšava, Jesenského a Plášťovce.

Pri porovnaní závislosti koncentrácií $PM_{2,5}$ od priemernej minimálnej mesačnej teploty a rýchlosti vetra (**Obr. 3.13**) vidíme, že kým vyššie hodnoty $PM_{2,5}$ v Jelšave a v Plášťovciach sú namerané v chladnom období, vo Veľkej Ide sa môžu vyskytnúť v hociktorej časti roka, čo je charakteristické pre celoročný vplyv metalurgického komplexu nachádzajúceho sa v jej blízkosti. Najvyššie koncentrácie boli v Jelšave aj vo Veľkej Ide zaznamenané v extrémne chladnom januári 2017. Je pravdepodobné, že vo Veľkej Ide sa okrem vplyvu priemyselného zdroja znečisťovania ovzdušia prejavuje aj vplyv vykurovania domácností

z blízkeho sídla marginalizovanej skupiny obyvateľov. Zároveň sú výrazne rozoznateľné nízke rýchlosti vetra v Jelšave, ktoré súvisia s horšími rozptylovými podmienkami.

Obr. 3.13 Porovnanie závislosti priemerných mesačných koncentrácií $PM_{2,5}$ s priemernou rýchlosťou vetra a priemernou minimálnou teplotou v Jelšave, Veľkej Ide (r. 2017 – 2022) a v Plášťovciach (r. 2022).



V Jelšave je dominantným zdrojom PM vykurovanie domácností tuhým palivom, pričom táto lokalita je ovplyvnená i miestnym priemyselným zdrojom (výroba magnezitu). Spaľovacie procesy prispievajú najmä k jemnej veľkostnej frakcii PM, mechanické procesy pri výrobe magnezitu sa podieľajú na hrubšej frakcii prachových častíc. Problémom v Jelšave sú obvykle aj veľmi nepriaznivé rozptylové podmienky v zimnom období. Nová AMS v Plášťovciach vykazuje, podobne ako Jelšava, vysoké hodnoty pri nízkych teplotách, čo indikuje zdroje znečisťovania ovzdušia súvisiace s vykurovaním.

Zdravotné dôsledky vyplývajúce zo znečistenia ovzdušia časticami PM závisia od veľkosti aj zloženia tuhých znečisťujúcich látok (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 kízavý priemer ročných priemerov $PM_{2,5}$ z vybraných mestských a predmestských požadových staníc. Napríklad IPE 2022 sa počíta ako priemer troch priemerných ročných koncentrácií týchto staníc v r. 2020, r. 2021 a r. 2022. Tab. 3.19 uvádza hodnoty tohto ukazovateľa od roku 2010, ktorý je pre IPE referenčným rokom. Podľa Prílohy č. 4 k Vyhláške č. 244/2016 Z. z., v znení neskorších predpisov, je národný cieľ zníženia expozície pre častice $PM_{2,5}$ stanovený na $18 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, ktorý sa mal dosiahnuť do roku 2020. To sa aj podarilo. Národný cieľ zníženia expozície pre častice $PM_{2,5}$ v roku 2022 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. 3.19 zachytáva vývoj Indikátora Priemernej Expozície PM_{2,5} za posledných dvanásť rokov. Jeho pokles v roku 2021 je pravdepodobne možné vysvetliť poklesom emisií na Slovensku i v susedných krajinách.

Tab. 3.19 Indikátor Priemernej Expozície PM_{2,5} (IPE) v rokoch 2010 – 2022.

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
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

■ SO₂

Na rozdiel od PM, NO₂, CO a benzo(a)pyrénu sa na emisiách SO₂ podieľajú najmä veľké priemyselné zdroje a systémová energetika (tepelné elektrárne). V zimných mesiacoch sa môže prejaviť vplyv vykurovanie domácností uhlím s vysokým obsahom síry, vysoké koncentrácie SO₂ však neboli zaznamenané, ide pravdepodobne o minoritný spôsob vykurovania na území SR.

V Rovinke priemerná hodinová koncentrácia SO₂ prekročila hodnotu 350 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 1-krát (limitná hodnota stanovuje maximálne 24 prekročení). V roku 2022 sa na monitorovacích staniciach v SR nevyskytol žiaden prípad prekročenia výstražného prahu. Merané koncentrácie sú dlhodobo pod limitnou hodnotou.

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 2022 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 s ohľadom na ochranu vegetácie.

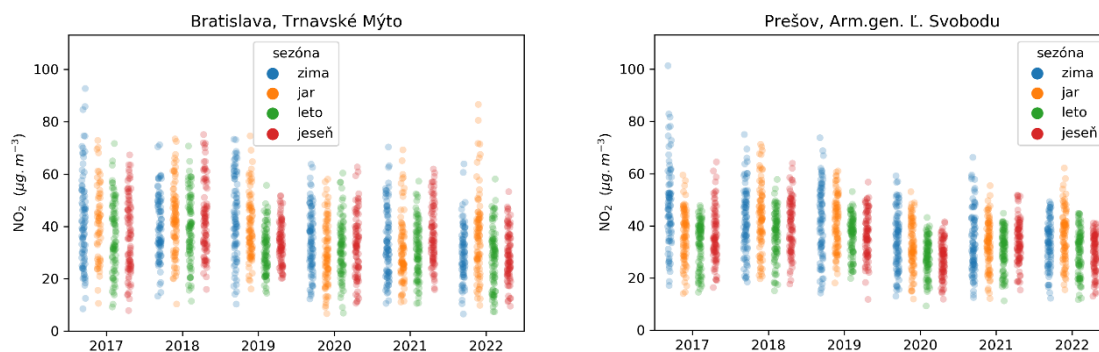
■ NO₂

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

V roku 2022 nebola prekročená ročná limitná hodnota 40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pre NO₂ na žiadnej monitorovacej stanici. Takisto neprišlo k prekročeniu limitnej hodnoty na ochranu ľudského zdravia pre hodinové koncentrácie tejto znečisťujúcej látky. V roku 2022 nenastal ani prípad prekročenia výstražného prahu pre NO₂.

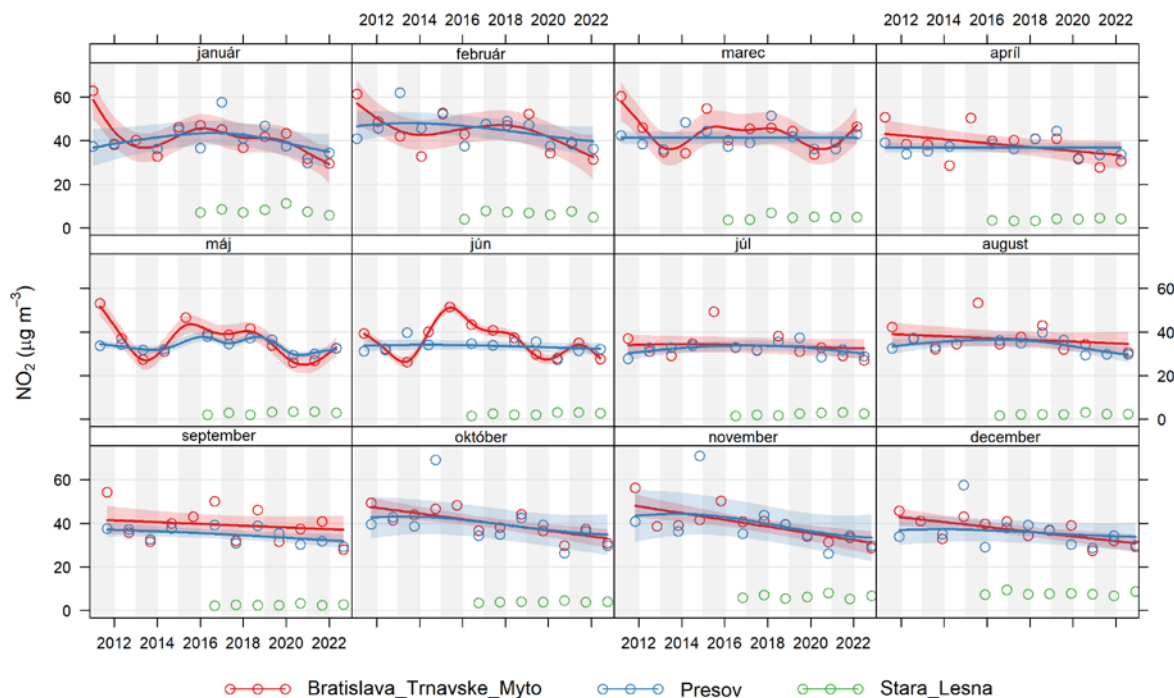
Najvyšší ročný priemer zaznamenali dve dopravné stanice – Bratislava, Trnavské Mýto (31 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a Prešov, Arm. gen. L. Svobodu (32 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Obr. 3.14 ilustruje porovnanie hodnôt nameraných na oboch AMS.

