

2024

SPRÁVA O KVALITE OVZDUŠIA
V SLOVENSKEJ REPUBLIKE



Slovenský hydrometeorologický ústav
Úsek Emisie a kvalita ovzdušia
Jeséniova 17, 833 15 Bratislava

Garant a koordinátor: Veronika Mináriková
Redaktori: Jana Matejovičová, Veronika Mináriková, Katarína Belohorcová
Grafická úprava a spracovanie: Veronika Mináriková
Titulná fotografia: Jana Krajčovičová

AUTORI:

- 1. KAPITOLA** J. Matejovičová, D. Štefánik, J. Krajčovičová, M. Mladý
- 2. KAPITOLA** V. Mináriková, M. Mladý, V. Nemček, B. Paveleková,
- 3. KAPITOLA** J. Matejovičová, V. Mináriková, B. Paveleková,
- 4. KAPITOLA** D. Štefánik, J. Beňo, J. Krajčovičová, J. Matejovičová, G. Szabo
- 5. KAPITOLA** J. Krajčovičová, J. Matejovičová, D. Štefánik, J. Beňo

Prílohy A, B, C: J. Matejovičová, K. Belohorcová, J. Beňo, D. Štefánik, V. Mináriková,

Analýzy vzoriek ovzdušia a atmosférických zrážok boli realizované v **Skúšobnom laboratóriu SHMÚ**.
Text neprešiel jazykovou korektúrou.

ISSN 2730-0927

Bratislava, jún 2025, Verzia 1

■ OBSAH

PREDHOVOR.....	5
ZHRNUTIE PRE LAICKÚ VEREJNOSŤ.....	7
1 POPIS ÚZEMIA SR Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA	15
1.1 Rozdelenie územia do aglomerácií a zón v roku 2024	16
2 MONITOROVACIA SIEŤ KVALITY OVZDUŠIA	19
2.1 Zhodnotenie rozsahu monitorovania pre jednotlivé znečisťujúce látky	23
3 ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V AGLOMERÁCIÁCH A ZÓNACH SLOVENSKA.....	27
3.1 Úvod	27
3.2 Kritériá na hodnotenie kvality ovzdušia	28
3.3 Výsledky monitorovania kvality ovzdušia – lokálne znečistenie ovzdušia	30
3.4 Regionálny monitoring.....	47
4 VÝSLEDKY MATEMATICKÉHO MODELOVANIA KVALITY OVZDUŠIA	53
4.1 Stručná charakteristika použitých modelov.....	53
4.2 Výsledky a výstupy.....	54
4.3 Záver.....	63
5 HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA – ZÁVER	65
5.1 Návrh vymedzenia oblastí riadenia kvality ovzdušia v roku 2025	65
5.2 Zhrnutie	66
SKRATKY	67
ZOZNAM PRÍLOH	69



■ PREDHOVOR

Každý deň nám pripomína, že ovzdušie je najzraniteľnejším prostredím, ktorému sme neustále vystavení. Znečistené ovzdušie patrí medzi najzávažnejšie environmentálne riziká pre ľudské zdravie a je hlavným environmentálnym faktorom predčasných úmrtí. Podľa údajov Svetovej zdravotníckej organizácie má dlhodobé vystavenie znečistenému ovzdušiu na svedomí milióny predčasných úmrtí ročne na celom svete. Znečistenie ovzdušia neohrozuje len ľudí so zníženou imunitou, ale aj zdravú populáciu, deti, seniorov či osoby s chronickými ochoreniami dýchacích ciest a kardiovaskulárneho systému.

Kvalitu ovzdušia v roku 2024 negatívne ovplyvnili viaceré nepriaznivé javy. Na jar to bola výrazná epizóda saharského prachu, ktorá počas niekoľkých marcových a aprílových dní spôsobila výrazný nárast koncentrácií PM₁₀, vysoko nad dlhodobý priemer. Hoci išlo o prach prírodného pôvodu, mnohé osoby mohli zaznamenať podráždenie dýchacích ciest alebo zhoršenie chronických ochorení.

Letné mesiace priniesli dlhotrvajúce obdobie anticyklonálneho počasia s nadpriemernými teplotami, minimom zrážok a slabým vetrom. Tieto podmienky podporovali akumuláciu sekundárnych aerosolových častíc v atmosfére. V kombinácii s globálnym otepľovaním a predlžujúcimi sa obdobiami sucha dochádzalo k nedostatočnému vyplavovaniu znečisťujúcich látok z ovzdušia. Vysoké teploty zároveň stimulovali emisie biogénnych prchavých organických zlúčenín z vegetácie, ktoré po oxidácii v ovzduší prispievali k tvorbe sekundárnych organických zlúčenín. Tuhé častice biogénneho pôvodu tak predstavovali významné riziko, najmä pre osoby trpiace alergiami.

Jeseň bola charakteristická častým výskytom teplotných inverzií, počas ktorých sa znečisťujúce látky hromadili v prízemných vrstvách atmosféry. Koncentrácie PM₁₀ na viacerých monitorovacích staniciach prekračovali informačné prahy. V tomto období boli výrazne zasiahnuté aj regióny západného Slovenska, ktoré inak zvyčajne profitujú z priaznivejších rozptylových podmienok.

Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ) prevádzkuje 52 automatických monitorovacích staníc Národnej monitorovacej siete kvality ovzdušia, ktoré umožňujú detailné a kontinuálne sledovanie vývoja kvality ovzdušia v čase a priestore. Dôležitým nástrojom je numerické modelovanie kvality ovzdušia na vysokovýkonnom superpočítači, ktoré zabezpečuje pokrytie oblastí bez priameho merania a podporuje interpretáciu výsledkov monitoringu.

Tohtoročná Správa o kvalite ovzdušia v Slovenskej republike sumarizuje výsledky merania a modelovania, hodnotí rizikové oblasti a obdobia a prináša návrhy na vymedzenie oblastí riadenia kvality ovzdušia pre rok 2025. Ukazuje, že aj keď sú dlhodobé trendy v niektorých oblastiach priaznivé, jednotlivé epizódy a meteorologické výkyvy môžu rýchlo zmeniť celkový obraz. Pripomína, že kvalita ovzdušia je dynamická a zraniteľná – a jej ochrana si vyžaduje neustálu pozornosť a spoluprácu všetkých zainteresovaných strán.

Veronika Mináriková
úsek Emisie a kvalita ovzdušia
Slovenský hydrometeorologický ústav

ZHRNUTIE PRE LAICKÚ VEREJNOSŤ

■ Sledovanie kvality ovzdušia

Kvalita ovzdušia závisí od kombinácie viacerých faktorov – **miestnych emisií, meteorologických podmienok a diaľkového prenosu znečisťujúcich látok**. Na jej objektívne hodnotenie je nevyhnutné nielen systematické meranie koncentrácií znečisťujúcich látok, ale aj modelové simulácie, ktoré pomáhajú doplniť informácie o priestorovom rozložení koncentrácií v oblastiach bez priameho merania.

Emisie vypúšťané do ovzdušia z rôznych zdrojov sa v atmosfére rozptyľujú a dokážu sa prenášať vetrom na veľké vzdialenosti. Pri tomto prenose podliehajú chemickým premenám a pôsobením gravitačnej sily postupne sedimentujú na zemský povrch, či vegetáciu.

Zrážky, ako dážď alebo sneh, predstavujú účinný mechanizmus odstraňovania znečisťujúcich látok z ovzdušia. Počas zrážkovej činnosti dochádza k tzv. mokrej depozícii, pri ktorej sa emisie viažu na kvapky vody a sú následne prenesené na zemský povrch. Tento proces významne prispieva k znižovaniu koncentrácií niektorých znečisťujúcich látok v atmosfére.

Na monitorovacích staniciach zaznamenávame koncentrácie znečisťujúcich látok, ktoré charakterizujú kvalitu ovzdušia v danej lokalite. Meranie koncentrácií týchto látok v ovzduší uskutočňuje Slovenský hydrometeorologický ústav na staniciach **Národnej monitorovacej siete kvality ovzdušia (NMSKO)**. Na Obr. 1 sú zobrazené tri základné typy automatických monitorovacích staníc (AMS):

- *mestská dopravná stanica,*
- *mestská pozadová stanica,*
- *vidiecka (regionálna) pozadová stanica.*

Na viacerých AMS sa okrem kvality ovzdušia sleduje aj chemické zloženie atmosférických zrážok. V oblastiach, kde sa nenachádzajú monitorovacie stanice, sa používa na určenie koncentrácií znečisťujúcich látok v atmosfére matematické modelovanie.

Obr. 1 Základné typy automatických monitorovacích staníc Národnej monitorovacej siete kvality



Bratislava, Mamateyova

- **Mestská pozadová stanica**
Monitoruje kvalitu ovzdušia v mestskom pozadí, poskytuje údaje o priemernej expozícii obyvateľstva znečisťujúcim látkam v bežnom mestskom prostredí, mimo bezprostredného vplyvu hlavných emisií z dopravy či priemyslu.



Nitra, Štúrova

- **Mestská dopravná stanica**
Monitoruje úroveň znečistenia ovzdušia v tesnej blízkosti rušných komunikácií, kde sú koncentrácie znečisťujúcich látok výrazne ovplyvnené emisiami z cestnej dopravy. Poskytuje údaje o maximálnej expozícii obyvateľov žijúcich alebo pohybujúcich sa v týchto lokalitách.



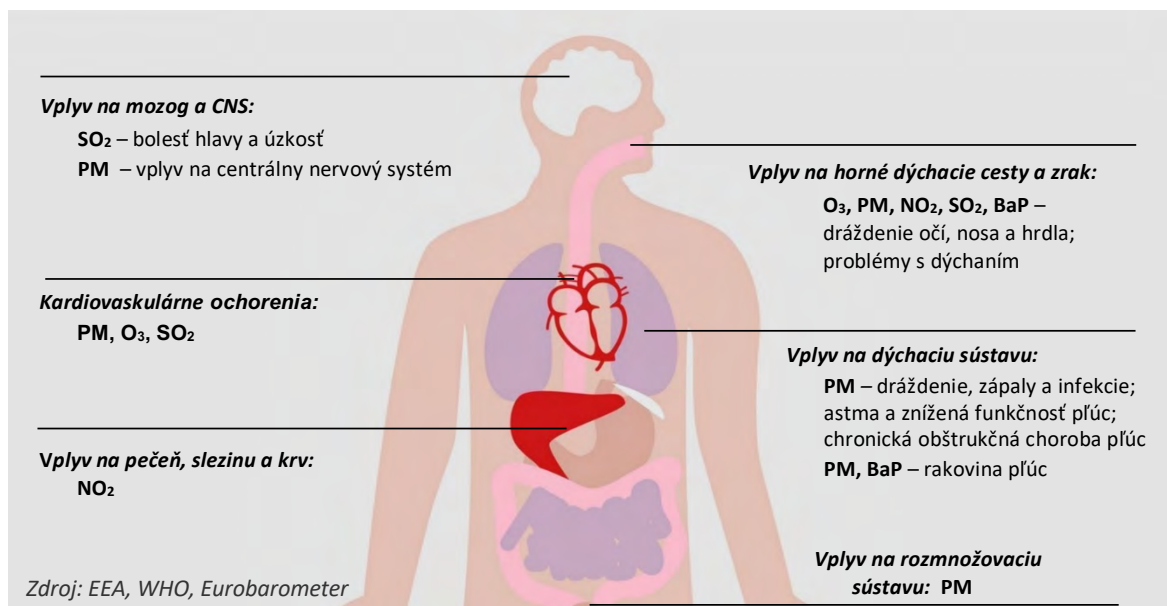
Stará Lesná, EMEP

- **Vidiecka (regionálna) pozadová stanica**
Monitoruje úroveň znečistenia ovzdušia mimo dosahu priamych miestnych zdrojov, najmä vo vidieckom alebo prírodnom prostredí. Poskytuje údaje o regionálnom pozadí a diaľkovom prenose znečisťujúcich látok.

Sledované znečisťujúce látky, ktorých monitorovanie predpisuje legislatíva, majú preukázané nepriaznivé účinky na ľudské zdravie a vegetáciu. Chemické látky, ktoré sa v atmosfére nachádzajú, môžu navyše vstupovať do reakcií, pri ktorých vznikajú ďalšie, často toxickéjšie zlúčeniny. Z tohto dôvodu je nevyhnutné pravidelné meranie ich koncentrácií v ovzduší.

Znečistenie ovzdušia neovplyvňuje všetkých ľudí rovnako – medzi najzraniteľnejšie skupiny patria starší a chronicky chorí ľudia, tehotné ženy a malé deti (**Obr. 2**).

Obr. 2 Vplyv znečistenia ovzdušia na ľudské zdravie.



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

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

PM₁₀, PM_{2,5}	sú drobné častice alebo kvapôčky s aerodynamickým priemerom menším ako 10 μm , resp. 2,5 μm . Označenie PM pochádza z anglického <i>particulate matter</i> , zahŕňa však tuhú aj kvapalnú fázu. PM _{2,5} sa nazýva jemnou veľkostnou frakciou. PM rozptýlené v ovzduší tvoria atmosférický aerosól.
Zdravotné účinky	Čím sú častice menšie, tým hlbšie prenikajú do dýchacej sústavy. Zdravotné účinky závisia nielen od veľkosti, ale aj od chemického zloženia častíc. Dlhodobá expozícia môže mať negatívne účinky na dýchací a kardiovaskulárny systém.
Hlavné zdroje	Častice PM ₁₀ a PM _{2,5} pochádzajú z rôznych zdrojov – prírodných (napr. pôdny prach) aj antropogénnych, teda vyvolaných ľudskou činnosťou (doprava, priemysel, vykurovanie). Najvýznamnejším zdrojom týchto častíc na Slovensku je vykurovanie domácností tuhými palivami, ktoré výrazne zhoršuje kvalitu ovzdušia, najmä v zimnom období. Problém ešte zhoršujú nepriaznivé rozptylové podmienky, najmä teplotné inverzie v horských a kotlinových oblastiach, ktoré bránia rozptýleniu znečistenia a spôsobujú jeho hromadenie pri zemi.

Benzo(a)pyrén (BaP)	patrí do skupiny polycyklických aromatických uhľovodíkov. Vzniká pri nedokonalom spaľovaní, je súčasťou jemnej frakcie atmosférického aerosólu. Významným zdrojom expozície obyvateľstva je aj fajčenie.
<i>Zdravotné účinky</i>	Benzo(a)pyrén má karcinogénne a mutagénne účinky.
<i>Hlavné zdroje</i>	Najvýznamnejším zdrojom emisií BaP je vykurovanie domácností tuhým palivom (viď PM), ďalej cestná doprava; z veľkých zdrojov znečisťovania benzo(a)pyrénom je významná výroba koksu.
Ozón (O₃)	je trojatómová molekula kyslíka. Kým stratosférický ozón plní dôležitú úlohu ochrany pred škodlivým ultrafialovým žiarením slnka, troposférický (prízemný) ozón má nepriaznivý vplyv na ľudské zdravie, vegetáciu, architektonické stavby, a preto je zaradený medzi znečisťujúce látky.
<i>Zdravotné účinky</i>	Môže spôsobiť dráždenie očí, dýchacie ťažkosti, pri dlhodobej expozícii môže viesť k zápalovým ochoreniam dýchacích ciest a pri vysokých koncentráciách aj k chronickej obštrukčnej chorobe pľúc.
<i>Hlavné zdroje</i>	Ozón v atmosfére vzniká pri fotochemických reakciách z prekursorov, ktorými sú oxidy dusíka, CO a prchavé organické uhľovodíky. Prenos z vyšších vrstiev atmosféry je významný najmä vo vyšších horských polohách.
Ťažké kovy	Definícia tejto skupiny látok v kontexte ochrany životného prostredia vychádza z hustoty látky a z vplyvu na živé organizmy, preto je do tejto skupiny zaradený polokov arzén. V ovzduší sa sledujú koncentrácie olova, kadmia, niklu, arzénu a ortuti . Na vidieckych (regionálnych) pozadových monitorovacích staniciach sa monitorujú tiež zinok, chróm, meď a sú sledované vo ovzduší aj v zrážkach. Ťažké kovy sú prevažne súčasťou jemnej veľkostnej frakcie atmosférického aerosólu.
<i>Zdravotné účinky</i>	Najvýznamnejšou cestou, akou sa ťažké kovy dostávajú do ľudského organizmu, je príjem potravy, zatiaľ čo inhalácia predstavuje menej častú, no relevantnú formu expozície. Majú schopnosť bioakumulácie – teda hromadenia sa v ľudskom tele. Dlhodobá expozícia týmito látkami môže viesť k závažným chronickým zdravotným poruchám, ako sú: ▪ Neurotoxické účinky – najmä olovo, ktoré poškodzuje nervový systém, najzávažnejšie u detí, ▪ Nefrotoxické účinky – ortuť, kadmium a olovo môžu negatívne ovplyvniť funkciu obličiek, ▪ Karcinogenita – nikel, kadmium a arzén sú klasifikované ako preukázané karcinogény, ▪ Respiračné poškodenie – arzén sa spája so zápalovými zmenami v dýchacích cestách a chronickými ochoreniami pľúc.
<i>Hlavné zdroje</i>	Metalurgia, v menšej miere energetika a vykurovanie domácností uhlím.
Benzén (C₆H₆)	patrí medzi prchavé organické látky. Za normálnych podmienok je v kvapalnom stave, nemieša sa s vodou a má charakteristický zápach.
<i>Zdravotné účinky</i>	Benzén je karcinogénna látka.
<i>Hlavné zdroje</i>	Cestná doprava, petrochemický priemysel.

Oxid siričitý (SO ₂)	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.
<i>Zdravotné účinky</i>	Zabraňuje prístupu kyslíka do krvi. Chronické účinky – dlhodobá expozícia môže spôsobiť poškodenie tkanív, obzvlášť ohrozené sú osoby trpiace kardiovaskulárnymi chorobami
<i>Hlavné zdroje</i>	Cestná doprava a spaľovacie procesy v priemysle a energetike.