Obr. 3.14 Priemerné denné koncentrácie NO₂ na AMS Bratislava, Trnavské Mýto a Prešov, Arm. gen. L. Svobodu v porovnaní s regionálnymi požadovými lokalitami (Gánovce a Stará Lesná).



Posledné prekročenie limitnej hodnoty pre priemernú ročnú koncentráciu NO₂ bolo namerané v roku 2018 na AMS Bratislava, Trnavské Mýto a Prešov, Arm. gen. L. Svobodu. V dlhodobom vývoji majú koncentrácie NO₂ na oboch AMS mierne klesajúci trend **Obr. 3.15**). Lokálne maximá sú pravdepodobne ovplyvnené meteorologickými podmienkami.

Obr. 3.15 NO₂ na AMS Bratislava, Trnavské Mýto, Prešov a Stará Lesná v rokoch 2011 – 2022.

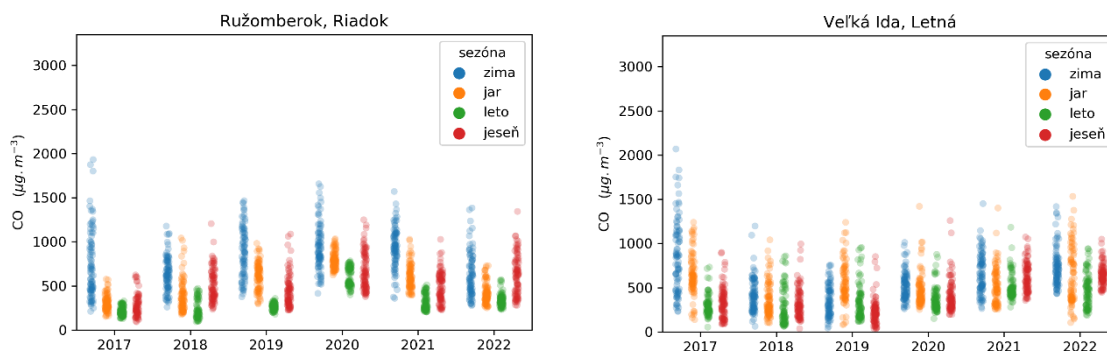


Kritická úroveň znečistenia ovzdušia na ochranu vegetácie ($30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za kalendárny rok vyjadrená ako NO_x) nebola v roku 2022 prekročená na žiadnej z EMEP staníc. Hodnoty boli hlboko pod dolnou medzou na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia, ktorá je určená na ochranu vegetácie 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 2022 prekročená limitná hodnota pre CO, pričom úroveň znečistenia ovzdušia za predchádzajúce obdobie rokov 2012–2022 je pod dolnou medzou na hodnotenie jeho úrovne. Na **Obr. 3.16** môžeme porovnať priebeh priemerných denných koncentrácií na dvoch odlišných lokalitách – na AMS Veľká Ida, Letná sú koncentrácie rozdelené približne rovnomerne počas roku, na AMS Ružomberok, Riadok sa vyskytuje maximum v zimných mesiacoch.

Obr. 3.16 Priemerné denné koncentrácie CO na AMS Veľká Ida, Letná a Ružomberok, Riadok.

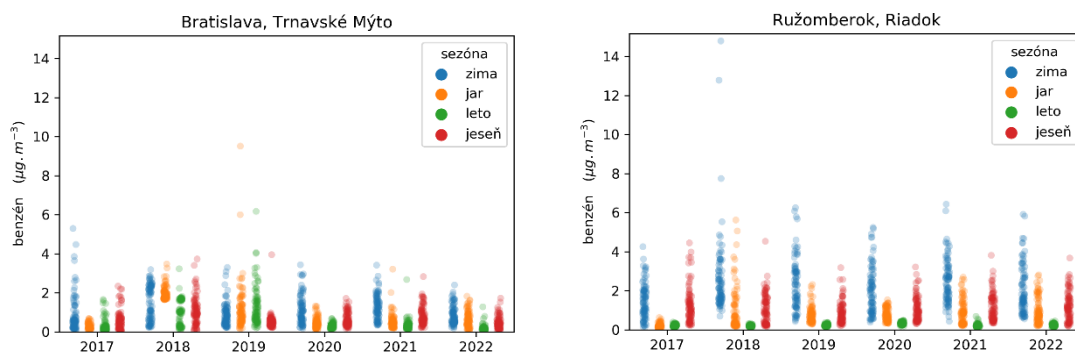


■ Benzén

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

Najvyššia úroveň benzénu pri celoročnom monitoringu bola v roku 2022 nameraná na stanici Ružomberok, Riadok ($1,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Hodnoty priemerných ročných koncentrácií však boli výrazne pod limitnou hodnotou $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Obr. 3.17 ilustruje priebeh koncentrácií benzénu v r. 2017–2022 na dopravnej stanici Bratislava, Trnavské Mýto (kde sa okrem cestnej dopravy môže epizodicky prejavíť aj vplyv rafinérie) a na mestskej požadovej stanici v Ružomberku.

Obr. 3.17 Priemerné denné koncentrácie benzénu na AMS Bratislava, Trnavské Mýto a Ružomberok, Riadok.



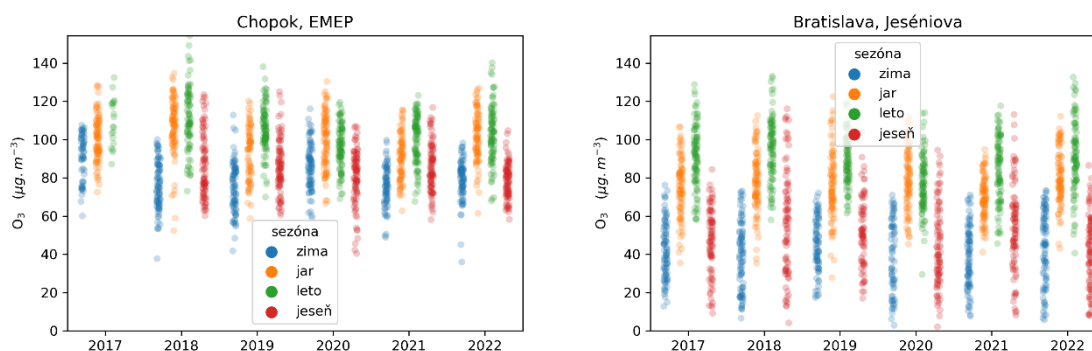
■ Ozón

Problematika troposférického ozónu má regionálny charakter, keďže ozón aj jeho prekursorov podliehajú diaľkovému prenosu v horizontálnom aj 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 uhľovodíkov (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, preto sú v blízkosti frekventovaných ciest väčšinou nižšie koncentrácie ozónu.