■ Vyhodnotenie koncentrácií monitorovaných znečisťujúcich látok v roku 2024

Nasledujúci súhrn popisuje výsledky monitorovania kvality ovzdušia v roku 2024. Doplnujúce údaje v priestorovom rozdelení znečisťujúcich látok získané pomocou matematického modelovania sú uvedené spolu s komentárom v kapitole **č. 4** a v prílohách.

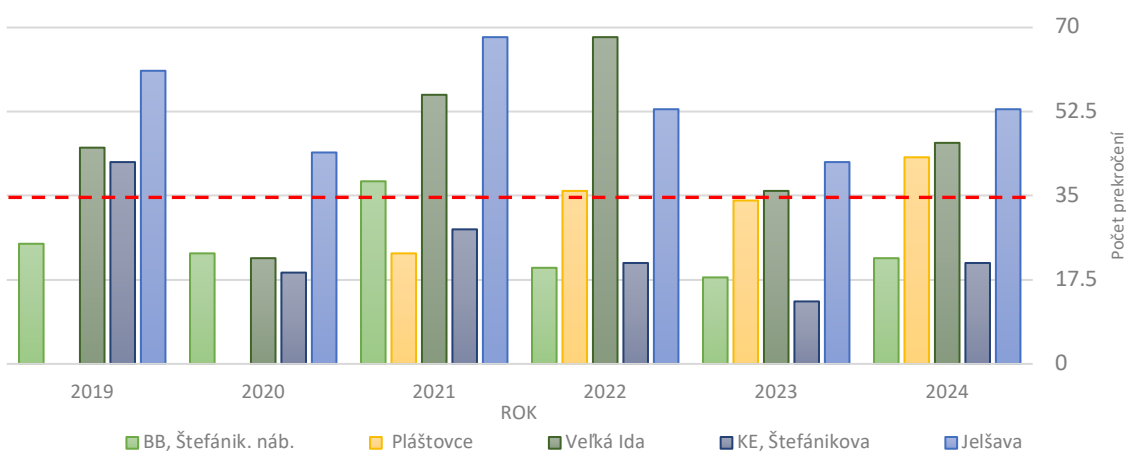
PM₁₀

Priemerné ročné hodnoty • V roku 2024, 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 hodínové koncentrácie sa v roku 2024 vyskytlo na troch automatických monitorovacích staniciach (AMS):

- **Veľká Ida**
- **Plášťovce**
- **Jelšava**

Obr. 3 Dlhodobý vývoj prekročení denného limitu PM₁₀: vybrané lokality (2019–2024).



Vo Veľkej Ide je významným zdrojom znečisťovania ovzdušia priemyselný zdroj, pričom počas zimných mesiacov sa negatívne prejavuje aj vplyv vykurovania domácností. K znečisteniu ovzdušia istou mierou prispieva aj manipulácia s nákladom na železničnej trati v blízkosti monitorovacej stanice. V Jelšave sa významne na znečistení ovzdušia podieľa vykurovanie domácností tuhým palivom, pričom blízky priemyselný zdroj tu zohráva pravdepodobne menšiu úlohu.

PM_{2,5} • V roku 2024 bola prekročená limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu PM_{2,5} na **AMS Plášťovce** – **22 µg·m⁻³**. Hodnota na dvoch AMS (Veľká Ida, Letná; Jelšava, Jesenského) dosiahla limitnú hodnotu 20 µg·m⁻³.

BaP • Benzo(a)pyrén a ďalšie polycyklické aromatické uhľovodíky boli v roku 2024 monitorované na 21 AMS. Cieľová hodnota pre ročnú priemernú koncentráciu BaP bola prekročená na 9 z nich, konkrétne na nasledovných lokalitách: **Veľká Ida, Letná; Jelšava, Jesenského; Krompachy, SNP; Ružomberok, Riadok; Ošadnica; Púchov, 1. mája; Žarnovica, Dolná; Žilina, Obežná; Plášťovce** (< 90 % platných meraní).

Na väčšine týchto lokalít je hlavným zdrojom znečistenia vykurovanie domácností tuhými palivami. Výnimkou je Veľká Ida, kde má významný podiel na znečistení priemyselný areál s výrobou koksu.

SO₂ • V roku 2024 nebola prekročená limitná hodnota pre SO₂. Denné aj hodinové koncentrácie SO₂ sú pod dolnou medzou na hodnotenie znečistenia ovzdušia.

NO₂ • V roku 2024 nebola prekročená limitná hodnota pre NO₂. Hodinové koncentrácie NO₂ dlhodobo neprekračujú limitnú hodnotu. Prekročenie limitnej hodnoty pre priemernú ročnú koncentráciu NO₂ bolo naposledy namerané v roku 2018 v Prešove a v Bratislave na Trnavskom Mýte.

CO • Na žiadnej z monitorovacích staníc na Slovensku nebola v roku 2024 prekročená limitná hodnota pre CO, pričom úroveň znečistenia ovzdušia za predchádzajúce obdobie rokov 2012 – 2023 je pod dolnou medzou na hodnotenie znečistenia ovzdušia, koncentrácie CO sú teda dlhodobo výrazne pod limitnou hodnotou.

Benzén • Hodnoty priemerných ročných koncentrácií sú pod dolnou medzou na hodnotenie znečistenia ovzdušia.

Ozón • Cieľovú hodnotu prízemného ozónu prekročili v roku 2024 merania na dvoch staniciach: Bratislava, Jeséniova a Chopok.

Pb, As, Ni, Cd • Limitná hodnota (pre Pb), resp. cieľová hodnota (pre As, Cd, Ni) neboli v roku 2024 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 zimnom období z dôvodu zvýšenej potreby vykurovania domácností v oblastiach, kde je dominantným spôsobom vykurovania tuhé palivo a častý výskyt nepriaznivej rozptylovej situácie. Bolo vydaných 14 oznámení o vzniku smogovej situácie pre PM₁₀ a 2 upozornenia pre O₃. Nebola vydaná žiadna výstraha pred závažnou smogovou situáciou.

Výstraha pred závažnou smogovou situáciou pre **SO₂** a **NO₂** nebola na Slovensku vydaná už viac ako 7 rokov.

■ Kvalita ovzdušia v okolitých krajinách

Problémy s kvalitou ovzdušia v európskych krajinách sú podobné ako u nás, pričom koncentrácie základných znečisťujúcich látok (najmä tuhých 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 sú, podobne ako na Slovensku, v súvislosti s vykurovaním domácností tuhým palivom merané vysoké koncentrácie benzo(a)pyrénu. Vysoké hodnoty O₃ zaznamenávajú najmä krajiny južnej Európy.

■ **Čo môže verejnosť urobiť pre lepšie ovzdušie a svoje zdravie?**

Znečistenie ovzdušia ovplyvňuje nás všetkých – každý malý krok sa počíta. Tu je niekoľko praktických tipov, ako môžete prispieť:

Doprava:

- Uprednostnite **verejnú dopravu** pred osobným autom.
- Ak môžete, **choďte pešo alebo na bicykli** – je to zdravé a bez emisií.
- Vyhýbajte sa jazde počas **dopravnej špičky**.
- Zvoľte si **nízko emisné vozidlá** – napr. elektrické alebo hybridné.
- Skúste **zdieľať auto** – menej áut znamená čistejší vzduch.

Týmito opatreniami znížime emisie: Oxidy dusíka (NO_x); tuhé častice PM₁₀, PM_{2.5}; Oxid uhoľnatý CO; benzén a ďalšie prchavé organické zlúčeniny; oxid uhličitý CO₂

Vykurovanie:

- **Nespaľujte odpad!** Spaľovanie nábytku, okien či lakovaného dreva uvoľňuje toxické látky.
- Vyberajte si **palivo** šetrnejšie k ovzdušiu, najmä v oblastiach s častým výskytom smogových epizód.
- **V prípade vykurovania drevom toto sušte aspoň 1–2 roky** – vlhké palivo produkuje viac znečistenia vrátane karcinogénnych látok.
- Zabezpečte **účinné kúrenie**:
 - pravidelne čistite kotol a komín,
 - prikladajte v menších dávkach,
 - kontrolujte nastavenie vzduchových klapiek.

Týmito opatreniami znížime emisie: tuhé častice PM₁₀, PM_{2.5}; polycyklické aromatické uhľovodíky, ťažké kovy, oxid uhoľnatý CO; organické zlúčeniny.

Ochrana zdravia v čase, keď je vyhlásená smogová situácia:

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

Znečisťujúce látky majú rôzne fyzikálne a chemické vlastnosti, do ovzdušia sú uvoľňované z prírodných zdrojov alebo následkom ľudskej činnosti. Kvalita ovzdušia závisí od viacerých podmienok:

- od množstva emisií,
- priestorového rozloženia zdrojov znečisťovania ovzdušia,
- meteorologických podmienok,
- vlastností okolitého terénu.

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

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

■ Veterné pomery

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

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

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

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

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

Atmosférické zrážky

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

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

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

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

1.1 ROZDELENIE ÚZEMIA DO AGLOMERÁCIÍ A ZÓN V ROKU 2024

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

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

1.1.1 Rozdelenie územia do zón a aglomerácií v roku 2024 pre SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, benzén, polycyklické aromatické uhľovodíky a CO

Slovensko je na účely sledovania a regulácie kvality ovzdušia rozdelené na **zóny** a **aglomerácie**. Zónami sú spravidla jednotlivé kraje, pričom osobitnú kategóriu tvoria mestá s počtom obyvateľov nad 250 000, ktoré sú definované ako aglomerácie. Na Slovensku túto podmienku spĺňajú Bratislava a Košice.

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 kraj¹,
- Košický kraj²,
- Nitriansky kraj,
- Prešovský kraj,
- Trenčiansky kraj,
- Trnavský kraj
- Žilinský kraj

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

¹ nezahŕňa územie Bratislavy

² nezahŕňa územie aglomerácie Košice

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

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

Kraj	Plocha [km ²]	Počet obyvateľov*
Bratislavský kraj	2 053	736 385
Trnavský kraj	4 146	565 900
Trenčiansky kraj	4 502	565 572
Nitriansky kraj	6 344	665 600
Žilinský kraj	6 809	686 063
Banskobystrický kraj	9 454	611 124
Prešovský kraj	8 973	810 008
Košický kraj	6 754	778 799

* Stav k 31. 12. 2024

Zdroj: Štatistický úrad SR

1.1.2 Rozdelenie územia do zón a aglomerácií v roku 2024 pre olovo, arzén, kadmium, nikel ortuť a ozón

Aglomerácia: Aglomerácia Bratislava (územie Bratislavy)

Zóna: Slovensko (nezahrňa aglomeráciu Bratislava)

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

Výskyt troposférického ozónu má regionálny charakter, pričom významnú úlohu zohráva jeho prenos zo stratosféry, ako aj cezhraničný prenos³. **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 prostredníctvom lokálnych opatrení sú náročné.

³ EMEP Status Report 1/2024, Transboundary particulate matter, photo-oxidants, acidifying and eutrophying components
https://emep.int/publ/reports/2024/EMEP_Status_Report_1_2024.pdf

Počiatok monitorovania 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 SO_2 a prašný spád v Bratislave, Košiciach a okolí boli postupne dopĺňané o ďalšie znečisťujúce látky a lokality. Právne predpisy sa časom menili – rozširovali sa sledované látky a sprísňovali limitné hodnoty. Príkladom úpravy je zníženie limitnej hodnoty pre priemernú ročnú koncentráciu $\text{PM}_{2,5}$, ktorá bola od roku 2020 znížená na hodnotu $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (z pôvodných $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Súčasná podoba právnych predpisov v SR je implementáciou legislatívy EÚ.

Dňa 23. októbra 2024 bola schválená Smernica Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2024/2881 o kvalite okolitého ovzdušia a čistejšom ovzduší v Európe s ambicióznymi cieľmi do roku 2030. Táto právna úprava nahradila smernice 2004/107/ES (4) a 2008/50/ES.

Cieľom monitoringu kvality ovzdušia je hodnotenie jeho stavu z hľadiska ochrany zdravia obyvateľstva. Monitorovacie stanice kvality ovzdušia sú umiestnené v oblastiach s vysokou záťažou (priemysel, doprava, vykurovanie domácností), v lokalitách s priemernou expozíciou obyvateľstva a v regionálnych pozadových lokalitách. Regionálne pozadové stanice umožňujú sledovať diaľkový prenos a dlhodobé trendy kvality ovzdušia.

Znečisťujúce látky dokážu v ovzduší pretrvať aj niekoľko dní. Ich zotrvanie závisí od rôznych vlastností, ako je napríklad sedimentačná rýchlosť či chemická reaktivita. Vplyvom prúdenia vzduchu sa tieto látky môžu prenášať na značné vzdialenosti, čo sa označuje ako diaľkový prenos. Dôsledkom toho je, že aj zdanlivo čisté horské oblasti môžu byť zasiahnuté vysokými koncentráciami znečisťujúcich látok.

Sieť monitorovacích staníc – *Národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia* (NMSKO) – sa začala budovať ešte v ČSFR v roku 1991¹. V súčasnosti zahŕňa kontinuálne meranie pomocou automatických prístrojov a manuálne odbery vzoriek², ktoré sa analyzujú v Skúšobnom laboratóriu SHMÚ i iných externých laboratóriách. Sleduje sa kvalita zrážok na regionálnych AMS s monitorovacím programom EMEP³. Rozmiestnenie monitorovacích staníc siete NMSKO a ich monitorovací program v roku 2024 je uvedený na Obr. 2.1.

Podrobný zoznam monitorovacích prístrojov jednotlivých staníc a metód, ktoré prístroje využívajú je uvedený v „Prílohe A – *Národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia, zoznam staníc – 2024*“.

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).

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

¹ 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

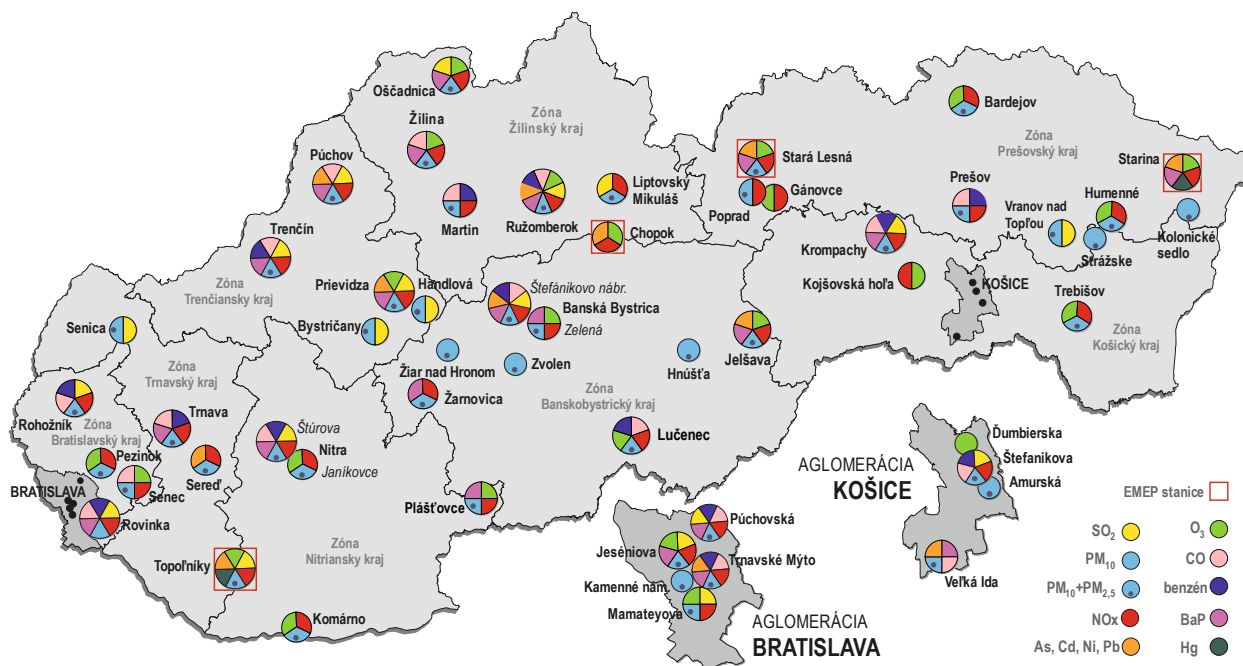
² Manuálny monitoring pokrýva meranie koncentrácií ťažkých kovov, prchavých organických zlúčenín (volatile organic compounds – VOC) a polycyklických aromatických uhľovodíkov (polycyclic aromatic hydrocarbons – PAH) v ovzduší a tiež monitoring kvality ovzdušia

³ (Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmisssion of Air Pollutants in Europe)

súčasťou NMSKO. Prvá EMEP stanica na území SR vznikla na Chopku pri meteorologickom observatóriu SHMÚ v nadmorskej výške 2008 m. Merania kvality ovzdušia sa tu začali realizovať už v roku 1977.

Monitorovací program siete EMEP sa na staniciach postupne rozširoval. Merania zlúčenín síry a analýzy zrážok dopĺňali oxidy dusíka, dusičnany, amónne ióny v ovzduší, tuhé častice, ozón a prchavé organické zlúčeniny. 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 2024.



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

- charakteristiku stanice podľa dominantných zdrojov znečisťovania ovzdušia (dopravná, pozadňová, priemyselná), typ oblasti, ktorú daná stanica monitoruje (mestská, predmestská, vidiecka/regionálna) a geografické súradnice;
- monitorovací program. Automatické prístroje kontinuálneho monitoringu poskytujú priemerné hodinové koncentrácie PM₁₀, PM_{2.5}, oxidov dusíka, oxidu siričitého, ozónu, oxidu uhoľnatého, benzénu a ortuti. Skúšobné laboratórium SHMÚ v rámci manuálneho monitoringu analyzuje ťažké kovy a polycyklické aromatické uhľovodíky, výsledkom sú priemerné 24-hodinové hodnoty. Výnimkou sú EMEP stanice, ktorých monitorovací program je popísaný v **Tab. 2.2** a **Tab. 2.3**.

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

AGLOMERÁCIA / Zóna	Názov stanice	Typ		Kontinuálne								Manuálne	
		oblasti	stanice	PM ₁₀	PM _{2,5}	Oxid 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		1	3
KOŠICE	Košice, Amurská	U	B	x	x								
	Košice, Štefánikova	U	T	x	x	x	x		x	x			
	Košice, Ďumbierska	S	B					x					
	Veľká Ida, Letná	S	I	x	x				x			x	x
	Spolu 4 stanice			3	3	1	1	1	2	1		1	1
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.	U	T	x	x	x	x		x	x		x	x
	Banská Bystrica, Zelená	U	B	x	x	x		x					x
	Jelšava, Jesenského	U	B	x	x	x		x				x	x
	Hnúšťa, Hlavná	U	B	x	x								
	Lučenec, Gemerská cesta	U	T	x	x	x		x	x	x			
	Žiar nad Hronom, Jilemnického	U	B	x	x								
	Žarnovica, 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	4
Bratislavský kraj	Pezinok, Obrancov mieru	U	B	x	x	x		x					
	Rovinka	S	B	x		x	x		x	x			x
	Rohožník, Senická	S	T	x	x	x	x		x	x			
	Senec, Boldocká	U	T	x	x	x		x	x				
	Spolu 4 stanice			4	3	4	2	2	3	2			1
Košícký 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, Janíkovce	S	B	x	x	x		x					
	Komárno, Vnútoraná 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
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská	U	B	x	x	x	x	x				x	x
	Bystričany, Rozvodňa SSE	S	B	x	x		x						
	Handlová, Morovnianska cesta	U	B	x	x		x						
	Trenčín, Hasičská	U	T	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	2

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
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, Vínárska	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			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	4
NMSKO spolu 53 monitorovacích staníc⁴				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 staniciach v roku 2024 (Tab. 2.2) stanovuje nasledovné vzorkovacie intervaly:

- Ozón: meraný kontinuálnym analyzátorom,
- ťažké kovy: každé tri dni v Topoľníkoch a na Starej Lesnej, týždenne na Starine a Chopku,
- VOC: týždenný interval odberu vzoriek,
- ostatné látky: 24-hodinový vzorkovací interval.

Tab. 2.2 Monitorovací 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, amónne ióny NH ₃ , NH ₄ ⁺	Alkalické ióny K ⁺ , Na ⁺ , Ca 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	
Topoľníky	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	

* TSP – celkové suspendované častice v ovzduší

** Ortuť sa monitoruje mimo monitorovacieho programu EMEP

Kvalita zrážok (pH, vodivosť, sírany, dusičnany, chloridy, amónne ióny a katióny alkalických kovov) sa analyzuje zo vzoriek odobraných na EMEP staniciach podľa monitorovacieho programu uvedeného v Tab. 2.3.

Odberové intervaly zrážok na analýzu ťažkých kovov sú mesačné, s výnimkou EMEP stanice Starina, kde sa vzorky odoberajú týždenne. Na odber zrážok sa používajú dva typy zrážkomerov⁵: „wet-only“ a „bulk“.

⁴ 52 stacionárnych staníc a jedna mobilná v Rovinke

⁵ „Wet-only“ („iba mokrá“) zachytáva iba atmosférické zrážky, pričom vzorky sa využívajú na hodnotenie mokrej depozície. „Bulk“ suchá aj mokrá depozícia.

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

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

2.1 ZHODNOTENIE ROZSAHU MONITOROVANIA PRE JEDNOTLIVÉ ZNEČISŤUJÚCE LÁTKY

■ Oxid siričitý SO₂

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

■ Oxidy dusíka NO₂ a NO_x

Táto znečisťujúca látka sa monitorovala na 40 staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania⁶ bol splnený. Monitorovanie oxidov dusíka bolo zabezpečené kontinuálne, referenčnou metódou na všetkých 40 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na 39 monitorovacích staniciach. Požadovaný počet platných meraní nebol splnený na AMS Martin, Jesenského.

■ Častice PM₁₀

Táto znečisťujúca látka sa monitorovala na 48 staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania⁶ bol splnený. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na všetkých 48 monitorovacích staniciach.

■ 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. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na všetkých monitorovacích staniciach.

■ 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 16 monitorovacích staniciach. Požadovaný počet platných meraní nebol splnený na

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

AMS Trnava a AMS Ružomberok. Koncentrácie CO sa nachádzajú pod dolnou medzou pre hodnotenie, počet monitorovacích miest je teda postačujúci.

■ **Ozón O₃**

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

■ **Benzén**

Benzén sa monitoroval na 14 monitorovacích staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania⁶ bol splnený. Monitorovanie benzénu bolo zabezpečené kontinuálne, referenčnou metódou na všetkých 14 staniciach. Požadovanú výťažnosť platných nameraných údajov (90 % s 35 % časovým pokrytím) splnili všetky monitorovacie stanice.

■ **Ortuť**

Celková plynná ortuť bola monitorovaná na dvoch EMEP staniciach (Topoľníky a Starina). Podiel platných nameraných údajov nepresiahol 90 % na žiadnej monitorovacej stanici. Meranie napriek výpadku môžeme považovať za reprezentatívne pre celoročné hodnotenie, keďže koncentrácie počas roka iba mierne kolísu.

■ **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 nitrocelulózový filter, následne sú analyzované v skúšobnom laboratóriu SHMÚ metódou plynovej chromatografie. V roku 2024 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 2024 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 staníc⁶ bol splnený.

■ **VOC**

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

■ **EC/OC**

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

■ **Monitorovanie kvality ovzdušia na monitorovacích staniciach EMEP**

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

■ Monitorovanie atmosférických zrážok na monitorovacích staniciach EMEP

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

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

Tab. 2.4 Monitorovacie stanice ostatných prevádzkovateľov VZZO.

	Okres	Názov stanice*	Typ		Zemepisná		Nadm. výška [m]
			oblasti	stanice	dĺžka	šírka	
BRATISLAVA	Bratislava II	Bratislava, Vičie 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 - poľná, T - dopravná, I - priemyselná

ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V AGLOMERÁCIÁCH A ZÓNACH SLOVENSKA

3.1 ÚVOD

Hodnotenie kvality ovzdušia podľa požiadaviek § 4 Zákona č. 146/2023 Z. z. o ochrane ovzdušia a o zme-
ne a doplnení niektorých zákonov (ďalej len zákon o ochrane ovzdušia) uskutočňuje SHMÚ použitím
monitorovania a matematického modelovania.

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

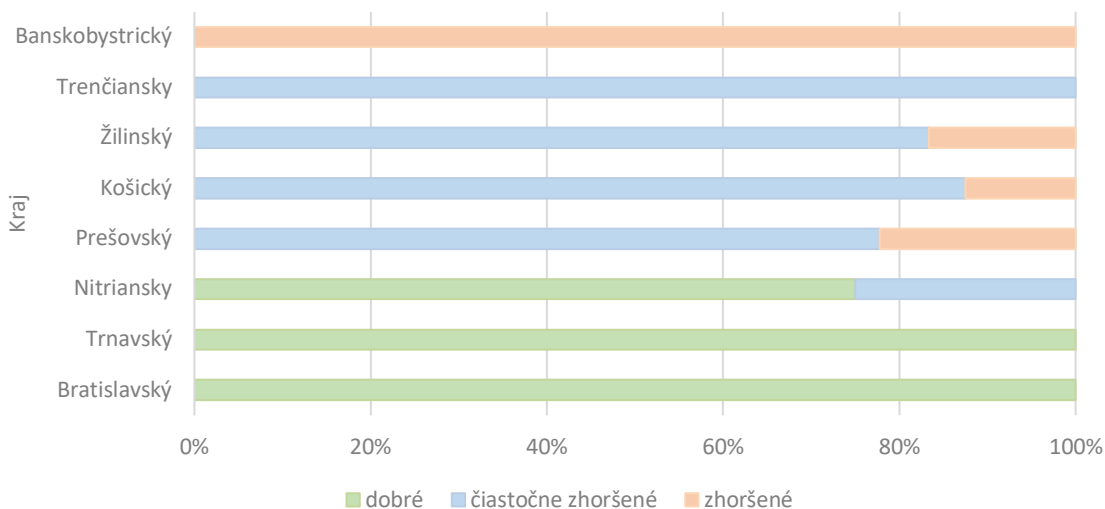
V kapitole 3.3 sú vyhodnotené výsledky meraní kvality ovzdušia v mestách a na vidieku podľa limitných
a cieľových hodnôt na ochranu ľudského zdravia. Kapitola 3.4 spracúva výsledky meraní monitorovacích
staníc s monitorovacím programom EMEP podľa limitných hodnôt na ochranu vegetácie. Program EMEP
zahŕňa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

3.1.1 Meteorologické podmienky – ventilačný index

Kvalitu ovzdušia určujú okrem samotných zdrojov znečisťovania aj meteorologické podmienky, ako sú
rozptylové podmienky a zrážky.

Jedným zo spôsobov číselného vyjadrenia rozptylových podmienok je ventilačný index, ktorý je
definovaný ako súčin výšky premiešavania a priemernej rýchlosti vetra vo vnútri vrstvy premiešavania.
(Vrstva premiešavania je tá časť atmosféry, ktorá je v kontakte so zemským povrchom a prebieha v nej
mechanické a tepelné premiešavanie vzduchu. Čím intenzívnejšie je turbulentné premiešavanie, tým
väčšia je výška vrstvy premiešavania). Čím vyššia je hodnota ventilačného indexu, tým lepšie sú
rozptylové podmienky. Ventilačný index na miestach s monitorovacími stanicami v jednotlivých krajoch
bol vypočítaný z výstupov meteorologického modelu ALADIN s priestorovým rozlíšením 2 x 2 km.
Hodnoty ventilačného indexu sa menia v čase (v priebehu dňa aj roku) a aj v priestore (závisí aj od
orografie), najnižšie hodnoty a v priemere najhoršie rozptylové podmienky sú na monitorovacích
staniciach v Banskobystrickom kraji (**Obr. 3.1**)

Obr. 3.1 Ventilačný index ako ukazovateľ rozptylových podmienok v krajoch SR v roku 2024



3.2 KRITÉRIÁ NA HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA

Kvalita ovzdušia (podľa §3 odseku 4 zákona o ochrane ovzdušia) je považovaná za dobrú, ak je úroveň znečistenia ovzdušia nižšia ako limitná hodnota, cieľová hodnota a záväzok zníženia expozície.¹

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

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

* povolený počet prekročení je uvedený v zátvorkách

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

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

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

Európska únia, ako súčasť Európskej zelenej dohody vypracovala *Akčný plán nulového znečistenia*³, ktorý stanovuje víziu do roku 2050. Jeho cieľom je do tohto roku znížiť znečistenie ovzdušia na úroveň, ktorá sa už nebude považovať za škodlivú pre zdravie a prírodné ekosystémy. Súčasťou akčného plánu sú nové limitné a cieľové hodnoty pre mnohé znečisťujúce látky. **Tab. 3.3** uvádza limitné, cieľové a odporúčané

¹ Limitná hodnota (podľa §3 odseku 5 zákona o ochrane ovzdušia)

Cieľová hodnota je (podľa §3 odseku 8 zákona o ochrane ovzdušia)

Výstražný prah (podľa §3 odseku 15 zákona o ochrane ovzdušia)

Kritická úroveň na účely hodnotenia kvality ovzdušia (podľa §3 odseku 7 zákona o ochrane ovzdušia)

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

Hornou medzou (podľa §4 odseku 6 písm. a) zákona o ochrane ovzdušia

Dolnou medzou (podľa §4 odseku 6 písm. b) zákona o ochrane ovzdušia

² <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2023/250/20230701>

³ <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2024/02/20/air-quality-council-and-parliament-strike-deal-to-strengthen-standards-in-the-eu/>

podľa legislatívy SR (r. 2023), nové limitné a cieľové hodnoty, ktoré sa majú dosiahnuť do 1.1.2030 a WHO odporúčania (r. 2021).

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

Znečisťujúca látka	Interval spriemerovania	Limitná/cieľová hodnota 250/2023 ^{a)}		Nová limitná/cieľová hodnota, platná od 1. januára 2030 ^{b)}		odporúčania WHO (r. 2021) ^{c)}	
		Koncentrácia [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	povolený počet prekročení/rok	Koncentrácia [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	povolený počet prekročení/rok	Koncentrácia [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	povolený počet prekročení/rok
PM_{2,5}	24 hod	-	-	25	(18)	15	(3 – 4)
	kalendárny rok	20 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	-	10	-	5	-
PM₁₀	24 hod	50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	(35)	45	(18)	45	(3 – 4)
	kalendárny rok	40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	-	20	-	15 ³	-
O₃	najväčšia denná 8-hodinová stredná hodnota	120 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	(18)*	120	(18)*	100	(3 – 4)
NO₂	1 hod	200 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	(18)	200	(3)	-	-
	24 hod	-	-	50	(18)	25	(3 – 4)
	kalendárny rok	40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	-	20	-	10	-
SO₂	1 hod	350 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	(24)	350	(3)	-	-
	24 hod	125 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	(3)	50	(18)	40	(3 – 4)
	kalendárny rok	-	-	20	-	-	-
CO	najväčšia denná 8-hodinová stredná hodnota	10 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$	-	10 mg/m^3	-	-	-
	24 hod	-	-	4 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$	(18)	4 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$	(3 – 4)

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

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

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

* za kalendárny rok spriemerovaný za tri roky

3.3 VÝSLEDKY MONITOROVANIA KVALITY OVZDUŠIA – LOKÁLNE ZNEČISTENIE OVZDUŠIA

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

Tab. 3.4 Podiel platných údajov v % v roku 2024.

AGLOMERÁCIA / Zóna	Znečisťujúca látka	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	Benzén	O ₃
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám.			97	97			
	Bratislava, Trnavské Mýto		97	99	99	95	88	
	Bratislava, Jeséniova	91	90	92	92			90
	Bratislava, Mamateyova	95	95	96	97			94
	Bratislava, Púchovská	96	94	99	99	96	71	
Bratislavský kraj	Rohožník, Senická cesta	96	96	99	99	95	78	
	Rovinka, mobil AMS	90	92	96		91	73	
	Senec, Boldocká		96	99	99	96		99
	Kojšovská hoľa		95	98				96
Trnavský kraj	Senica, Hviezdoslavova	92		97	96			
	Trnava, Kollárova		91	98	98	65	73	
	Topoľníky, Aszód, EMEP	95	93	97	97			95
	Sereď, Vinárska		96	99	99			
Nitriansky kraj	Nitra, Janíkovce		95	97	98			90
	Nitra, Štúrova	94	95	98	93	96	72	
	Komárno, Vnútná Okružná		96	98	98			97
	Plášťovce		96	99	99			99
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská	82	96	100	100			96
	Bystričany, Rozvodňa SSE	84		98	98			
	Handlová, Morovnianska cesta	96		98	99			
	Púchov, 1.mája	96	96	98	99	96		
	Trenčín, Hasičská	96	97	98	98	96	85	
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo náb.	94	97	99	99	94	90	
	Banská Bystrica, Zelená		97	99	100			95
	Jelšava, Jesenského		95	99	98			96
	Hnúšťa, Hlavná			99	98			
	Lučenec, Gemerská cesta		93	96	95	94	86	95
	Zvolen, J. Alexyho			99	98			
	Žarnovica		96	99	99			
Žilinský kraj	Žiar nad Hronom, Jilemnického			99	98			
	Chopok, EMEP		99					95
	Liptovský Mikuláš, Školská	96	96	100	100			
	Martin, Jesenského		67	99	99	96	96	
	Oščadnica	97	96	99	99			98
	Ružomberok, Riadok	95	96	99	99	83	91	95
Prešovský kraj	Žilina, Obežná		96	97	98	95		94
	Gánovce, Meteo. st.		96	99				95
	Humenné, Nám. slobody		96	99	99			95
	Prešov, arm. gen. L. Svobodu		96	99	99	96	97	
	Vranov nad Top., M.R.Štefánika	96		99	99			
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP		96	99	99			98
	Starina, Vodná nádrž, EMEP		96					96
	Kolonicé sedlo			99	99			
KOŠICE	Poprad, Železnická		96	99	99			
	Bardejov, Pod Vinbargom		97	99	99			100
	Košice, Štefánikova	94	97	99	99	94	90	
	Košice, Amurská			99	99			
	Košice, Ďumbierska							99

AGLOMERÁCIA / Zóna	Znečisťujúca látka	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	Benzén	O ₃
Košícký kraj	Veľká Ida, Letná			99	99	96		
	Kojšovská hoľa		95	98				96
	Trebišov, T. G. Masaryka		97	99	99			99
	Strážske, Mierová			100	100			
	Krompachy, SNP	95	96	99	99	96	97	

≥ 90 % platných meraní

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 2024 uvádza **Tab. 3.5**.

Tab. 3.5 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu zdravia v roku 2024.