Obr. 3.18 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 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 (Obr. 3.18).

Cieľovú hodnotu prízemného ozónu prekročili merania na dvoch staniciach: Bratislava, Jeséniova a Chopok, EMEP. V roku 2022 bol počas jednej hodiny prekročený informačný prah na AMS Bratislava, Jeséniova.

Obr. 3.18 Priemerné denné koncentrácie prízemného ozónu na monitorovacích staniciach Bratislava, Jeséniova a Chopok, EMEP.



■ Pb, As, Ni, Cd

Limitná ani cieľová hodnota neboli v roku 2022 prekročené.

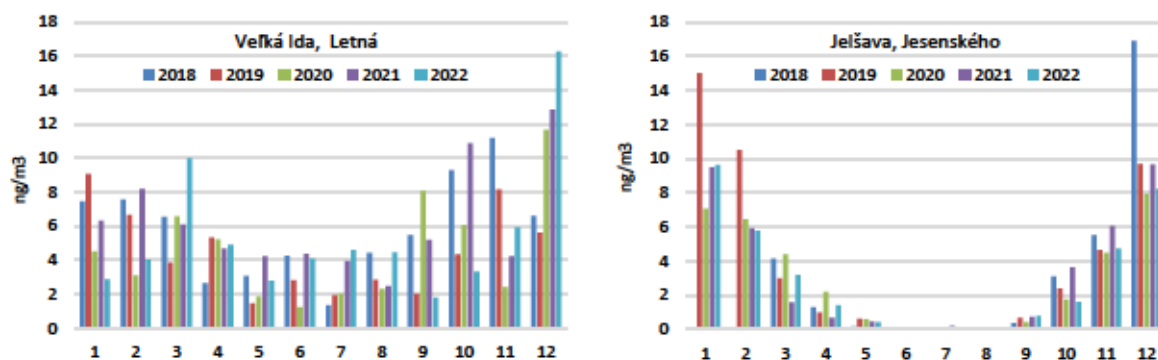
Priemerné ročné koncentrácie ťažkých kovov namerané na stanicach NMSKO sú väčšinou len zlomkom ich cieľovej, resp. limitnej hodnoty.

■ BaP

Benzo(a)pyrén a ďalšie polycyklické aromatické uhľovodíky boli v roku 2022 monitorované na 20 stanicach (vzorkovač na AMS Trenčín Hasičská mal poruchu), z toho na týchto 10 stanicach bola prekročená cieľová hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu BaP: AMS *Veľká Ida, Letná; Jelšava, Jesenského; Žarnovica, Dolná; Oščadnica; Plášťovce; Krompachy, SNP; Ružomberok, Riadok; Púchov, 1. mája; Žilina, Obežná* a Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie. Prvých sedem vymenovaných staníc prekročilo cieľovú hodnotu viac než dvojnásobne. Najvyššiu priemernú ročnú koncentráciu, aj najvyššie namerané hodnoty dosiahla *Veľká Ida* ($5,4 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$). AMS v Prievidzi na Malonecpalskej ulici mala poruchu 24. 1. – 21. 4. a je veľmi pravdepodobné, že pri dostatku meraní by bola cieľová hodnota prekročená aj na tejto stanici. Na väčšine lokalít je rozhodujúcim zdrojom lokálne vykurovanie, vo *Veľkej Ide* z veľkej miery ide o príspevok priemyselného komplexu, najmä z výroby koksu.

Na **Obr. 3.19** je porovnanie priemerných mesačných koncentrácií za posledných 5 rokov na lokalite, kde sú koncentrácie BaP ovplyvnené najmä priemyslom (*Veľká Ida*) so stanicou, kde pochádzajú emisie BaP najmä z vykurovania domácností (*Jelšava*). V druhom prípade sú vidieť charakteristické veľmi nízke hodnoty mimo vykurovacej sezóny. Takýto priebeh je typický pre všetky monitorovacie stanice okrem *Veľkej Idy*.

Obr. 3.19 Porovnanie priemerných mesačných koncentrácií BaP na monitorovacej stanici *Veľká Ida, Letná* (vľavo) a *Jelšava, Jesenského* (vpravo).



Zákon o ovzduší č. 137/2010 Z. z. v znení neskorších predpisov 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 staniciach 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* – CMAQ⁸, 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 RIO⁹ 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

⁸ United States Environmental Protection Agency. (2020). CMAQ (Version 5.3.2) [Software]. Available from <https://doi.org/10.5281/zenodo.4081737>

⁹ 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 poľnohospodárstvo¹⁰. Problematika modelovania PM chemicko-transportným, či rozptylovým modelom je komplikovaná aj relatívne výrazným, aj keď časovo obmedzeným vplyvom aktivít, ktorých emisie je zložitá vyčíslit' 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 AtmoStreet pre rok 2022¹¹ (6,9 %), ventilačný index¹² (13 %), nadmorská výška (45,8 %) a využitie krajiny¹³ (34,2 %)¹⁴. Po následnej úprave výsledkov metódou IDW-R a porovnaní s meraniami dostávame RMSE = 0,4 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a BIAS = -0,03 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

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 túto podmienku nespĺňajú 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.

¹⁰ <https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results - IIR po jednotlivých rokoch a krajinách>

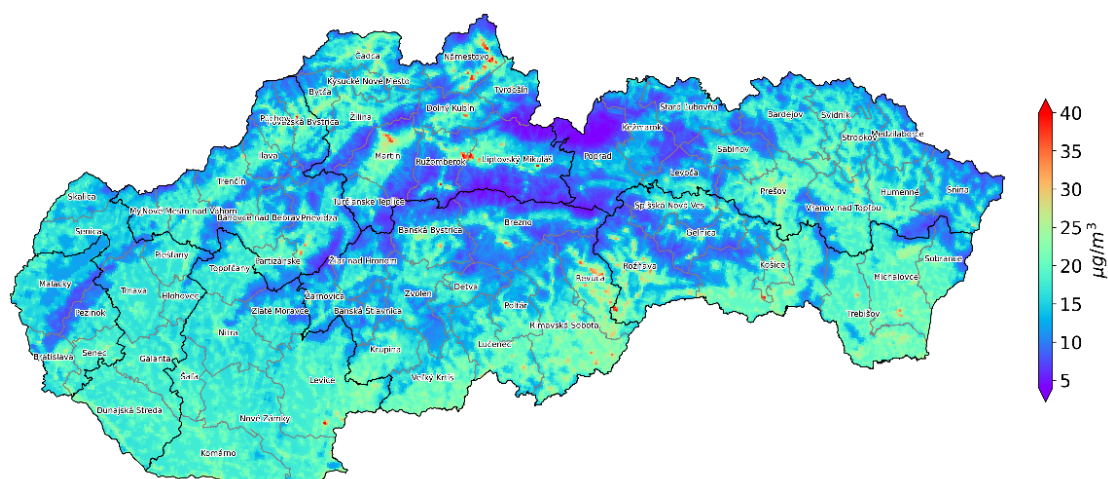
¹¹ Tento model obsahoval emisie z lokálnych kúrenísk bez uvažovania požadových koncentrácií.