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka Doba spriemerovania Parameter	Ochrana zdravia								
		SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén
		1 h	24 h	1 h	1 rok	24 h	1 rok	1 rok	8 h ¹⁾	1 rok
		počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	priemer	počet prekročení	priemer	Priemer	priemer	priemer
		Limitná hodnota [µg·m ⁻³]								
		Maximálny počet prekročení								
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám.					6	19	12		
	Bratislava, Trnavské mýto			0	28	12	22	13	1 146	0.3
	Bratislava, Jeséniova	0	0	0	7	7	18	12		
	Bratislava, Mamateyova	1	0	0	15	3	18	12		
	Bratislava, Púchovská	0	0	0	12	13	21	11	844	0.2
Bratislavský kraj	Pezinok, Obrancov mieru			0	9	7	17	14		
	Rohožník, Senická cesta	0	0	0	11	7	21	11	1 687	0.4
	Rovinka	0	0	0	11	4	17		1 146	0.7
	Senec, Boldocká			0	18	8	20	12	1 200	
Trnavský kraj	Senica, Hviezdoslavova	0	0			6	19	12		
	Trnava, Kollárova			0	24	6	21	13	2 331	0.3
	Topoľníky, Aszód, EMEP	0	0	0	4	7	17	12		
	Sereď, Vinárska			0	11	7	18	13		
Nitriansky kraj	Nitra, Janíkovce			0	9	6	18	15		
	Nitra, Štúrova	0	0	0	24	9	23	13	1 328	0.4
	Komárno, Vnútorná Okružná			0	12	11	20	14		
	Plášťovce			0	7	43	28	22		
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská	0	0	0	12	7	18	13		
	Bystričany, Rozvodňa SSE	0	0			7	18	12		
	Handlová, Morovniarska cesta	0	0			6	17	12		
	Púchov, 1. mája	0	0	0	9	12	21	17	1 353	
	Trenčín, Hasičská	0	0	0	20	15	22	13	2 319	0.5
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánik. nábr.	0	0	0	23	22	26	15	1 360	0.2
	Banská Bystrica, Zelená			0	7	4	17	11		
	Jelšava, Jesenského			0	6	53	30	20		
	Hnúšťa, Hlavná					8	21	14		
	Lučenec, Gemerská cesta			0	13	22	25	17	1 423	0.2
	Zvolen, J. Alexyho					5	19	14		
	Žarnovica			0	11	24	24	20		
	Žiar n/H, Jilemnického					3	16	10		
Žilinský kraj	Chopok, EMEP			0	1					
	Liptovský Mikuláš, Školská	0	0	0	11	9	19	13		
	Martin, Jesenského			0	16	16	22	15	1 486	0.3
	Oščadnica	0	0	0	6	12	20	16		
	Ružomberok, Riadok	0	0	0	15	16	21	15	1 916	0.3
	Žilina, Obežná			0	17	17	21	15	1 424	

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka Doba spriemerovania Parameter Limitná hodnota [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] Maximálny počet prekročení	Ochrana zdravia							
		SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	Benzén
		1 h	24 h	1 h	1 rok	24 h	1 rok	1 rok	8 h ¹⁾
		počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	priemer	počet prekročení	priemer	Priemer	priemer
		350	125	200	40	50	40	20	10 000
Prešovský kraj	Gánovce, Meteo. st.			0	6				
	Humenné, Nám. slobody			0	8	5	22	17	
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu			0	34	15	26	17	1 515
	Vranov n/T, M. R. Štefánika	0	0			3	20	15	
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP			0	4	3	12	8	
	Starina, Vodná nádrž, EMEP			0	3				
	Kolonické sedlo, Hvezdáreň					2	15	11	
	Poprad, Železničná			0	11	3	17	11	
	Bardejov, Pod Vinbargom			0	10	1	18	13	
KOŠICE	Košice, Štefánikova	0	0	0	21	21	26	16	1 997
	Košice, Amurská					12	23	16	
	Veľká Ida, Letná					46	33	20	2 223
Košický kraj	Kojšovská hoľa			0	2				
	Trebišov, T. G. Masaryka			0	11	10	22	15	
	Strážske, Mierová					3	21	15	
	Krompachy, SNP	0	0	0	12	13	23	18	1 505

¹⁾ $\geq 90\%$ platných meraní Červenou farbou je vyznačené prekročenie limitnej hodnoty.
maximálna 8-h koncentrácia

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 2024 **prekročená na troch monitorovacích staniciach – Veľká Ida, Letná; Jelšava, Jesenského a Plášťovce**. Najviac prekročení bolo zaznamenaných v januári, novembri a v decembri.

Limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu PM_{2,5} bola prekročená na v Plášťovciach.

Limitné hodnoty pre SO₂, NO₂, CO a benzén prekročené neboli.

Tab. 3.6 Priemerné ročné koncentrácie ťažkých kovov (As, Cd, Ni a Pb) v r. 2024.

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$] Cieľ. hodnota/limitná hodnota* [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$]	As	Cd	Ni	Pb
BRATISLAVA	Bratislava, Trnavské mýto	0,2	0,1	1,2	4,2
Slovensko	Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie	0,2	0,2	0,7	5,5
	Jelšava, Jesenského	0,3	0,3	0,5	8,8
	Ružomberok, Riadok	0,2	0,2	0,8	3,3
	Veľká Ida, Letná	1,5	0,5	0,6	15,9
	Prievidza, Malonecpalská	0,1	0,1	1,7	2,7
	Sereď, Vinárska	0,2	0,1	0,5	13,0
	Púchov, 1. mája	0,2	0,2	1,1	3,1

V **Tab. 3.7** sú uvedené priemerné ročné koncentrácie benzo(a)pyrénu (BaP) v ovzduší podľa meraní v rokoch 2018–2024.

Tab. 3.7 Priemerné ročné koncentrácie benzo(a)pyrénu v rokoch 2018–2024.

AGLOMERÁCIA Zóna		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
	Cieľová hodnota [ng·m ⁻³]	1,0	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	0,6
	Dolná medza na hodnotenie [ng·m ⁻³]	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
BRATISLAVA	Bratislava, Jeséniova		0,2	0,2	0,3	0,3	*0,3	0,2
	Bratislava, Trnavské Mýto	0,9	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5
	Bratislava, Púchovská				0,9	0,4	0,4	0,4
Bratislavský kraj	Rovinka			0,4	0,6	0,5	0,4	0,5
Trnavský kraj	Trnava, Kollárova	0,9	0,7	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6
Nitriansky kraj	Nitra, Štúrova	0,9	0,8	0,6	0,8	0,6	0,5	0,5
	Plášťovce				2,2	2,4	2,6	*2,2
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská		1,4	1,2	1,1	0,9	1,1	0,9
	Púchov, 1. mája				4,7	2,0	1,2	1,4
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie	2,1	1,7	1,6	1,7	1,4	1,2	1,0
	Banská Bystrica, Zelená		1,1	1,2	1,3	0,9	0,9	0,7
	Jelšava, Jesenského	3,9	4,0	3,0	2,8	2,7	3,4	3,5
	Žarnovica				2,2	2,7	1,9	2,2
Žilinský kraj	Žilina, Obežná	6,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,2	1,3
	Ružomberok, Riadok			4,5	2,3	2,2	2,0	1,7
	Oščadnica				12,0	2,5	1,9	2,1
	Martin, Jesenského							**1,0
Prešovský kraj	Starina, Vodná nádrž, EMEP	1,2	0,4	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP		0,4	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2
KOŠICE	Veľká Ida, Letná	5,8	4,5	4,6	6,1	5,4	4,9	6,2
Košický kraj	Krompachy, SNP		2,7	2,1	2,2	2,2	2,1	1,8

≥ 90 % platných meraní

Červenou farbou je vyznačené prekročenie cieľovej hodnoty.

* 80 % platných meraní

** Martin, Jesenského – začiatok meraní BaP v roku 2024

Cieľová hodnota pre BaP bola prekročená na týchto staniciach: Veľká Ida, Letná; Jelšava, Jesenského; Plášťovce; Krompachy, SNP; Ružomberok, Riadok; Oščadnica; Púchov, 1. mája; Žilina, Obežná; Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie. Merania v Plášťovciach nedosiahli požadovaný podiel platných údajov (90 %), vzhľadom na to, že výpadok meraní bol počas decembra, kedy boli v minulých rokoch koncentrácie vysoké, **je možné** s vysokou pravdepodobnosťou **predpokladať, že cieľová hodnota by bola prekročená aj v Plášťovciach**. Podiel platných údajov v Plášťovciach bol 80 %.

3.3.1 Vyhodnotenie na základe horných a dolných medzí na hodnotenie

Hodnotenie kvality ovzdušia sa vykonáva stálym meraním v aglomeráciách a zónach tam, kde je 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 nie sú k dispozícii údaje za päť rokov, prekročenia horných a dolných medzí na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia možno zistiť kombináciou výsledkov z meracích kampaní kratšieho trvania vykonaných počas jedného roka v lokalitách s pravdepodobne najvyššími úrovňami znečistenia ovzdušia

V rokoch 2020 – 2024 bola úroveň SO₂, CO a benzénu na všetkých AMS pod dolnou medzou na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia.

s výsledkami, ktoré sa získali z emisných inventúr a modelovania (Vyhláška MŽP SR č. 250/2023 Z. z. o kvalite ovzdušia). Zaradenie monitorovacích staníc podľa horných a dolných medzí na hodnotenie uvádzajú **Tab. 3.8** a **Tab. 3.9**.

Tab. 3.8 Zaradenie AMS podľa horných (HMH) a dolných medzí (DMH) na hodnotenie pre určenie spôsobu hodnotenia kvality ovzdušia za roky 2020 až 2024.

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 ≤ DMH	> HMH ≤ DMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH ≤ 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		x	x	x	x	x			
	Lučenec, Gemerská cesta		x	x	x	x	x	x	x	
	Žiar nad Hronom, Jilemnického				x	x	x			
Bratislavský kraj	Pezinok	x	x	x	x	x	x	x		
	Rovinka	x	x	x	x	x		x	x	
	Rohožník, Senická cesta	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Senec, Boldocká		x	x	x	x	x	x		
Košícký kraj	Kojšovská hoľa*		x	x						
	Strážske, Mierová				x	x	x			
	Krompachy, SNP	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Trebišov, T. G. Masaryka		x	x	x	x	x			
Nitriansky kraj	Nitra, Janíkovce		x	x	x	x	x			
	Nitra, J. Štúrova	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Komárno, Vnútorná Okružná		x	x	x	x	x			
	Plášťovce		x	x	x	x	x			
Prešovský kraj	Humenné, Nám. slobody		x	x	x	x	x			
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu		x	x	x	x	x	x	x	
	Gánovce, MS SHMÚ*		x	x						
	Starina, Vodná nádrž, EMEP*		x	x						
	Vranov n/Topľou, M. R. Štefánika	x			x	x	x			
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP*		x	x	x	x	x			
	Kolonické sedlo, Hvezdáreň				x	x	x			
	Poprad, Železničná		x	x	x	x	x			
	Bardejov, Pod Vinbargom		x	x	x	x	x			
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská	x	x	x	x	x	x			
	Bystričany, Rozvodňa SSE	x			x	x	x			
	Handlová, Morovnianska cesta	x			x	x	x			
	Púchov, 1. mája	x	x	x	x	x	x	x		
	Trenčín, Hasičská	x	x	x	x	x	x	x		

AGLOMERÁCIA/ zóna	Stanica	HMH a DMH s ohľadom na ochranu zdravia ľudí									
		SO ₂	NO ₂			PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén	
		24h priemer	1h priemer	ročný priemer		24h priemer	ročný priemer	ročný priemer	8h maximum	ročný priemer	
		> HMH ≤ HMH; > DMH ≤ DMH	> HMH ≤ HMH; > DMH ≤ DMH	> HMH ≤ HMH; > DMH ≤ DMH	> HMH ≤ HMH; > DMH ≤ DMH	> HMH ≤ HMH; > DMH ≤ DMH	> HMH ≤ HMH; > DMH ≤ DMH	> HMH ≤ HMH; > DMH ≤ DMH	> HMH ≤ HMH; > DMH ≤ DMH	> HMH ≤ HMH; > DMH ≤ DMH	> HMH ≤ HMH; > DMH ≤ 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	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

Tab. 3.9 Zaradenie monitorovacích staníc, na ktorých sa monitorovali ťažké kovy a benzo(a)pyrén, podľa horných (HMH) a dolných medzí (DMH) na hodnotenie pre určenie spôsobu hodnotenia kvality ovzdušia za roky 2020 až 2024.

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

V rokoch 2020 – 2024 bola úroveň sledovaných ťažkých kovov na všetkých AMS pod dolnou medzou na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia.

V **Tab. 3.10** sú uvedené priemerné ročné koncentrácie troposférického ozónu v rokoch 2011–2024 v porovnaní s fotochemicky mimoriadne aktívnym rokom 2003.

Tab. 3.10 Priemerné ročné koncentrácie prízemného ozónu ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v rokoch 2003 a 2011 – 2024.

Stanica	2003	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Bratislava, Jeséniova	71	63	65	62	60	71	56	64	68	66	61	62	65	65	64
Bratislava, Mamateyova	53	51	53	48	46	54	36	51	54	54	49	50	50	50	52
Košice, Ďumbierska	68	73	62	61	55	57	55	55	63	56	46	49	53	50	60
Banská Bystrica, Zelená		60	66	66	58	48	45	57	56	47	48	54	57	52	48
Jelšava, Jesenského	55	-	-	41	36	45	48	49	49	45	39	41	38	45	46
Kojšovská hoľa	91	87	83	78	75	61	81	80	82	78	72	74	79	76	77
Nitra, Janíkovce		-	62	58	52	63	43	60	60	54	56	58	59	61	51
Humenné, Nám. slobody	66	53	55	60	40	41	50	52	51	54	49	49	51	49	48
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	67	65	63	71	56	66	58	63	67	59	57	47	49	49	60
Gánovce, Meteo. st.	68	64	66	67	58	66	38	53	56	57	51	53	54	52	58
Starina, Vodná nádrž, EMEP	73	59	60	64	55	64	58	60	64	62	54	57	55	53	54
Prievidza, Malonecpalská		51	52	50	53	54	39	51	52	49	46	47	41	47	50
Topoľníky, Aszód, EMEP	67	-	59	64	51	51	49	47	54	55	24	49	54	52	51
Chopok, EMEP	109	96	93	96	52	88	91	98	95	90	91	89	91	89	94
Žilina, Obežná	48	48	49	53	42	36	43	38	44	44	36	38	36	37	38
Ružomberok, Riadok							37	37	36	36	35	40	37	40	40
Bardejov, Pod Vinbargom												44	45	42	44
Trebišov, T. G. Masaryka												49	49	49	50
Plášťovce												49	47	46	45
Komárno, Vnútoraná Okružná												47	46	53	57
Senec, Boldocká												35	49	48	50
Pezinok, Obrancov mieru													58	58	58
Lučenec, Gemerská cesta													42	41	44
Ošcadnica													48	50	51
Priemer	65	61	63	63	53	58	52	57	59	57	51	50	52	52	54

≥ 90 % požadovaných platných údajov

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

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

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

Stanica	2022	2023	2024	Priemer 2022 – 2024
Bratislava, Jeséniova	37	23	26	29
Bratislava, Mamateyova	25	18	18	20
Košice, Ďumbierska	7	4	15	9
Banská Bystrica, Zelená	9	0	1	3
Jelšava, Jesenského	*7	1	4	3
Kojšovská hoľa	16	*17	1	9
Nitra, Janíkovce	31	21	18	23
Humenné, Nám. Slobody	5	2	0	2
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	0	*0	7	4
Gánovce, Meteo. st.	2	0	2	1

Stanica	2022	2023	2024	Priemer 2022 – 2024
Starina, Vodná nádrž, EMEP	1	1	0	1
Prievidza, Malonecpalská	*3	4	3	4
Topoľníky, Aszód, EMEP	9	2	1	4
Chopok, EMEP	34	34	53	40
Žilina, Obežná	3	1	0	1
Ružomberok, Riadok	0	1	0	0
Bardejov, Pod Vinbargom	3	1	1	2
Trebišov, T. G. Masaryka	5	3	1	3
Plášťovce	21	13	8	14
Komárno, Vnútrotná Okružná	11	16	29	19
Senec, Boldocká	11	3	3	6
Pezinok, Obrancov mieru	21	16	26	21
Lučenec, Gemerská cesta	6	0	5	4
Ošadnica	8	6	10	8

■ $\geq 90\%$ požadovaných platných údajov

Červenou farbou je vyznačené prekročenie cieľovej hodnoty.

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

Cieľovú hodnotu prízemného ozónu prekročili namerané hodnoty na **dvoch staniciach: Bratislava, Jeséniova a Chopok, EMEP (Tab. 3.11).**

Hodnoty prízemného ozónu AOT40 na ochranu vegetácie sa nachádzajú v **Tab. 3.12**. AOT40 je suma prekročení úrovne $80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ počítaných z 1-hodinových koncentrácií počas dňa (od 8:00 do 20:00 h SEČ) od 1. mája do 31. júla. Cieľová hodnota je $18\,000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (vzťahuje sa k priemeru 5 za sebou idúcich kalendárnych rokov). Táto hodnota bola prekročená na dvoch staniciach (t. j. na týchto staniciach prekročil priemer hodnôt AOT40 za roky 2020–2024 hodnotu $18\,000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Tab. 3.12 Hodnoty prízemného ozónu AOT40 na ochranu vegetácie (máj – júl).

Cieľová hodnota AOT40 je $18\,000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Stanica	2020	2021	2022	2023	2024	Priemer 2020 – 2024
Bratislava, Jeséniova	12 501	19 274	23 763	20 177	*16 339	18 929
Bratislava, Mamateyova	10 655	17 655	20 072	16 292	14 805	16 031
Košice, Ďumbierska	3 269	7 368	12 662	11 835	15 866	10 238
Banská Bystrica, Zelená	7 723	15 869	*19 716	9 226	4 695	11 512
Jelšava, Jesenského	5 191	10 186	*17 622	10 530	10 085	10 803
Kojšovská hoľa	4 995	13 260	19 435	13 249	10 471	12 402
Nitra, Janíkovce	12 741	18 931	24 322	18 824	11 372	17 404
Humenné, Nám. slobody	5 981	12 578	16 047	9 520	8 738	10 698
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	7 890	2 491	6 210		12 855	7 427
Gánovce, Meteo. st.	3 251	6 707	11 317	4 596	10 524	7 424
Starina, Vodná nádrž, EMEP	5 072	11 737	9 560	5 857	7 810	8 110
Prievidza, Malonecpalská	6 198	11 799	*15 529	8 582	9 164	10 332
Topoľníky, Aszód, EMEP	-	13 176	16 686	12 739	8 267	10 349
Chopok, EMEP	15 957	23 654	26 536	24 179	22 651	22 902
Žilina, Obežná	559	4 794	5 338	5 114	2 225	3 625
Ružomberok, Riadok	1 999	*8 041	2 935	7 890	4 208	4 338
Bardejov, Pod Vinbargom		10 607	12 711	7 413	11 139	10 488
Trebišov, T. G. Masaryka		12 369	15 806	10 425	11 341	12 562
Plášťovce*		*24 211	19 720	15 043	12 281	15 764
Komárno, Vnútrotná Okružná*		*17 818	12 824	21 701	18 013	17 894
Senec, Boldocká*		-	14 893	8 930	9 467	11 117
Pezinok, Obrancov mieru			19 368	11 931	17 345	16 246
Lučenec, Gemerská cesta			14 834	9 478	8 136	11 017
Ošadnica			14 893	8 930	9 467	11 117

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

Červenou farbou je vyznačené prekročenie cieľovej hodnoty.

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

Tab. 3.13 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu ľudského zdravia za rok 2024 z priemyselných staníc ostatných prevádzkovateľov – VZZO (veľkých zdrojov znečisťovania ovzdušia).

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka Doba spriemerovania Limitná hodnota [µg·m ⁻³] (Maximálny počet prekročení)	Ochrana zdravia						
		SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		CO
		1 h 350 (24)	24 h 125 (3)	1 h 200 (18)	1 rok 40	24 h 50 (35)	1 rok 40	8 h ¹⁾ 10 000
BRATISLAVA	Bratislava, Pod. Biskupice (Slovnaft, a.s.)	1	0	0	13	16	21	1228
	Bratislava, Vlčie Hrdlo (Slovnaft, a.s.)	5	0	0	13	6	18	1318
Bratislavský kraj	Rovinka (Slovnaft, a.s.)	1	0	0	11	6	19	1156
Nitriansky kraj	Trnovec nad Váhom (Duslo, a.s.)	0	0	0	2	5	15	
Trenčiansky kraj	Oslany (Slovenské elektrárne, a.s.)	0	0	0	6	2	14	
Žilinský kraj	Ružomberok (Mondi a.s. - Supra)					16	21	
KOŠICE	Veľká Ida (U.S. Steel, s.r.o.)					22	26	
	Košice, Poľov (U.S. Steel, s.r.o.)					2	15	
	Košice, Haniska (U.S. Steel, s.r.o.)					4	18	
Košický kraj	Leles (Slovenské elektrárne, a.s.)	0	0	0	4		7	

¹⁾ maximálna 8-h koncentrácia

3.3.2 Vyhodnotenie kvality ovzdušia podľa limitných a cieľových hodnôt na ochranu zdravia ľudí pre SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, benzén, CO a benzo(a)pyrén v členení na aglomerácie a zóny v roku 2024

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

3.3.3 Vyhodnotenie kvality ovzdušia podľa limitných a cieľových hodnôt na ochranu zdravia ľudí pre Pb, As, Cd, Ni a O₃ v členení na aglomeráciu Bratislava a zónu Slovensko v roku 2024

■ Aglomerácia Bratislava

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

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

Hodnotenie hodnôt O₃ z hľadiska smogového varovného systému: V roku 2024 v Bratislave prišlo k prekročeniu informačného prahu pre O₃ na AMS Bratislava, Jeséniova v trvaní 3 hodín a na AMS

Bratislava, Mamateyova v trvaní 2 hodiny. Výstražný prah pre O₃ prekročený nebol, podobne ako v predchádzajúcom roku.

■ 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.

Hodnotenie hodnôt O₃ z hľadiska smogového varovného systému: V roku 2024 v zóne Slovensko informačný ani výstražný prah pre O₃ prekročený nebol

3.3.4 Smogový varovný systém

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

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

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

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

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

Výstražný prah pre SO₂ ani NO₂ nebol prekročený od r. 2013. Koncentrácia prízemného ozónu prekročila 16. a 30. augusta roku 2024 informačný prah na AMS Bratislava, Jeseniova a AMS Bratislava Mamateyova.

V roku 2024 boli vydané oznámenia o vzniku smogovej situácie pre PM₁₀ pre tieto obce a oblasti: **Bratislava, Jelšava, Ružomberok, okres Bratislava, okres Galanta, okres Levice, okres Nitra, okres Čadca, okres Ružomberok, okres Lučenec, okres Žarnovica, Košice, Veľká Ida**. V prípade, že bolo na základe meteorologickej predpovede alebo charakteru znečistenia možné predpokladať zlepšenie rozptylovej situácie bola zverejnená informácia o tejto situácii.

V roku 2024 boli vydané 2 oznámenia o vzniku smogovej situácie pre O₃ v aglomerácii **Bratislava**. K prekročeniu výstražného prahu pre O₃ v zóne Slovenská republika neprišlo.

Trvanie prekročenia informačného a výstražného prahu pre PM₁₀ a O₃ v roku 2024 v porovnaní s r. 2023 uvádza **Tab. 3.14**.

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

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka	O ₃				PM ₁₀			
	Rok	2023	2023	2024	2024	2023	2023	2024	2024
	Výstražný/informačný prah	IP	VP	IP	VP	IP	VP	IP	VP
	Doba spriemerovania	1h	3 h po sebe	1h	3 h po sebe	12h	12h	12h	12h
	Limitná hodnota [µg·m ⁻³]	180	240	180	240	100	150	100	150
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám.					0	0	16	5
	Bratislava, Trnavské mýto					0	0	19	2
	Bratislava, Jeséniova	3	0	3	0	0	0	13	2
	Bratislava, Mamateyova	5	0	2	0	0	0	7	0
	Bratislava, Púchovská					0	0	15	5
Bratislavský kraj	Pezinok, Obrancov mieru	2	0	0	0	0	0	14	4
	Rohožník, Senická					0	0	21	0
	Rovinka					11	0	24	11
	Senec, Boldocká	0	0	0	0	22	6	15	4
Trnavský kraj	Senica, Hviezdoslavova					0	0	12	2
	Trnava, Kollárova					0	0	16	5
	Topoľníky, Aszód, EMEP	0	0	0	0	0	0	14	0
	Sereď, Vinárska					0	0	24	5
Nitriansky kraj	Nitra, Janíkovce	0	0	0	0	0	0	22	7
	Nitra, Štúrova					0	0	28	9
	Komárno, Vnútoraná Okružná	3	0	0	0	10	0	23	5
	Plášťovce	0	0	0	0	24	6	57	9
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská	0	0	0	0	0	0	25	7
	Bystričany, Rozvodňa SSE					0	0	24	9
	Handlová, Morovianska cesta					0	0	23	9
	Púchov, 1. mája					0	0	40	8
	Trenčín, Hasičská					0	0	22	6
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.					52	8	22	8
	Banská Bystrica, Zelená	0	0	0	0	0	0	17	9
	Jelšava, Jesenského	0	0	0	0	28	0	94	0
	Hnúšťa, Hlavná					0	0	17	6
	Lučenec, Gemerská cesta	0	0	0	0	0	0	18	8
	Zvolen, J. Alexyho					0	0	19	7
	Žarnovica					0	0	34	9
	Žiar n/H, Jilemnického					0	0	20	7
Žilinský kraj	Chopok, EMEP	0	0	0	0	0	0	0	0
	Liptovský Mikuláš, Školská					24	11	44	9
	Martin, Jesenského					47	0	21	9
	Oščadnica	0	0	0	0	9	0	46	0
	Ružomberok, Riadok	0	0	0	0	86	15	37	7
Prešovský kraj	Žilina, Obežná	0	0	0	0	0	0	29	4
	Gánovce, Meteo. st.	0	0	0	0			24	0
	Humenné, Nám. Slobody	0	0	0	0	2	0	25	0
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu					20	0	18	0
	Vranov n/T, M. R. Štefánika					10	0	15	0
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	0	0	0	0	0	0	26	0
	Starina, Vodná nádrž, EMEP	0	0	0	0	0	0	0	0
	Kolonické sedlo, Hvezdáreň					0	0	14	0
KOŠICE	Poprad, Železničná					0	0	24	4
	Bardejov, Pod Vinbargom	0	0	0	0	0	0	19	0
	Košice, Štefánikova					28	0	21	0
	Košice, Amurská					0	0	16	0
Košický kraj	Košice, Ďumbierska	0	0	0	0			0	0
	Veľká Ida, Letná					15	0	55	0
	Kojšovská hofa	0	0	0	0			19	0
	Trebišov, T. G. Masaryka	0	0	0	0	0	0	15	0
	Strážske, Mierová					0	0	16	0
	Krompachy, SNP					20	0	23	10

Najviac hodín s prekročením informačného prahu pre PM₁₀ bolo zaznamenaných v roku 2024 na monitorovacej stanici v **Jelšave (94)**. V porovnaní s rokom 2023 bolo na väčšine staníc zaznamenaných viac prekročení, odrazila sa tu však okrem teplotných inverzií v novembri a decembri aj výrazná epizóda prenosu saharského prachu na prelome marca a apríla.

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

Zdravotné dôsledky vyplývajúce zo znečistenia ovzdušia časticami PM závisia od veľkosti aj zloženia tuhých častíc, pričom dôsledky pre ľudské zdravie sú tým závažnejšie, čím sú častice menšie. Európska i slovenská legislatíva preto presúva ťažisko pozornosti na PM_{2,5}. Ukazovateľom, ktorý vyjadruje trend zaťaženia obyvateľstva koncentráciami PM_{2,5} je Indikátor Priemernej Expozície PM_{2,5} (IPE). *Je definovaný ako trojročný kľzavý priemer ročných priemerov PM_{2,5} z vybraných mestských a predmestských pozadových staníc.* Napríklad IPE 2025 sa počíta ako priemer troch priemerných ročných koncentrácií týchto staníc v r. 2023, r. 2024 a r. 2025.

Tab. 3.15 uvádza hodnoty tohto ukazovateľa od roku 2010, ktorý je pre IPE referenčným rokom. Podľa Prílohy č. 4 k Vyhláške č. 250/2023 Z. z. je národný cieľ zníženia expozície pre častice PM_{2,5} stanovený na 18 µg·m⁻³, ktorý sa mal dosiahnuť do roku 2020. To sa aj podarilo.

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

Závazok zníženia koncentrácie expozície platný od roku 2015	20 µg·m ⁻³
---	-----------------------

Tab. 3.15 zachytáva vývoj Indikátora Priemernej Expozície PM_{2,5} za posledných 15 rokov. Jeho pokles v roku 2024 odráža nižšie priemerné ročné hodnoty PM_{2,5} v posledných 3 rokoch, najmä v roku 2023, cieľ zníženia expozície pre častice PM_{2,5} v roku 2024 Slovenská republika takisto splnila.

Tab. 3.15 Indikátor Priemernej Expozície PM_{2,5} (IPE) v rokoch 2010 – 2024.

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
IPE [µg·m ⁻³]	24,4	24,4	23,1	22,6	20,4	19,9	18,7	19,0	18,4	18,1	16,5	15,7	15,9	15,2	14,2

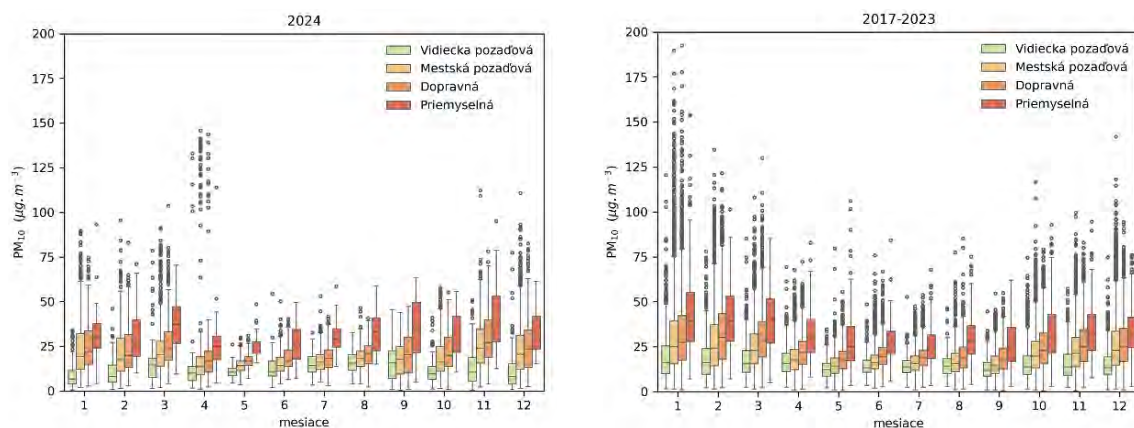
3.3.6 Grafické spracovanie výsledkov monitorovania kvality ovzdušia

Grafy s porovnaním výsledkov monitoringu v roku 2024 oproti rokom 2023 a 2022 v členení na aglomerácie, zóny a základné znečisťujúce látky sú uverejnené na [web stránke](#) SHMÚ.

■ PM₁₀ a PM_{2,5}

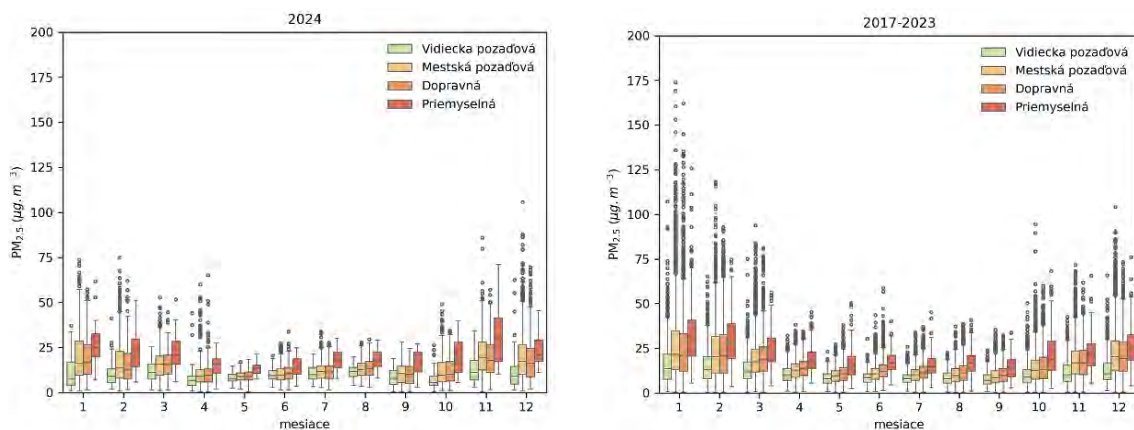
V porovnaní s rokom 2023, kedy sa najvyššie koncentrácie vyskytovali najmä v značne nepriaznivom februári, boli v roku 2024 problémom najmä november a december. *Výnimočná epizóda prenosu saharského prachu* bola zaznamenaná koncom marca až začiatkom apríla, skončila prechodom studeného frontu cez naše územie od západu 2. 4. 2025. V apríli 2024 (Obr. 3.2) bol preto nameraný výrazný rozdiel medzi PM₁₀ a PM_{2,5} charakteristický pre hrubú veľkostnú frakciu púštného prachu.

Obr. 3.2 Pribeh koncentrácií PM₁₀ v r. 2024 (vľavo) a v období r. 2017-2023 (vpravo) na jednotlivých typoch staníc.



Porovnanie priebehu koncentrácií PM_{2,5} v roku 2024 a rokoch 2017–2023 ilustruje Obr. 3.3. V porovnaní s rokom 2024 sa tu vyskytujú vysoké hodnoty v najmä januári, za ktoré je zodpovedný najmä studený január v roku 2017.

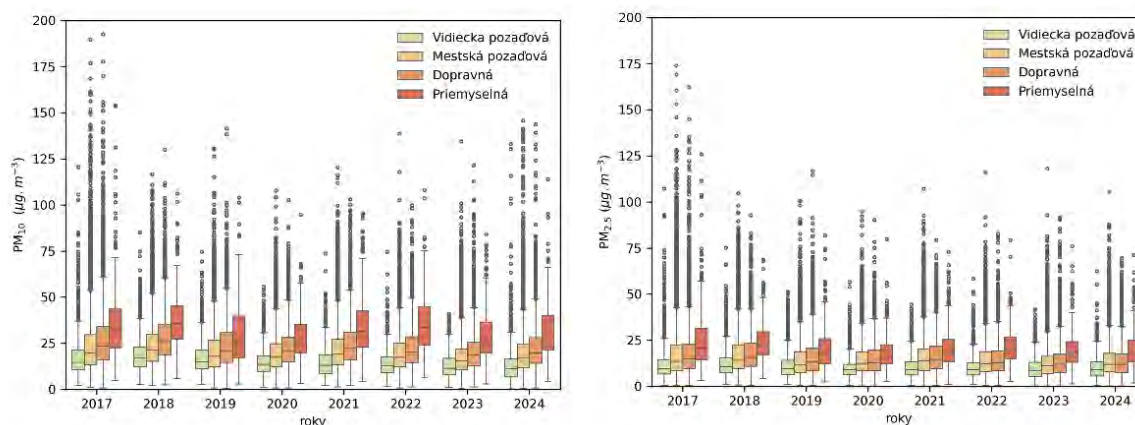
Obr. 3.3 Pribeh koncentrácií PM_{2,5} v r. 2024 (vľavo) a v období r. 2017-2023 (vpravo) na jednotlivých typoch staníc.



V roku 2024 **neprišlo na žiadnej monitorovacej stanici k prekročeniu limitnej hodnoty $40\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$** pre priemernú ročnú koncentráciu PM₁₀. Najvyššie hodnoty tohto ukazovateľa zaznamenali **Veľká Ida, Letná** ($33\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$; v roku 2023 to bolo $30\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a **Jelšava, Jesenského** ($28\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, rovnako ako v roku 2023).

Časový rad hodnôt PM₁₀ a PM_{2,5} od roku 2017 ilustruje situáciu s odľahlými hodnotami v roku 2017 (PM₁₀ aj PM_{2,5} - jemná veľkostná frakcia z vykurovania), na rozdiel od roku 2024, kedy bola za odľahlé hodnoty PM₁₀ (Obr. 3.2) zodpovedná epizóda prenosu púštného prachu, ktorá sa ako už bolo spomenuté v hodnotách PM_{2,5} takmer neprejavila (Obr. 3.4).