¹² Výška premiešavania vynásobená priemernou rýchlosťou vetra vo vrstve pod touto výškou.

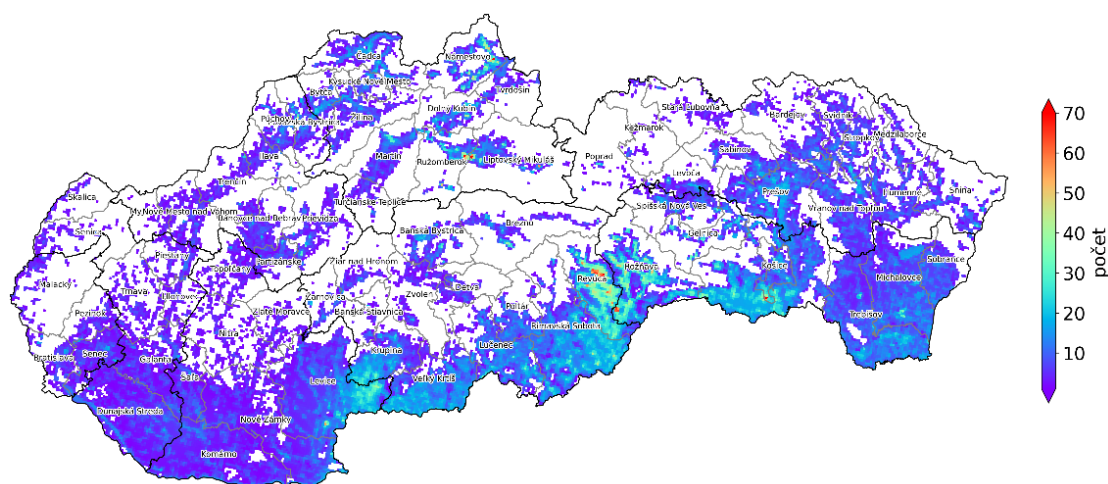
¹³ CORINE Land Cover 2018 <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/external/corine-land-cover-2018>

¹⁴ Percentá v zátvorkách vyjadrujú príspevok jednotlivých priestorových polí.

Obr. 4.1 Priemerné ročné koncentrácie PM₁₀ [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2022.



Obr. 4.2 Počet dní s prekročením limitnej hodnoty pre 24-hodinovú koncentráciu PM₁₀ ($50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v roku 2022. Zobrazené sú len oblasti s nenulovým počtom prekročení.



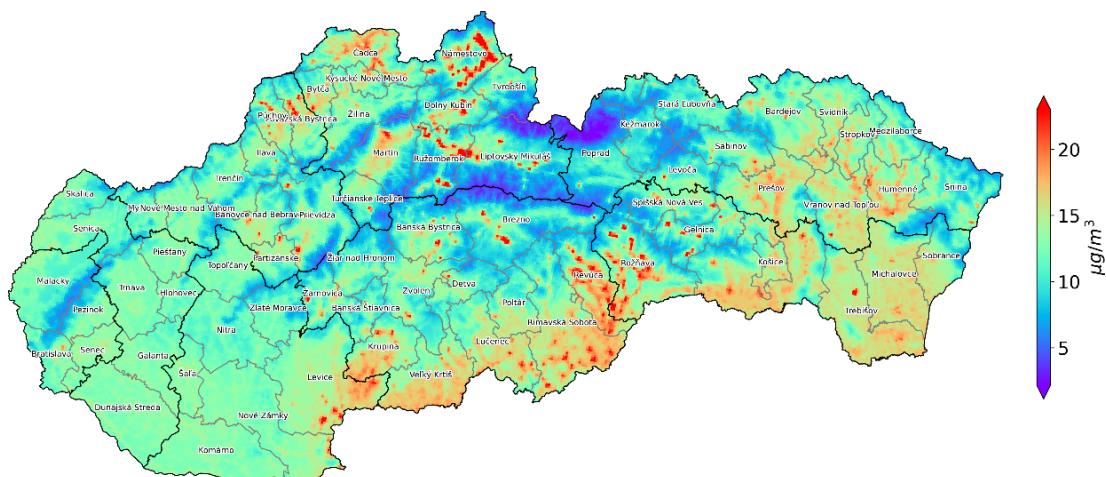
■ Modelovanie PM_{2,5}

Dominantným zdrojom emisií PM_{2,5} je vykurovanie domácností prevažne tuhým palivom, ktoré dosahuje pre PM_{2,5} každoročne až 80 % celkových emisií¹⁵.

Priestorové rozloženie koncentrácií PM_{2,5} na Slovensku bolo vypočítané modelom RIO, pričom ako pomocné priestorové dáta boli použité výstupy z modelu AtmoStreet pre rok 2022 (12,9%), ktorý uvažoval len emisie z lokálnych kúrenísk; ventilačný index (18%), nadmorská výška (53,3%) a využitie krajiny (14,9%). 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 = $-0,05 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. 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 2022 v tomto priestorovom rozlíšení bola prekročená 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.

¹⁵ <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 2022.

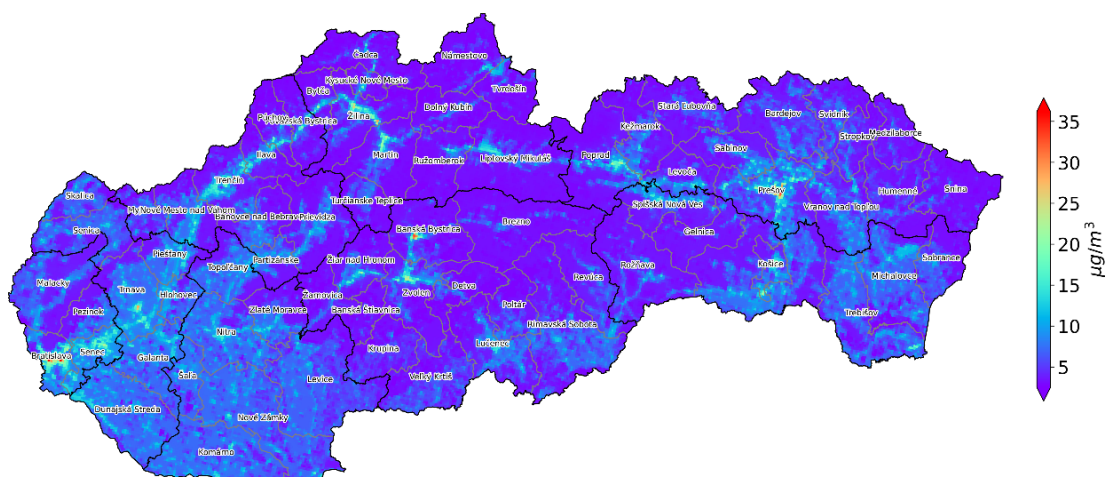


■ Modelovanie NO₂

Hoci podiel emisií z cestnej dopravy predstavuje okolo 35 % celkových emisií NO_x, vplyv cestnej dopravy v blízkosti vyťažených cestných komunikácií na koncentrácie NO₂ 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 NO₂ na Slovensku bolo vypočítané modelom RIO, pričom boli použité tieto pomocné priestorové dáta: výstupy z modelu AtmoStreet pre rok 2022 (34,7 %), ktorý uvažoval emisie z dopravy, z priemyslu a z lokálnych kúrenísk; nadmorská výška (8 %) a využitie krajiny¹⁶ (57,3 %). Po následnej úprave modelu metódou IDW-R a porovnaní s meraniami dostávame RMSE = 0,9 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a BIAS = -0,08 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Výsledné priemerné ročné koncentrácie NO₂ 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 2022 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 NO₂ [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2022.

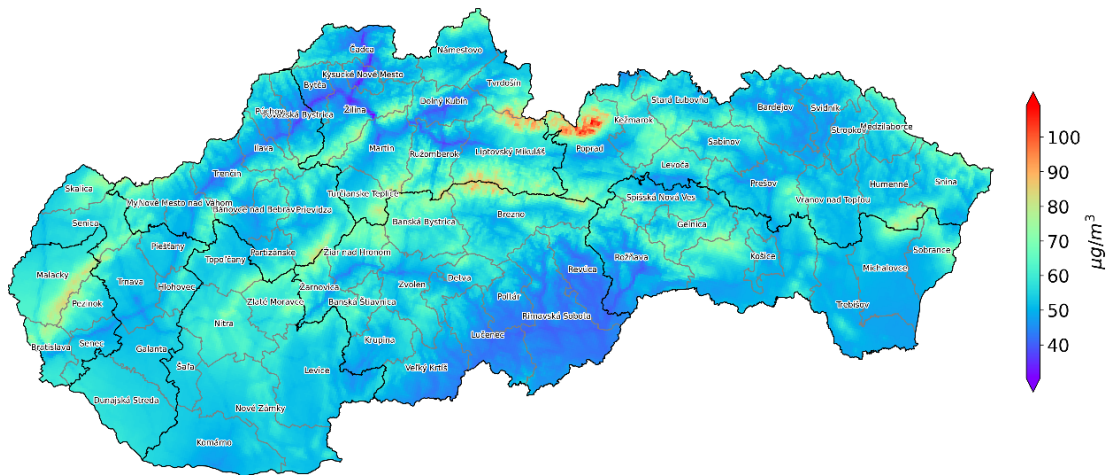


¹⁶ <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>

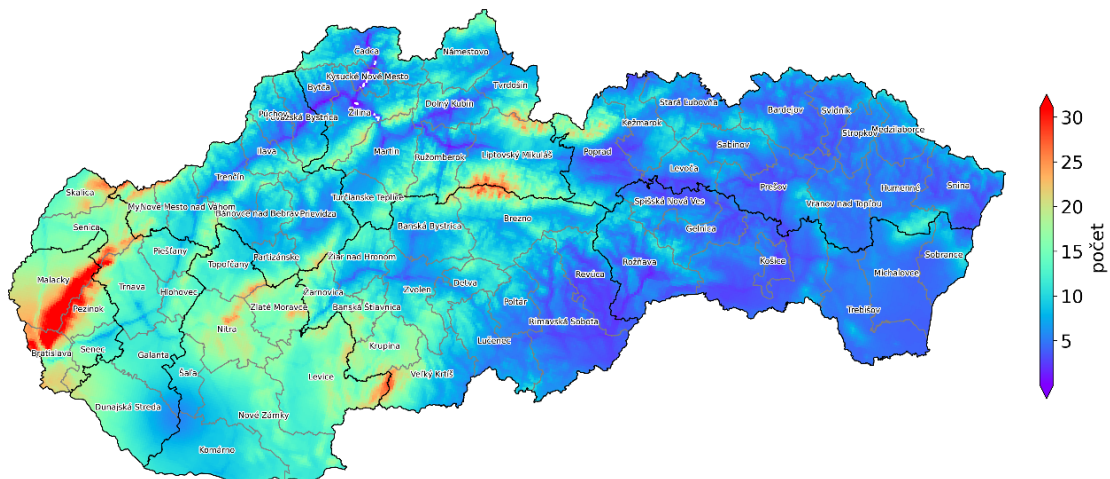
■ Modelovanie ozónu

Priestorové rozloženie koncentrácií ozónu na Slovensku bolo vypočítané modelom RIO, pričom ako pomocné priestorové polia boli použité výstupy z modelu AtmoStreet pre rok 2022 (18,3%), ktorý uvažoval len emisie z dopravy; nadmorská výška (53,8%), ventilačný index (28%). Po následnej úprave vypočítaných koncentrácií metódou IDW-R a porovnaní s meraniami dostávame $RMSE = 0,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $BIAS = 0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. 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 2020–2022. (Tento priemerný počet dní nemôže prekročiť hodnotu 25). Z obrázku vidíme, že viac ako 25 prekročení v priemere za obdobie 2020–2022 majú vysoko položené horské oblasti a oblasti na západnom Slovensku. Obr. 4.7 zachytáva priemerné hodnoty AOT40 pre ochranu vegetácie za obdobie 2018–2022 (podľa Vyhlášky MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov). Cieľová hodnota 18 000 sa taktiež prekračuje vo vysokohorských polohách a na západnom Slovensku.

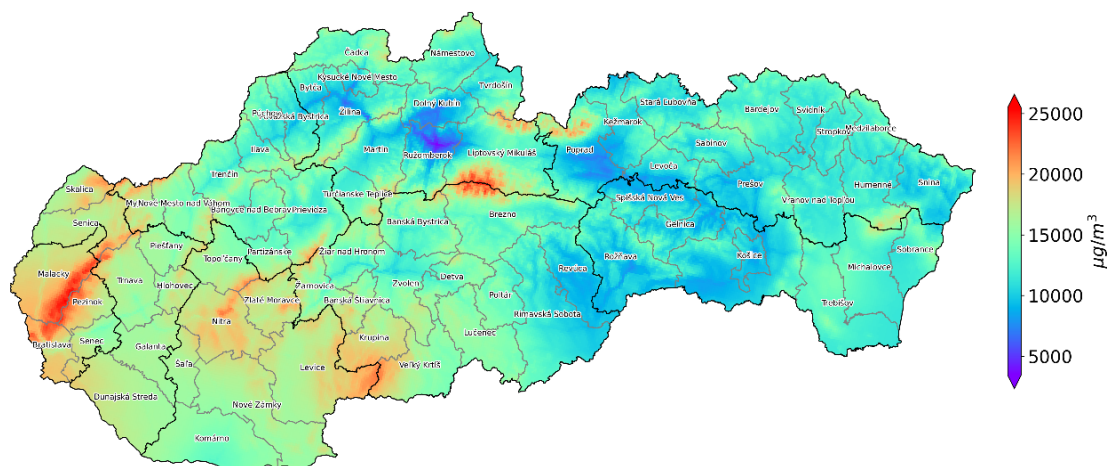
Obr. 4.5 Priemerné ročné koncentrácie ozónu [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2022.



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 2020 – 2022).



Obr. 4.7 Priemerné hodnoty AOT40 za obdobie piatich rokov (2018 – 2022).



Priemerné ročné koncentrácie prízemného ozónu vo všeobecnosti narastajú s nadmorskou výškou, čo je spôsobené prenikaním stratosférického ozónu do vrchných vrstiev troposféry. V roku 2022, 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 prekursorov 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 prekursorov 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.