Obr. 3.4 Priebeh koncentrácií PM_{10} (vľavo) a $PM_{2.5}$ (vpravo) v r. 2017-2024 na jednotlivých typoch staníc.



■ SO₂

Na rozdiel od PM, NO₂, CO a benzo(a)pyrénu sa na emisiách SO₂ podieľajú najmä veľké priemyselné zdroje. V zimných mesiacoch sa môže prejaviť vplyv vykurovania domácností uhlím s vysokým obsahom síry. Vysoké koncentrácie SO₂ však na Slovensku zaznamenané neboli, čo poukazuje na to, že ide pravdepodobne o minoritný spôsob vykurovania u nás. Merané koncentrácie sú dlhodobo pod limitnou hodnotou. V roku 2024 sa na monitorovacích staniciach v SR nevyskytol žiaden prípad prekročenia výstražného prahu pre SO₂.

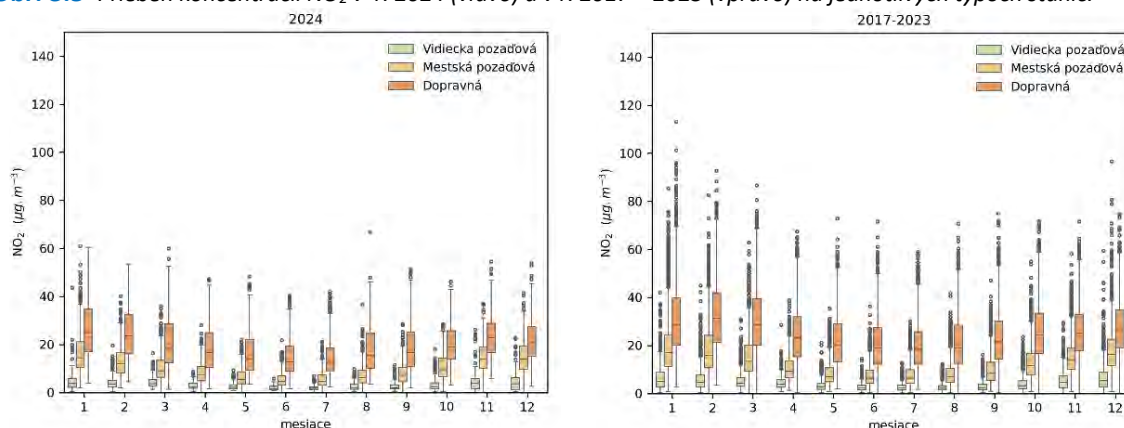
Kritická hodnota na ochranu vegetácie je 20 µg·m⁻³ za kalendárny rok a zimné obdobie. Táto limitná hodnota nebola prekročená v priebehu roku 2024 na žiadnej z EMEP staníc, ani za kalendárny rok, ani za zimné obdobie. Všetky hodnoty boli pod dolnou medzou na hodnotenie úrovne znečistenia vonkajšieho ovzdušia vzhľadom na ochranu vegetácie.

■ NO₂

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

V roku 2024 nebola prekročená ročná limitná hodnota 40 µg·m⁻³ pre NO₂ na žiadnej monitorovacej stanici. Posledné prekročenie bolo namerané v roku 2018 na monitorovacích staniciach Prešov, Arm. gen. L. Svobodu a Bratislava, Trnavské Mýto. Nasledujúce grafy (Obr. 3.5) ilustrujú pokles NO₂ v roku 2024 oproti dlhodobému priemeru rokov 2017 – 2023.

Obr. 3.5 Priebeh koncentrácií NO₂ v r. 2024 (vľavo) a v r. 2017 – 2023 (vpravo) na jednotlivých typoch staníc.



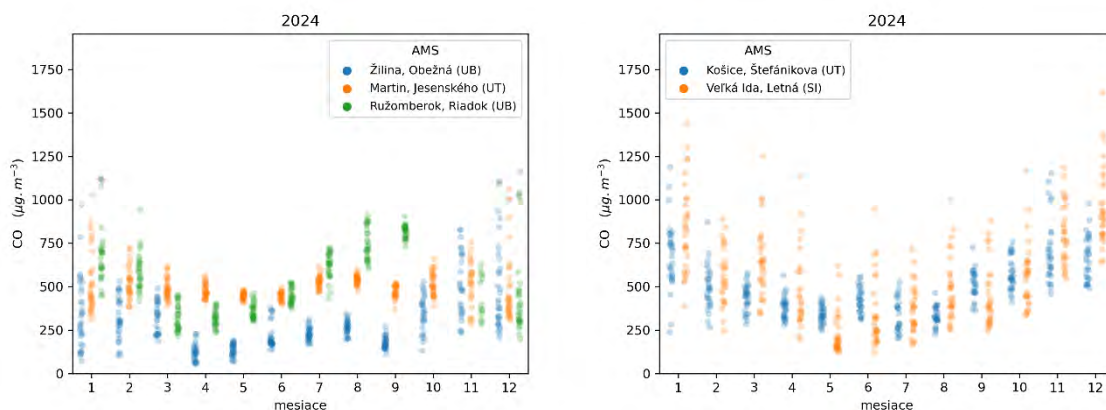
Na regionálnych pozadových EMEP staniách nebolo v roku 2024 namerané prekročenie limitnej hodnoty na ochranu vegetácie. Na Slovensku v roku 2024 nenastal ani prípad prekročenia výstražného prahu pre NO₂.

Najvyšší ročný priemer v roku 2024 zaznamenali tie isté dopravné stanice ako v roku 2023 – Prešov, Arm. gen. L. Svobodu (34 µg·m⁻³) a Bratislava, Trnavské Mýto (28 µg·m⁻³). Porovnanie hodnôt nameraných na vybraných AMS v Bratislave a Prešovskom kraji počas jednotlivých mesiacov roku 2024 ukazuje, že stanica v Prešove vykazovala celoročne najvyššie koncentrácie NO₂ v rámci kraja. V zimných mesiacoch – najmä v januári, novembri a decembri – boli zvýšené hodnoty zaznamenané aj na predmestskej pozadovej stanici v Poprade. Zvýšené koncentrácie NO₂ v závere roka boli ovplyvnené nepriaznivými rozptylovými podmienkami.

■ 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 2024 prekročená limitná hodnota pre CO, pričom úroveň znečistenia ovzdušia za predchádzajúce obdobie rokov 2012–2024 je pod dolnou medzou na hodnotenie jeho úrovne. Na Obr. 3.6 môžeme porovnať priebeh priemerných denných koncentrácií v aglomerácii Košice a v zóne Žilinský kraj, pričom na AMS Veľká Ida, Letná sú vyššie koncentrácie rozdelené približne rovnomerne počas roku, na AMS Ružomberok, Riadok sa vyskytuje maximum v zimných mesiacoch. Pre vyššie hodnoty CO v Ružomberku v auguste a septembri nemáme uspokojivé vysvetlenie. Na Obr. 3.6 je vidieť pokles septembrových koncentrácií v Žiline aj v Martine.

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

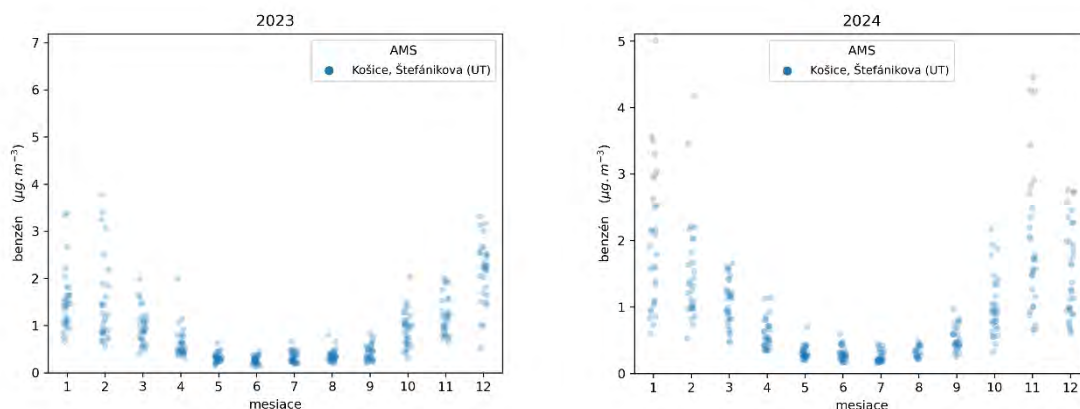


■ Benzén

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

Hodnoty priemerných ročných koncentrácií benzénu boli výrazne pod limitnou hodnotou $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Obr. 3.7 ilustruje koncentrácie benzénu v jednotlivých mesiacoch v r. 2023 a 2024 v aglomerácii Košice na dopravnej stanici Košice, Štefánikova, kde bol ročný priemer v roku 2024 najvyšší ($1,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Porovnanie poskytuje podobnú informáciu ako pri ostatných znečisťujúcich látkach – kým v roku 2023 sa najvýraznejšie prejavil február, v roku 2024 boli najvyššie koncentrácie namerané v januári a najmä v posledných mesiacoch roka.

Obr. 3.7 Pribeh koncentrácií benzénu na dopravnej stanici v aglomerácii Košice v roku 2023 a 2024

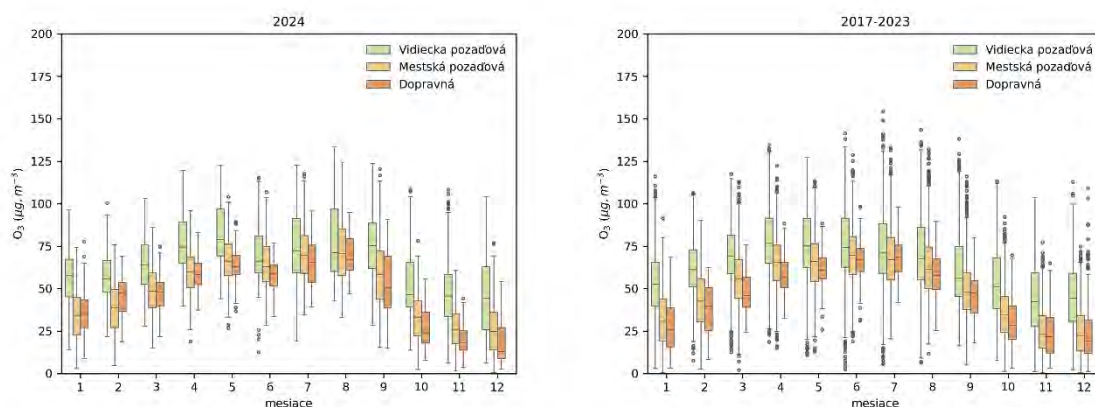


■ Ozón

Obr. 3.8 zachytáva sezónnosť troposférického ozónu, ktorý sa vyznačuje na rozdiel od ostatných znečisťujúcich látok výrazným maximom v letnom období. Prízemný (troposférický) ozón vzniká pri fotochemických reakciách napríklad z oxidu dusnatého alebo uhoľnatého a prchavých organických látok. Reakcia závisí od intenzity slnečného žiarenia. Vo vysokých horských polohách sú koncentrácie ozónu najvyššie, keďže sa tu prejavuje prenos vertikálny prenos z vyšších vrstiev atmosféry.

Priemerné koncentrácie ozónu na vidieckych (regionálnych) pozadových lokalitách sú rozoznateľne vyššie než na ostatných typoch lokalít (Obr. 3.8) na rozdiel od ostatných znečisťujúcich látok (Obr. 3.2, Obr. 3.5) práve vďaka vysokým hodnotám nameraným na EMEP stanici na Chopku.

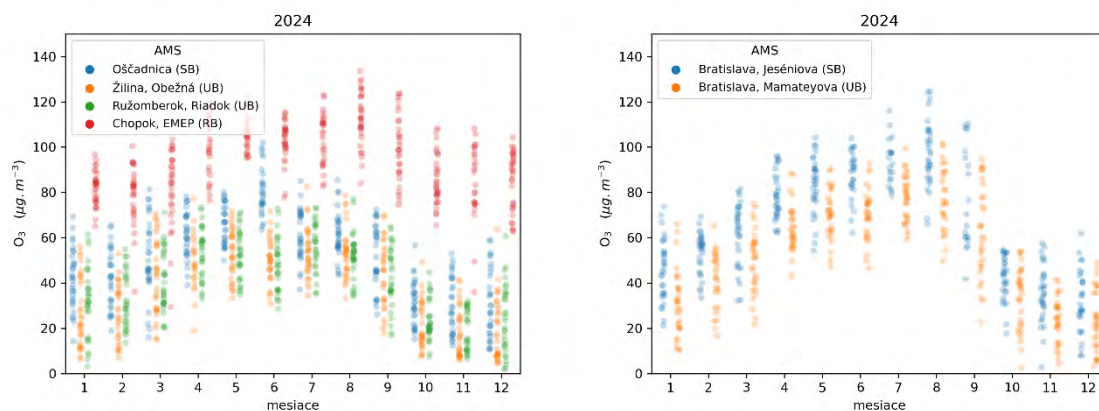
Obr. 3.8 Pribeh koncentrácií O_3 v r. 2024 (vľavo) a v období r. 2017 – 2023 (vpravo) na jednotlivých typoch staníc.



Pri porovnaní zmien koncentrácií ozónu počas roku vidno, že kým vo vysokohorskej polohe na Chopku sú hodnoty vyššie celoročne s miernym maximom v lete, v Bratislave je maximum v letných mesiacoch

oveľa výraznejšie (**Obr. 3.9**). Tieto lokality (Chopok a Bratislavu) porovnávame preto, že oboch prišlo k prekročeniu cieľovej hodnoty pre ozón – v Bratislave išlo o pozadovú lokalitu na Jeséniovej.

Obr. 3.9 Porovnanie priemerných denných koncentrácií prízemného ozónu v Žilinskom kraji a v Bratislave.



■ Pb, As, Ni, Cd

Limitná ani cieľová hodnota neboli v roku 2024 prekročené.

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

■ BaP

V roku 2024 bola cieľová hodnota pre benzo(a)pyrén (BaP), stanovená na úrovni $1,0 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$, prekročená na deviatich monitorovacích staniciach. (*Poznámka: V Plášťovciach nebol splnený požadovaný podiel platných údajov na úrovni 80 %, preto je výsledok interpretovaný s obmedzenou platnosťou.*)

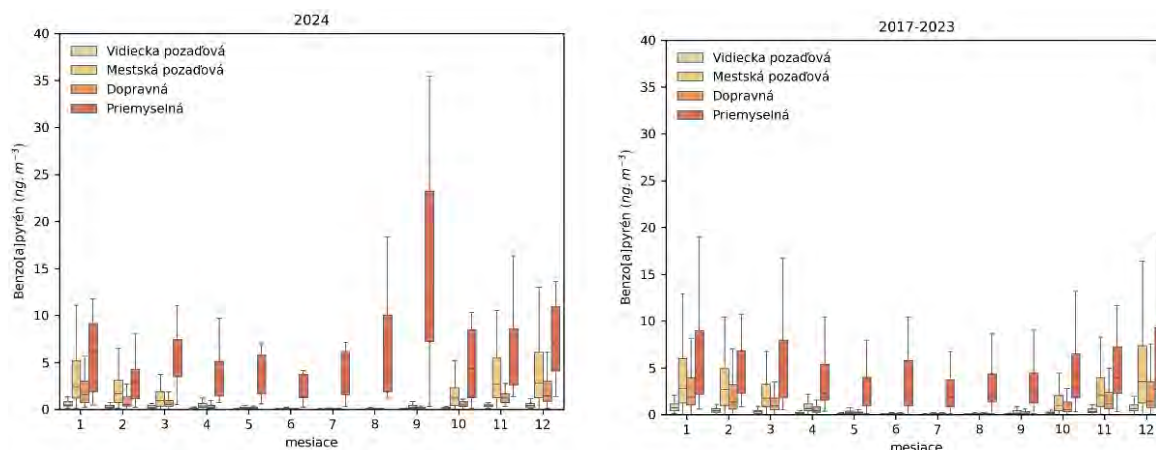
Na väčšine mestských a prímestských lokalít v Bratislavskom, Trnavskom, Nitrianskom a Trenčianskom kraji boli namerané nízke koncentrácie pod cieľovou hodnotou, často aj výrazne nižšie ako $0,5 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$. Najvyššie a opakovane prekračované koncentrácie boli zaznamenané najmä v Košickom a Banskobystrickom kraji, kde sa dlhodobo prejavuje kombinovaný vplyv priemyselnej činnosti (Veľká Ida) a spaľovania tuhých palív v domácnostiach.

- **Vo Veľkej Ide** bola v roku 2024 zaznamenaná **najvyššia hodnota v SR – $6,2 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$** , čo predstavuje šesťnásobné prekročenie cieľovej hodnoty.
- **V Jelšave** pretrváva vysoká úroveň znečistenia – **$3,4 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$** , pričom **nebol zaznamenaný žiadny pozitívny trend znižovania**.

Klesajúci trend koncentrácií možno pozorovať v **Žiline, Ružomberku a Žarnovici**, kde však **hodnoty B(a)P stále presahujú cieľovú hranicu**, a preto ostávajú problémovými lokalitami z pohľadu ochrany zdravia.

Na priemyselnej stanici Veľká Ida na je **Obr. 3.10** označená bordovou farbou, sa nevyskytuje letné minimum – vysoké hodnoty boli zaznamenané počas celého roka s mesačným maximom v septembri. Na ostatných typoch staníc okrem vidieckych, sú charakteristické veľmi nízke hodnoty mimo vykurovacej sezóny a vysoké hodnoty merané v zimných mesiacoch.

Obr. 3.10 Porovnanie priebehu priemerných koncentrácií BaP počas roku v r. 2024 v r. 2017 – 2023.