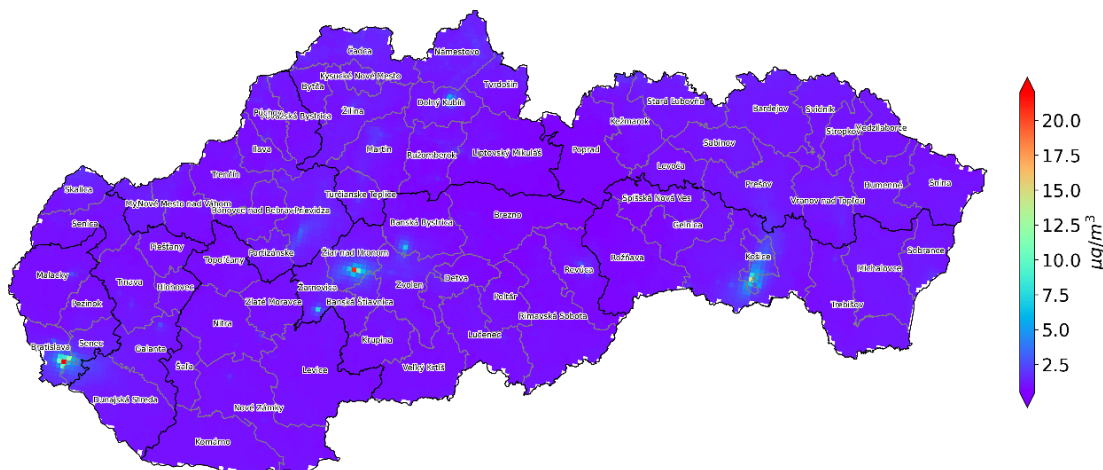
Najdôležitejšími emisiami SO₂ sú výškové zdroje (komíny priemyselných alebo energetických prevádzok). Tieto zdroje boli pre územie SR získané z databázy NEIS (Národný emisný informačný systém). Do výpočtu boli zahrnuté emisie SO₂ z veľkých a stredných zdrojov evidovaných v databáze NEIS. Najvýznamnejšie zdroje SO₂ sú U. S. Steel Košice, s.r.o., SLOVNAFT, a.s. (Bratislava), Slovalco, a.s. (Žiar nad Hronom) a Slovenské elektrárne, a.s. (elektrárň Nováky). Podľa predbežných údajov emisie SO₂ registrované v databáze NEIS v roku 2022 oproti roku 2021 poklesli, a to najmä z dôvodu energetickej krízy a následnému utlmeniu výroby. Napríklad ročné emisie SO₂ z výroby hliníka (Slovalco, a.s.) poklesli viac ako dvojnásobne. 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 III¹⁷. Ďalšou potrebnou charakteristikou sú zmeny emisií počas roka, ktoré boli určené na základe charakteru a typu zdroja (celoročná prevádzka, sezónna prevádzka,

¹⁷ 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>

energetika, lokálne vykurovanie atď.). Tieto zmeny sú však v prípade veľkých zdrojov často náhle a veľké, a nedajú sa s potrebnou presnosťou spätne zrekonštruovať, čo prispieva k zdrojom neurčitosti v modelovaných koncentráciách.

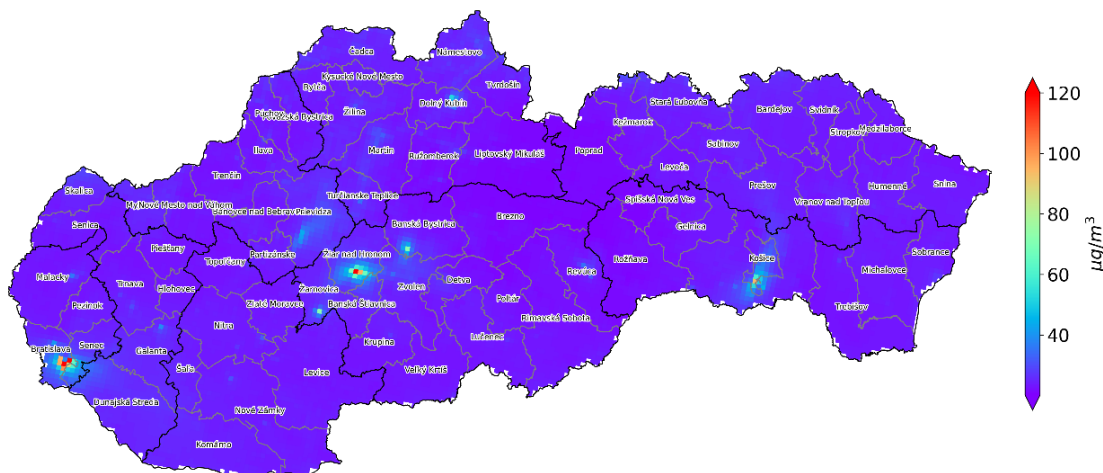
Namerané priemerné ročné koncentrácie SO₂ sú v posledných rokoch nízke. Zdá sa, že pri takýchto nízkych hodnotách sme dosiahli úroveň senzitivity meracích zariadení (analyzátorov) SO₂, preto v prípade priemerných ročných koncentrácií SO₂ model nekalibrujeme na hodnoty nameraných koncentrácií. Na výslednej 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 2022.



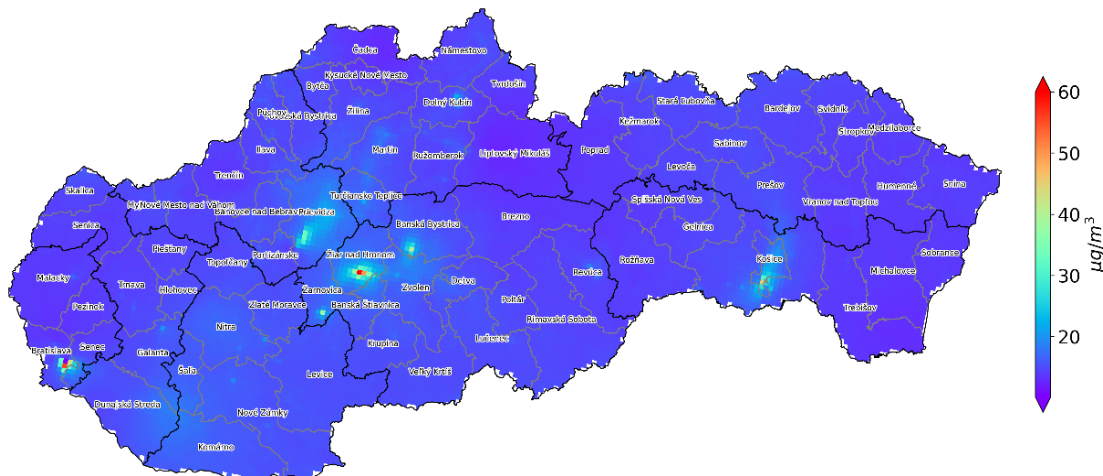
Priemerné hodinové koncentrácie SO₂ by nemali prekročiť 350 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ viac ako 24-krát v kalendárnom roku. Preto sa počíta 99,7 percentil z hodinových hodnôt (tento percentil zodpovedá zhruba 25. najvyššej hodinovej koncentrácii). Zaujímavosťou je, že v prípade 99,7 hodinového percentilu nám výsledky z meraní korelujú s modelom CMAQ pomerne dobre ($r=0,75$). Možno sa domnievať, že merania pomerne dobre zachytávajú maximá koncentrácií. 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 2022.



Priemerná denná koncentrácia SO_2 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 2022.



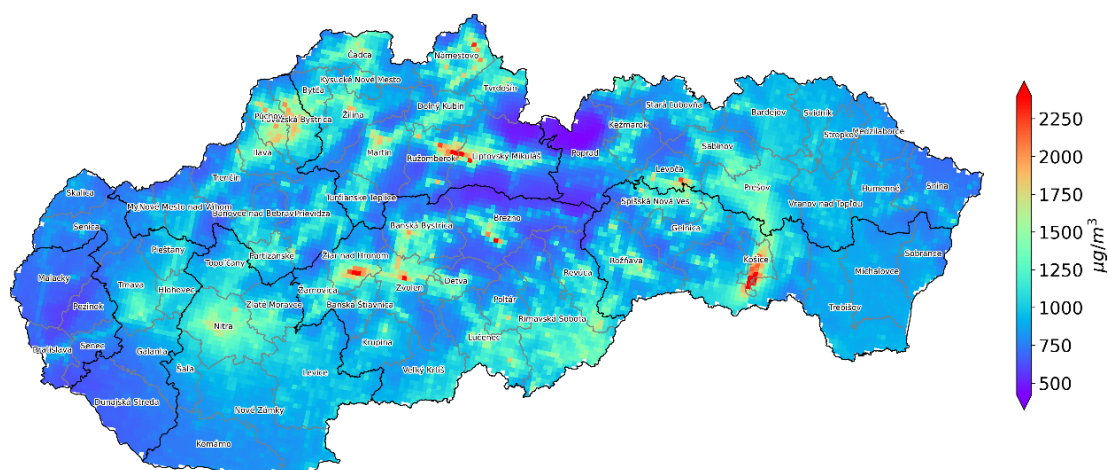
■ Modelovanie CO

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 boli zaradené všetky významné komíny (výfuky) evidované 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 kľzavé koncentrácie CO v roku 2022 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 staniách, je ťažké zistiť skutočnú pozadovú koncentráciu, aj kvôli tomu, že CO je chemicky stabilný a ostáva v atmosfére pomerne dlho. Najnižšia meraná maximálna 8-hodinová kľzavá koncentrácia CO mala hodnotu približne $1000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, preto zobrazujeme spodný interval od 0 do $1000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

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

Obr. 4.11 Maximálne 8-hodinové kízavé koncentrácie CO [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2022.

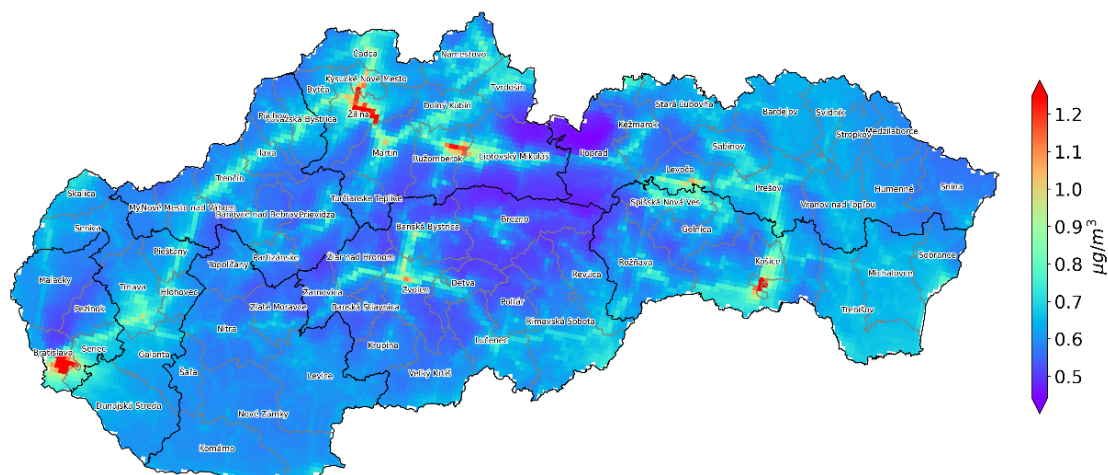


■ Modelovanie benzénu

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 III¹⁸. Priemerné ročné koncentrácie benzénu v roku 2022 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 2022.



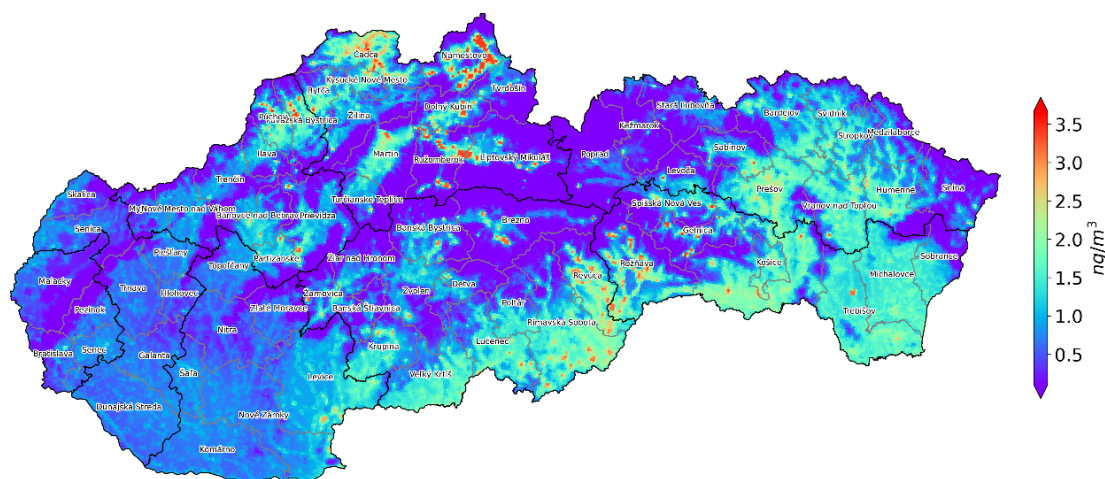
¹⁸ Kuenen, J.J.P., Visschedijk, A.J.H., Jozwicka, M., Denier van der Gon, H.A.C., 2014. TNOMACC_II emission inventory; a multi-year (2003-2009) consistent high-resolution European emission inventory for air quality modelling. *Atmos. Chem. Phys.* 14, 10963–10976. <https://doi.org/10.5194/acp-14-10963-2014>

■ Modelovanie benzo(a)pyrénu

Najvýznamnejším zdrojom emisií benzo(a)pyrénu je podobne ako v prípade $PM_{2,5}$ 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 január¹⁹), dosahoval tento podiel viac než 80 %²⁰. 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 2022 tu bola opätovne zaznamenaná najvyššia priemerná ročná koncentrácia benzo(a)pyrénu spomedzi monitorovacích staníc na Slovensku, a to $5,4 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$. Poznamenajme, že táto stanica je tiež v obci s lokálnymi kúreniskami a v blízkosti marginalizovanej rómskej komunity. 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 2022 dosiahla na tejto stanici hodnotu $2,7 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$, pričom cieľová hodnota je $1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$. Rovnako vysoká hodnota bola dosiahnutá aj na stanici Žarnovica, Dolná.

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 neurčitou v priestorovom a časovom rozložení emisií a situáciu komplikujú aj zložité chemické reakcie, ktoré sú ešte stále predmetom výskumu²¹. 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 $RMSE = 0,2 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ a $BIAS = 0,01 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$. Limitná hodnota priemernej ročnej koncentrácie benzo(a)pyrénu $1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ bola prekročená na mnohých meracích miestach. Najnižšie koncentrácie sú na vidieckych pozadových staniciach 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 [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2022.