3.3.7 Zhrnutie

Rok 2024 bol relatívne priaznivým rokom z hľadiska kvality ovzdušia na Slovensku, aj keď hodnoty koncentrácií znečisťujúcich látok boli v priemere vyššie než v predchádzajúcich dvoch rokoch. Dôvodom je najmä fakt, že rok 2023 bol neobvykle bohatý na zrážky, čo priaznivo ovplyvnilo kvalitu ovzdušia. V porovnaní s dlhodobým priemerom boli v roku 2024 vyššie koncentrácie najmä v novembri a v decembri. Zrážkovo výdatný september 2024 sa prejavil na poklese koncentrácií najmä PM_{10} a $PM_{2,5}$, ale v menšej miere aj plynných znečisťujúcich látok v druhej a štvrtej dekáde septembra. Výnimočná bola epizóda prenosu saharského prachu v trvaní približne od 29.3. do 2.4.2025, kedy boli namerané priemerné denné koncentrácie vyššie ako $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na 48 staniciach a priemerné hodinové hodnoty presiahli $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na 3 staniciach.

V časovom rade súvislých meraní od roku 2017 sa prejavuje výraznejší pokles pre NO_2 , hodnoty PM kolíšu v závislosti od meteorologických podmienok, najvýraznejším problémom ostáva benzo(a)pyrén.

3.4 REGIONÁLNY MONITORING

Regionálne znečistenie ovzdušia predstavuje znečistenie v hraničnej vrstve atmosféry nad prírodným územím, nachádzajúcim sa v dostatočnej vzdialenosti od miestnych, priemyselných a mestských zdrojov emisií. Hraničná vrstva atmosféry je najnižšia časť atmosféry, ktorá siaha od zemského povrchu približne do výšky 1 000 metrov a v ktorej dochádza k vertikálnemu premiešavaniu znečisťujúcich látok.

V odľahlých oblastiach, na rozdiel od urbanizovaných či priemyselných regiónov, sú emisie znečisťujúcich látok vo všeobecnosti rovnomernejšie rozptýlené v celom objeme tejto vrstvy, čo vedie k nižším priemerným koncentráciám škodlivín.

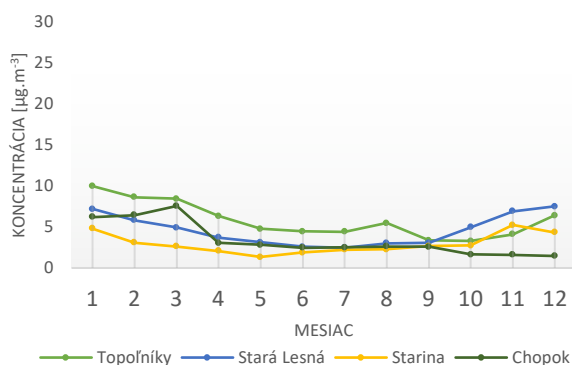
V nasledujúcom texte sú prezentované výsledky meraní z regionálnych monitorovacích staníc siete EMEP. Kapitola 3.4.1 sa venuje monitorovaniu kvality ovzdušia a kapitola 3.4.2 analyzuje kvalitu atmosférických zrážok.

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 2024 boli priemerné koncentrácie za kalendárny rok na Chopku $0,25 \mu\text{g SO}_2 \cdot \text{m}^{-3}$ a na Starine $0,24 \mu\text{g SO}_2 \cdot \text{m}^{-3}$. Aj za zimné obdobie bola koncentrácia na Chopku ($0,30 \mu\text{g SO}_2 \cdot \text{m}^{-3}$) aj na Starine ($0,35 \mu\text{g SO}_2 \cdot \text{m}^{-3}$) na nízkej úrovni a spĺňala legislatívne limity. Limitné hodnoty stanovuje Vyhláška MŽP SR č. 250/2023 Z. z. o kvalite ovzdušia v Prílohe č. 1. Ročné priemerné koncentrácie oxidu siričitého a síranov sú uvedené v Tab. 3.16. Hodnoty sú prepočítané na hmotnosť síry. Sírany tvorili 3,2 % podiel z TSP na Chopku a 5,9 % podiel z PM_{10} na Starine.

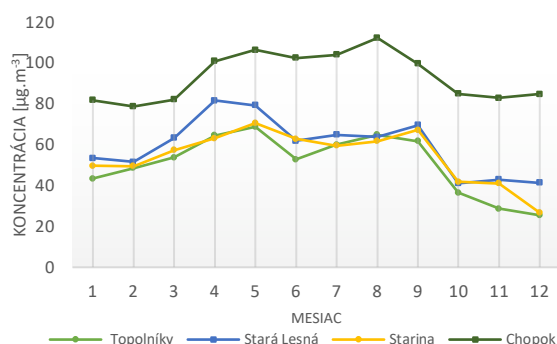
Obr. 3.11 Priemerné mesačné koncentrácie NO_x v ovzduší v r. 2024.



■ Oxidy dusíka, dusičnany

Zlúčeniny dusíka môžu tiež prispievať k acidifikácii prostredia. Preto bola legislatívou stanovená kritická úroveň znečistenia ovzdušia na ochranu vegetácie $30 \mu\text{g NO}_x \cdot \text{m}^{-3}$ za kalendárny rok, ktorá je uvedená v Prílohe č. 1 Vyhlášky MŽP SR o kvalite ovzdušia č. 250/2023 Z. z. Na regionálnych staniciach Chopok ($3,4 \mu\text{g NO}_x \cdot \text{m}^{-3}$), Stará Lesná ($4,6 \mu\text{g NO}_x \cdot \text{m}^{-3}$), Starina ($3,0 \mu\text{g NO}_x \cdot \text{m}^{-3}$) a Topolníky ($5,6 \mu\text{g NO}_x \cdot \text{m}^{-3}$) nebola limitná hodnota prekročená. V grafe na Obr. 3.12 sú zobrazené mesačné priemerné koncentrácie oxidov dusíka. Mesačné koncentrácie nevykazovali žiadny výrazný trend, maximum bolo dosiahnuté v januári, a to $10 \mu\text{g NO}_x \cdot \text{m}^{-3}$ v Topolníkoch, pričom táto hodnota je hlboko pod kritickou úrovňou na ochranu vegetácie za kalendárny rok. Ročné priemerné koncentrácie oxidu dusičitého a dusičnanov sú uvedené v Tab. 3.16. Hodnoty sú prepočítané na hmotnosť dusíka. Dusičnany boli aj v roku

Obr. 3.12 Priemerné mesačné koncentrácie O_3 v ovzduší v r. 2024.



2024 viac zastúpené v plynnej ako v časticovej forme ($\text{NO}_3^-_{(s)}/\text{HNO}_{3(g)}$) a tvorili 4,8 % z celkového TSP na Chopku a 5,1 % z PM_{10} na Starine.

Tab. 3.17 Priemerné ročné koncentrácie znečisťujúcich látok [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v ovzduší na EMEP staniciach, rok 2024.

	SO_2	SO_4^{2-}	NO_2	NO_3^-	HNO_3	Cl^-	NH_3	NH_4^+	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
Chopok	0,13	0,09	0,77	0,02	0,07	0,02	-	-	-	-	-	-
Starina	0,12	0,24	0,93	0,06	0,08	0,03	0,78	0,21	0,10	0,09	0,02	0,15

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

■ Amoniak, amónne ióny a ióny alkalických kovov

Podrobné kvalitatívne zloženie ovzdušia v súlade s monitorovacou stratégiou EMEP prebieha od roku 2007 na regionálnej monitorovacej stanici Starina. V ovzduší sa na dennej báze sledujú koncentrácie amoniaku, amónnych kationov, iónov sodíka, draslíka, vápnika a horčíka. Priemerné koncentrácie uvedených komponentov (NH_3 a NH_4^+ prepočítané na dusík) sú uvedené v **Tab. 3.16**. Pri amónnych iónoch predstavuje ročná koncentrácia hodnotu $0,25 \mu\text{g N}\cdot\text{m}^{-3}$ a pri amoniaku $0,78 \mu\text{g N}\cdot\text{m}^{-3}$. Amónne ióny mali na Starine 2,2 % podiel na koncentráciách PM_{10} .

■ Atmosférický aerosól a ťažké kovy

Hodnoty koncentrácií PM_{10} a TSP (meria sa na Chopku) a tiež detailnejšie charakteristiky zloženia tuhých častíc na EMEP staniciach, ktoré zahŕňajú podiely olova, medi, kadmia, niklu, chrómu, zinku, arzenu, elementárneho a organického uhlíka v $\text{PM}_{10}/\text{TSP}$ za rok 2024 sú uvedené v **Tab. 3.17**

Tab. 3.17 Priemerné ročné koncentrácie PM_{10} , TSP, OC/EC a O_3 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] a ťažkých kovov [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$] v ovzduší na EMEP staniciach, rok 2024.

	$\text{PM}_{10}/\text{TSP}^1$	Pb	Cu	Cd	Ni	Cr	Zn	As	OC/EC	O_3
Chopok ¹	8	0.87	0.32	0.03	0.24	0.37	6.19	0.10	-	94
Topoľníky	13	2.98	1.18	0.10	0.95	0.83	14.366	0.14	-	51
Starina	12	2.10	0.35	0.08	0.26	0.38	8.267	0.12	-	60
Stará Lesná	9	2.15	0.89	0.08	0.39	0.44	10.351	0.12	2,6/0,3	54

¹ TSP – celkový prach, sa meria na Chopku; výsledky PM_{10} sú z gravimetrického stanovenia

■ Ozón

AMS Stará Lesná má najdlhší časový rad meraní ozónu, od roku 1992. Merania ozónu v Topoľníkoch, na Starine a na Chopku sa začali realizovať v priebehu roka 1994. V roku 2024 bola priemerná ročná koncentrácia ozónu na Chopku $94 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, v Topoľníkoch $51 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, v Starej Lesnej $60 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a na Starine $54 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (**Tab. 3.17**). Graf na **Obr. 3.12** ilustruje mesačné koncentrácie O_3 na EMEP staniciach. Najvyššie koncentrácie boli namerané na Chopku. Jedným z dôvodov je umiestnenie monitorovacej stanice vo vysokej nadmorskej výške (2008 m n. m.) Na MS Chopok bola prekročená cieľová hodnota pre ochranu vegetácie AOT40.

■ Prchavé organické zlúčeniny

Prchavé organické zlúčeniny $\text{C}_2 - \text{C}_8$ (tzv. ľahké uhľovodíky) sa začali odoberať na stanici Starina v roku 1994. Koncentrácie jednotlivých zlúčenín počas roka majú rozdielny charakter (**Tab. 3.18**). Nižšie uhľovodíky (etán, etén, propán a propén) majú sezónny chod, vysoké hodnoty sa vyskytujú v zime. Naopak, najvyššie koncentrácie izoprénu meriame v letných mesiacoch. Dôvodom je skutočnosť, že sa jedná o chemickú látku, ktorej emisie majú biogénny charakter, produkujú ho rastliny. Produkcia emisií izoprénu sa zvyšuje s rastúcou teplotou. Benzén a jeho deriváty nemajú sezónny charakter a ich koncentrácie sú konštantné po celý rok.

Tab. 3.18 Priemerné ročné koncentrácie prchavých organických zlúčenín [ppb] na EMEP stanici Starina, rok 2024.

etán	etén	etín	propán	propén	i-bután	bután	butén
2,06	0,80	0,02	0,90	0,23	0,34	0,52	0,07
pentán	pentén	hexán	izoprén	benzén	toluén	o-xylén	
0,17	PDL	0,18	0,19	0,24	0,14	0,09	

* PDL – pod detekčný limit analytickej metódy

3.4.2 Atmosférické zrážky

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

Tab. 3.19 Ročné vážené priemery koncentrácií znečisťujúcich látok v atmosférických zrážkach, rok 2024.

	zrážky [mm]	pH	vodivosť [μS·cm ⁻¹]	SO ₄ ²⁻ [mg·l ⁻¹]	NO ₃ ⁻ [mg·l ⁻¹]	NH ₄ ⁺ [mg·l ⁻¹]	Cl ⁻ [mg·l ⁻¹]	Na ⁺ [mg·l ⁻¹]	K ⁺ [mg·l ⁻¹]	Mg ²⁺ [mg·l ⁻¹]	Ca ²⁺ [mg·l ⁻¹]
Chopok	1122	5.15	8.73	0.232	0.186	0.210	0.357	0.154	0.064	0.032	0.235
Topoľníky	580	5.42	12.9	0.331	0.265	0.505	0.286	0.155	0.073	0.082	0.771
Starina	472	5.25	11.52	0.318	0.271	0.374	0.230	0.226	0.201	0.071	0.685
Stará Lesná	403	5.40	8.82	0.280	0.208	0.324	0.269	0.148	0.063	0.044	0.375
Bratislava, Jeséniova	592	5.79	12.23	0.382	0.251	0.484	0.268	0.428	0.105	0.095	0.733

SO₄²⁻ – prepočítané na síru,

NO₃⁻, NH₄⁺ – prepočítané na dusík

■ Hlavné ióny, pH, vodivosť

V roku 2024 bol na regionálnych staniciach zaznamenaný **priemerný ročný úhrn zrážok**, ktorý sa v porovnaní s predchádzajúcimi rokmi pohyboval v štandardných hodnotách.

Reakcia zrážkovej vody (pH) bola slabo kyslá na všetkých EMEP staniciach. Najnižšie pH (5,15) bolo zaznamenané na Chopku – horskej stanici s obmedzeným prísunom neutralizujúcich katiónov v ovzduší. Najvyššie pH (5,42) bolo namerané v Topoľníkoch. V Bratislave dosiahlo pH hodnotu (5,79) čo naznačuje **neutralizáciu kyslosti** zásaditými látkami a zodpovedá zvýšenému zaťaženiu urbanizovaného územia, (napr. prach a emisie z antropogénnych zdrojov. (**Tab. 3.19**, **Obr.3. 14**)¹.

Elektrická vodivosť atmosférických zrážok ako indikátor celkového obsahu disociovaných iónov, bola najvyššia v Topoľníkoch (12,90 μS·cm⁻¹) s intenzívnejším poľnohospodárskym využívaním územia a mimo EMEP lokalít to bolo v Bratislave (12,23 μS·cm⁻¹), čo zodpovedá vysokému stupňu urbanizácie. Naopak, najnižšia vodivosť bola nameraná na Chopku (8,73 μS·cm⁻¹), v tejto oblasti zaznamenávame nízke koncentrácie iónov typické pre menej znečistené horské prostredie.

Sírany (SO₄²⁻) a dusičnany (NO₃⁻), ako hlavné anorganické kyslé zložky, mali najnižšie koncentrácie na Chopku (0,232 mg·l⁻¹ a 0,186 mg·l⁻¹). Ich najvyššie hodnoty na EMEP staniciach sa vyskytli v Topoľníkoch v prípade síranov (0,331 mg·l⁻¹) a na Starine v prípade dusičnanov 0,271 mg·l⁻¹) a v Bratislave, kde je vyššie antropogénne zaťaženie (doprava, spaľovanie palív, poľnohospodárstvo), (**Tab. 3.19**, **Obr. 3.14**).

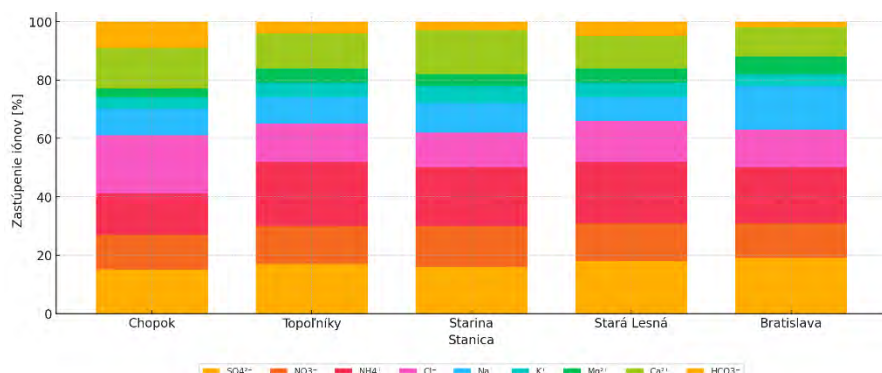
Amonné ióny (NH₄⁺), ktoré prispievajú k neutralizácii kyslých zložiek, boli najvyššie na Topoľníkoch (0,505 mg·l⁻¹), čo koreluje s väčším poľnohospodárskym využitím krajiny v okolí stanice. Na Chopku bola ich koncentrácia nízka (0,210 mg·l⁻¹).

Zásadité katióny, najmä **vápnik (Ca²⁺)** a **horčík (Mg²⁺)**, ktoré neutralizujú kyslé zložky, boli najvyššie v Topoľníkoch (0,771 a 0,082 mg·l⁻¹) a Bratislave. Ich nízky obsah na Chopku (0,235 a 0,032 mg·l⁻¹) je ďalším dôkazom o slabej neutralizačnej kapacite v horskej atmosfére.

¹ Neutrálna voda má pH 7. Dážď absorbuje oxid uhličitý z atmosféry a vytvára kyselinu uhličitú, ktorá je mierne kyslá, takže bežné pH dažďa je 5,6. Kyslý dážď má typické pH 4,2 až 4,4.

Chloridy (Cl^-) a sodík (Na^+), často viazané na morský alebo cestný aerosól, boli mierne vyššie v mestských a nížinných oblastiach (napr. Bratislava, Topoľníky), ale nie sú dominantnými zložkami.