¹⁹ <http://www.shmu.sk/sk/?page=1613&id=>

²⁰ <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

²¹ Fernández, Israel. (2020). Understanding the reactivity of polycyclic aromatic hydrocarbons and related compounds. *Chemical Science*. 11. 10.1039/D0SC00222D.

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 zastavaných oblastí, pretože tieto zdroje sa nachádzajú v malej výške nad zemským povrchom a spôsobujú obvyčajne 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 2022 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.

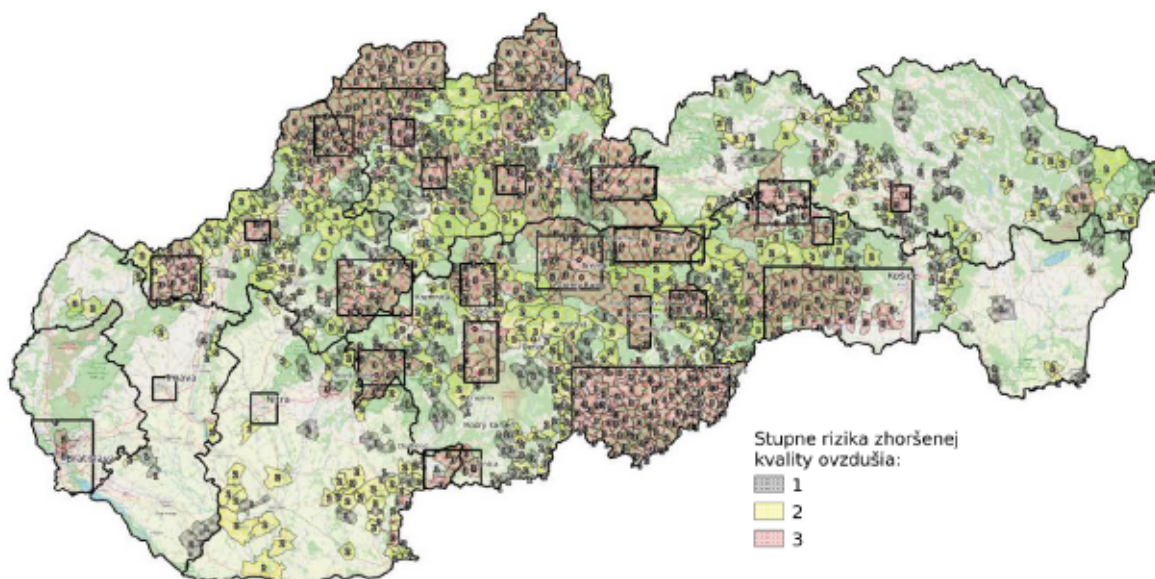
5.1 NÁVRH VYMEDZENIA OBLASTÍ RIADENIA KVALITY OVZDUŠIA V ROKU 2023

Úlohou SHMÚ je na základe hodnotenia kvality ovzdušia v zónach a aglomeráciách v rokoch 2020–2022, podľa § 8 ods. 3 Zákona č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov navrhnúť aktualizáciu vymedzenia oblastí riadenia kvality ovzdušia SR na rok 2022.

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 krajiny meraním. Metodika na určenie obcí ohrozených zhoršenou kvalitou ovzdušia z vykurovania domácností, ktorá vychádza z článku *Stanovenie rizikových oblastí kvality ovzdušia ohrozených časticami PM₁₀ z lokálneho vykurovania na Slovensku*²², bola navrhnutá v roku 2021 a aktualizovaná v roku 2022²³.

V roku 2023 bola navrhnutá súčasná Metóda integrovaného posúdenia obcí²⁴, ktorá zahŕňa mieru vykurovania domácností tuhým palivom, vplyv zhoršených rozptylových podmienok z krátkodobého aj dlhodobého hľadiska, výsledky chemicko-transportného modelu CMAQ, interpolačného modelu RIO a výsledky modelovania s vysokým rozlíšením modelom CALPUFF na vybraných doménach s predpokladom zhoršenej kvality ovzdušia (Obr. 5.1).

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



²² 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 na <http://www.shmu.sk/sk/?page=31>, posledný prístup 3.8.21.

²³ D. Štefánik: *Určenie rizikových obcí s kvalitou ovzdušia ohrozenou lokálnym vykurovaním a zhoršenými rozptylovými podmienkami*. SHMÚ, Bratislava, október 2022, dostupné na https://www.shmu.sk/file/oko/studie_analyzy/Popis%20met%C3%B3dy%20na%20ur%C4%8Denie%20rizikov%C3%BDch%20oblast%C3%AD.pdf

²⁴ Štefánik, D., Krajčovičová, J.: *Metóda integrovaného posúdenia obcí vzhľadom na riziko nepriaznivej kvality ovzdušia*, Slovenský hydrometeorologický ústav, 2023.

Obciam sú na základe zhodnotenia spomínaných podkladov podľa aktuálnej metodiky priradené rizikové stupne od 0 do 3, pričom rizikový stupeň 3 označuje najväčšie 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.

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.

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

Zoznam rizikových obcí sa bude aktualizovať, keď dôjde 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. Podobne môže prísť, ak to bude potrebné, aj k aktualizácii metodiky samotnej.

5.2 ZHRNUTIE

Do hodnotenia kvality ovzdušia v roku 2022 zahrňame aj výsledky monitoringu na 14 nových monitorovacích lokalitách, ktoré boli zriadené v rámci projektu Skvalitnenie Národnej monitorovacej siete. Ide o lokality **Lučenec, Žarnovica, Pezinok, Senec, Trebišov, Komárno, Plášťovce, Poprad, Bardejov, Púchov, Sered', Oščadnica, Liptovský Mikuláš a Bratislava (Púchovská ulica)**.

Monitoring na týchto staniciach začal v priebehu roku 2021, čím sa zlepšilo pokrytie územia údajmi z monitoringu. Vzhľadom na členitosť terénu je však potrebné doplniť informácie o kvalite ovzdušia pomocou modelovania. Pomocou [Metódy integrovaného posúdenia](#) boli obciam priradené rizikové stupne, ktoré charakterizujú mieru ohrozenia zhoršenou kvalitou ovzdušia. Zoznam obcí bol zverejnený na [internetovej stránke SHMÚ](#).

V roku 2022, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, zotrval na Slovensku problém s vysokými hodnotami PM₁₀, PM_{2,5} a najmä benzo(a)pyrénu. Limitná hodnota pre priemernú dennú koncentráciu PM₁₀ a priemernú ročnú koncentráciu PM_{2,5} bola prekročená na monitorovacích staniciach Jelšava, Jesenského; Veľká Ida, Letná a na novej stanici Plášťovce.

Najväčšie hodnoty PM boli namerané v priebehu januára na viacerých staniciach *stredného a východného* Slovenska, čo bolo pravdepodobne zapríčinené nižšou teplotou v tejto oblasti a vyššími nárokmi na vykurovanie.

Cieľová hodnota pre benzo(a)pyrén bola prekročená na AMS Veľká Ida, Letná; Jelšava, Jesenského; Žarnovica, Dolná; Oščadnica; Plášťovce; Krompachy, SNP; Ružomberok, Riadok; Púchov, 1. mája; Žilina, Obežná a Banská Bystrica, Štefánikovo nábregie.

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
BAPMoN	The Background Air Pollution Monitoring Network – sieť monitorovania požadového 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
NMVOG	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 - 2022
Príloha B	Koncentrácie znečisťujúcich látok z kontinuálnych meraní v sieti NMSKO - 2022
Príloha C	Meteorologické parametre súvisiace s kvalitou ovzdušia - 2022
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