Obr.3.13 Relatívne ekvivalentné pomery² hlavných iónov v zrážkach (v %)



Zhrnutie:

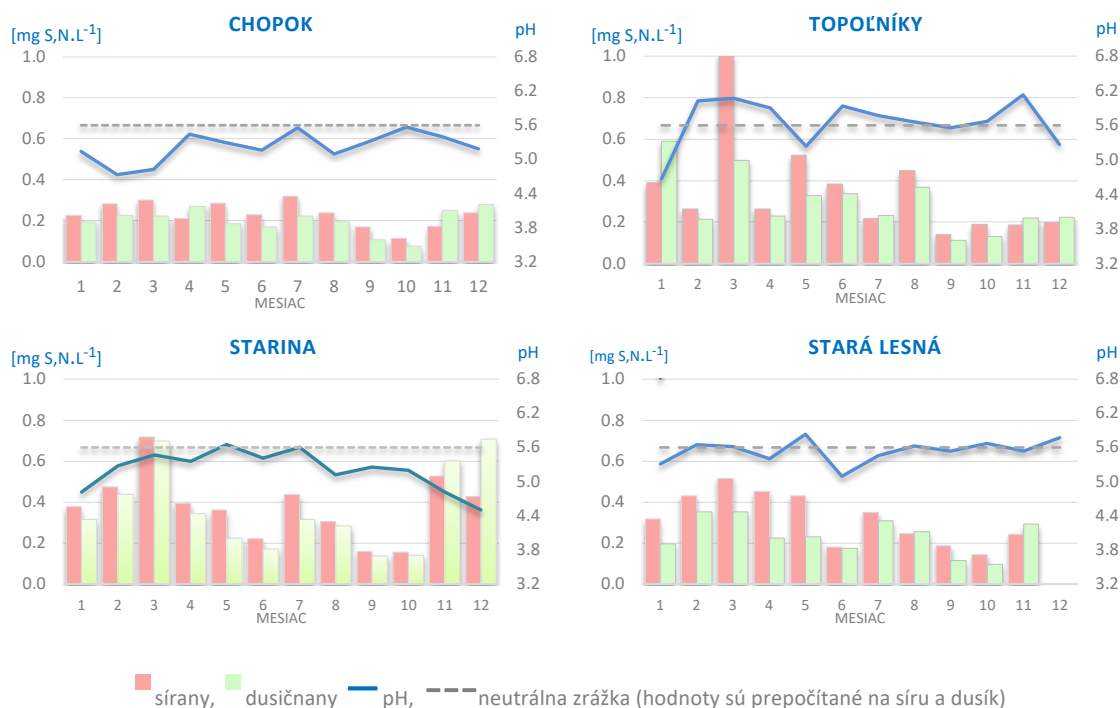
Chopok reprezentuje horskú lokalitu – nízke koncentrácie iónov (nízka vodivosť), najnižšie pH s nízkym podielom neutralizačných iónov (NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), nižšia prašnosť, preto je tam relatívne vyšší vplyv kyslých zložiek (SO_4^{2-} , NO_3^-).

Topoľníky a najmä Bratislava vykazujú vyššiu mieru antropogénneho vplyvu – vyššia vodivosť, vyššie pH a relatívne zastúpenie NH_4^+ , Ca^{2+} .

Starina a Stará Lesná sú niekde medzi – s miernym vplyvom poľnohospodárstva a dôsledkov urbanizácie.

Napriek tomu, že stanica Chopok vykazuje najnižšie zastúpenie hlavných kyslých aniónov (sírany a dusičnany), dosahuje zároveň najnižšie hodnoty pH a najvyšší podiel HCO_3^- (vypočítaný z hodnoty pH), ktorý vykazuje za normálnych okolností neutralizačný efekt. Na Chopku však tento zvýšený podiel nevzniká ako dôsledok účinnej neutralizácie, ale ako dôsledok nízkeho obsahu zásaditých kationtov (NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+). V prostredí s nadbytkom voľného H^+ , ktorý nie je neutralizovaný kationtmi, sa vytvára viac HCO_3^- ako produkt rovnovážnej reakcie s CO_2 . Zvýšený obsah HCO_3^- tak odráža kyslé podmienky a nižší pufrovací potenciál prostredia (Obr. 3.13).

Obr. 3.14 Koncentrácia síranov a dusičnanov v atmosférických zrážkach, rok 2024.



² predstavujú podiely medzi jednotlivými iónmi vyjadrené v ekvivalentných koncentráciách (vyjadrujú pomer voči ostatným zložkám a zohľadňujú náboj iónov). Slúžia na vyhodnotenie chemického zloženia atmosférických zrážok a identifikáciu zdrojov znečistenia (napr. priemysel SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} ; poľnohospodárstvo NH_4^+ , NO_3^- ; doprava NO_3^- , K^+ spaľovanie biomasy, prírodné zdroje Ca^{2+} , Mg^{2+} – pôdny prach).

■ Ťažké kovy v atmosférických zrážkach

Monitoring ťažkých kovov v zrážkach sa na Slovensku vykonáva v súlade s monitorovacou stratégiou CCC EMEP (Chemical Coordinating Centre of EMEP). Na staniciach prvej úrovne sa sledujú ťažké kovy: olovo (Pb), meď (Cu), kadmium (Cd), nikel (Ni), chróm (Cr), zinok (Zn) a arzén (As). Rovnaký rozsah monitoringu sa uplatňuje aj na stanici Bratislava, Jeséniova.

Výsledky ročných vážených priemerov koncentrácií ťažkých kovov v atmosférických zrážkach za rok 2024 sú uvedené v **Tab. 3.20**. V porovnaní s predchádzajúcimi rokmi zostali koncentrácie ťažkých kovov relatívne stabilné, bez výraznejšieho medziročného poklesu. V posledných rokoch sa prejavuje klesajúci trend koncentrácií olova v zrážkach, napriek tomu, že v roku 2024 boli vyššie ako v roku 2023. V roku 2024 boli zrážkové úhrny na väčšine lokalít blízke dlhodobým priemerom.

Najvyššia koncentrácia:

- **Pb (1.08 µg/l)** bola zaznamenaná na **Starej Lesnej**,
- **Zn (22.58 µg/l)** a **Ni (1.20 µg/l)** dosiahli najvyššie hodnoty na stanici **Starina**,
- **Cu (0.83 µg/l)** bola taktiež najvyššia na **Starine**, čo môže naznačovať lokálne vplyvy.

Naopak, **najnižšie koncentrácie** ťažkých kovov sa vyskytli predovšetkým na **Chopku** a v **Bratislave**.

Tab. 3.20 Ročné vážené priemery koncentrácií ťažkých kovov v atmosférických zrážkach na EMEP staniciach, rok 2024.

	Zrážky [mm]	Pb [µg·l ⁻¹]	Cd [µg·l ⁻¹]	Cr [µg·l ⁻¹]	As [µg·l ⁻¹]	Cu [µg·l ⁻¹]	Zn [µg·l ⁻¹]	Ni [µg·l ⁻¹]
Chopok	1169	0.94	0.04	0.15	0.12	0.30	15.33	0.28
Topoľníky	509	0.91	0.04	0.19	0.12	0.45	13.73	0.31
Starina	743	0.99	0.03	0.18	0.16	0.83	22.58	1.20
Stará Lesná	729	1.08	0.02	0.11	0.08	0.20	20.62	0.44
Bratislava, Jeséniova	731	0.66	0.03	0.14	0.10	0.65	11.36	0.27

VÝSLEDKY MATEMATICKÉHO MODELOVANIA KVALITY OVZDUŠIA

Zákon o ochrane ovzdušia č. 146/2023 Z. z. stanovuje postup pre hodnotenie a kritériá kvality ovzdušia v plnom súlade so smernicami EÚ a umožňuje využiť na hodnotenie kvality ovzdušia okrem meraní pomocou monitorovacích staníc aj **matematické modelovanie**. Základným východiskom pre hodnotenie kvality ovzdušia na Slovensku sú výsledky meraní koncentrácií znečisťujúcich látok v ovzduší, ktoré realizuje SHMÚ na 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 sa používajú na hodnotenie kvality ovzdušia od roku 2020, pričom ich výstupy sú odvtedy pravidelne uvádzané v Správach o kvalite ovzdušia.

4.1 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH MODELOV

■ Chemicko-transportný model CMAQ v5.3

Modelovací systém *Community Multiscale Air Quality Modeling System* – CMAQ¹, 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 RIO² 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

¹ United States Environmental Protection Agency. (2020). CMAQ (Version 5.3.2) [Software]. Available from <https://doi.org/10.5281/zenodo.4081737>

² 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

Interpoláčny 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 opakovat 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 poľnohospodárstvo³. Problematika modelovania PM chemicko-transportným, či rozptylovým modelom je komplikovaná aj relatívne výrazným, aj keď časovo obmedzeným vplyvom aktivít, ktorých emisie je zložitá vyčíslieť a aspoň približne lokalizovať v priestore a čase – napríklad stavebné a búracie práce, poľnohospodárske práce ako napríklad orba, či žatva a nedovolené spaľovanie poľnohospodárskych zvyškov aj odpadu.

Priestorové rozloženie koncentrácií PM₁₀ na Slovensku bolo vypočítané modelom RIO, pričom ako pomocné priestorové dáta boli použité výstupy z gaussovského modelu AtmoStreet⁴ (15 %), ventilačný index⁵ (16 %), nadmorská výška (69 %). Hodnoty v zátvorke predstavujú váhy priradené jednotlivým typom priestorových dát. Po následnej úprave výsledkov metódou IDW-R a porovnaní s meraniami dostávame RMSE = 0,2 µg·m⁻³ a BIAS = 0,0 µg·m⁻³.

Výsledné priemerné ročné koncentrácie PM₁₀ sú na Obr. 4.1. Ako vidno, limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu (40 µg·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.

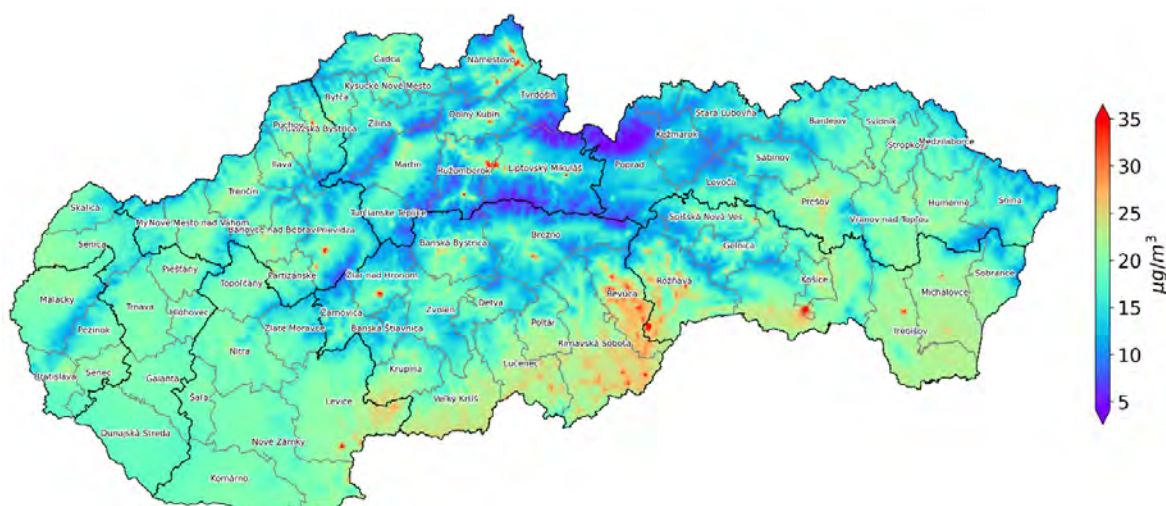
Na Obr. 4.2 je zobrazený počet dní, počas ktorých bola prekročená priemerná denná limitná hodnota koncentrácií PM₁₀ rovnajúca sa 50 µg·m⁻³. Takýchto dní nesmie byť viac ako 35 v roku. Z obrázku vidíme, že podľa modelovania túto podmienku nemusia spĺňať doliny a kotliny na Gemeri, v okolí Jelšavy a Rožňavy, okolie Veľkej Idy, južné Slovensko v okolí Plášťoviec a menšie údolné oblasti na severozápadnom a strednom 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.

³ <https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results> - IIR po jednotlivých rokoch a krajinách

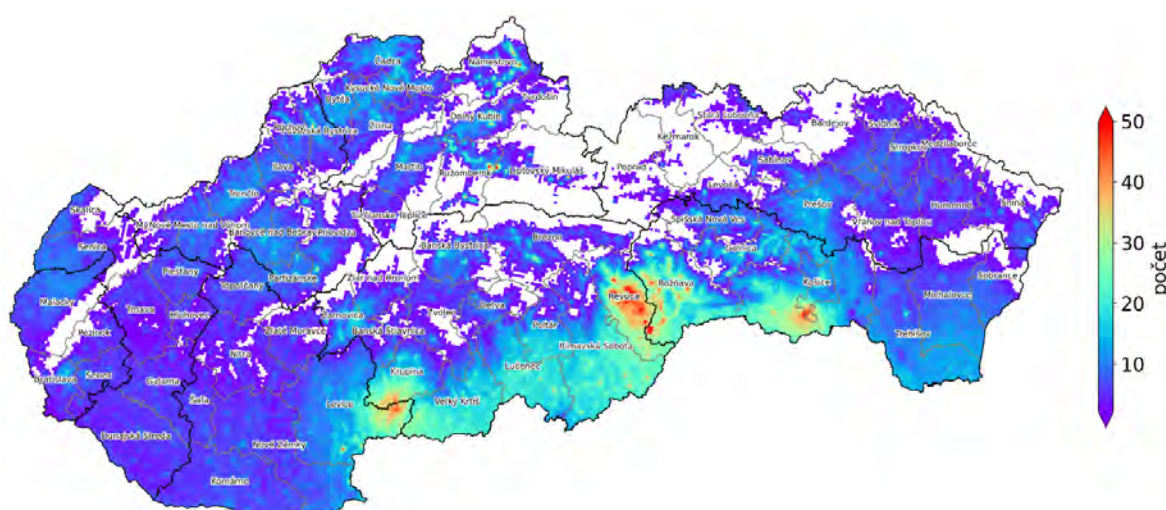
⁴ Tento model obsahoval emisie z lokálnych kúrenísk bez uvažovania požadových koncentrácií.

⁵ Výška premiešavania vynásobená priemernou rýchlosťou vetra vo vrstve pod touto výškou.

Obr. 4.1 Priemerné ročné koncentrácie PM_{10} [$\mu g \cdot m^{-3}$] v roku 2024.



Obr. 4.2 Počet dní s prekročením limitnej hodnoty pre 24-hodinovú koncentráciu PM_{10} ($50 \mu g \cdot m^{-3}$) v roku 2024. Zobrazené sú len oblasti s nenulovým počtom prekročení.



■ Modelovanie $PM_{2,5}$

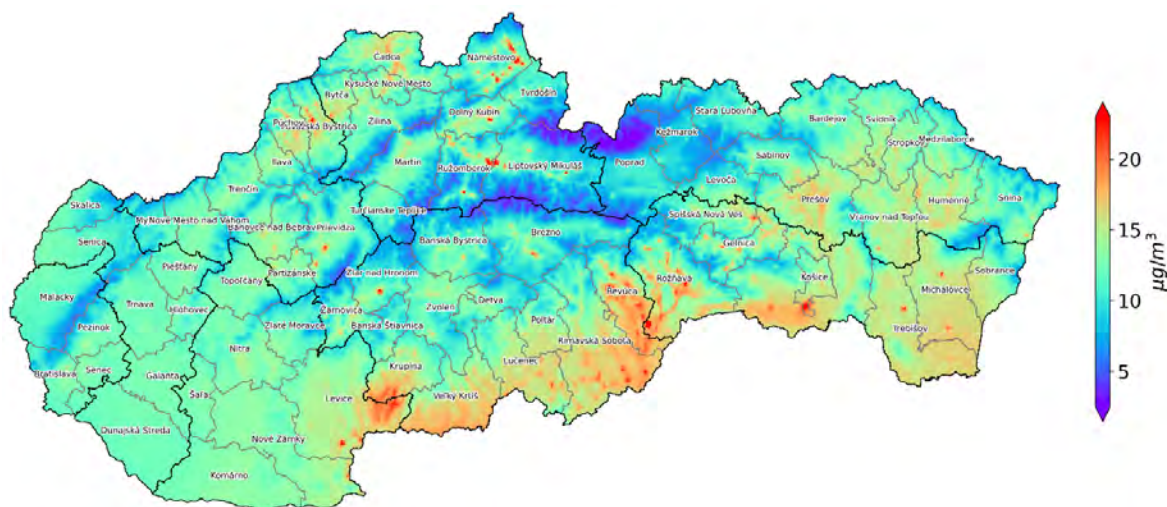
Dominantným zdrojom emisií $PM_{2,5}$ je vykurovanie domácností prevažne tuhým palivom, ktoré dosahuje pre $PM_{2,5}$ každoročne až 80 % celkových emisií⁶.

Priestorové rozloženie koncentrácií $PM_{2,5}$ na Slovensku bolo vypočítané modelom RIO, pričom ako pomocné priestorové dáta boli použité výstupy z modelu AtmoStreet (11 %), ventilačný index (24 %), a nadmorská výška (65 %). Po následnej úprave výstupu modelu RIO metódou IDW-R dostávame pri porovnaní s meraniami $RMSE = 0,2 \mu g \cdot m^{-3}$ a $BIAS = 0,0 \mu g \cdot m^{-3}$. Výsledné priemerné ročné koncentrácie $PM_{2,5}$ sú na Obr. 4.3. Priemerná ročná limitná hodnota $20 \mu g \cdot m^{-3}$ v roku 2024 v tomto priestorovom rozlíšení bola prekračovaná len miestami, a to najmä na Orave, Dolnom Liptove, Gemi v okolí Jelšavy, v okolí Košíc, v okolí Martina, Čierneho Balogu a Plášťoviec. To korešponduje aj s nameranými údajmi, podľa ktorých bola táto limitná hodnota prekračovaná v Plášťovciach a pomerne vysoké koncentrácie $PM_{2,5} = 20 \mu g \cdot m^{-3}$ boli zaznamenané aj vo Veľkej Ide, Žarnovici a Jelšave. Najvyššie koncentrácie sú obdobne ako

⁶ <https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results> - IIR po jednotlivých rokoch a krajinách

v prípade PM_{10} v lokalitách s veľkým počtom lokálnych kúrenísk na tuhé palivo, v uzavretých horských dolinách.

Obr. 4.3 Priemerné ročné koncentrácie $PM_{2,5}$ [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2024.



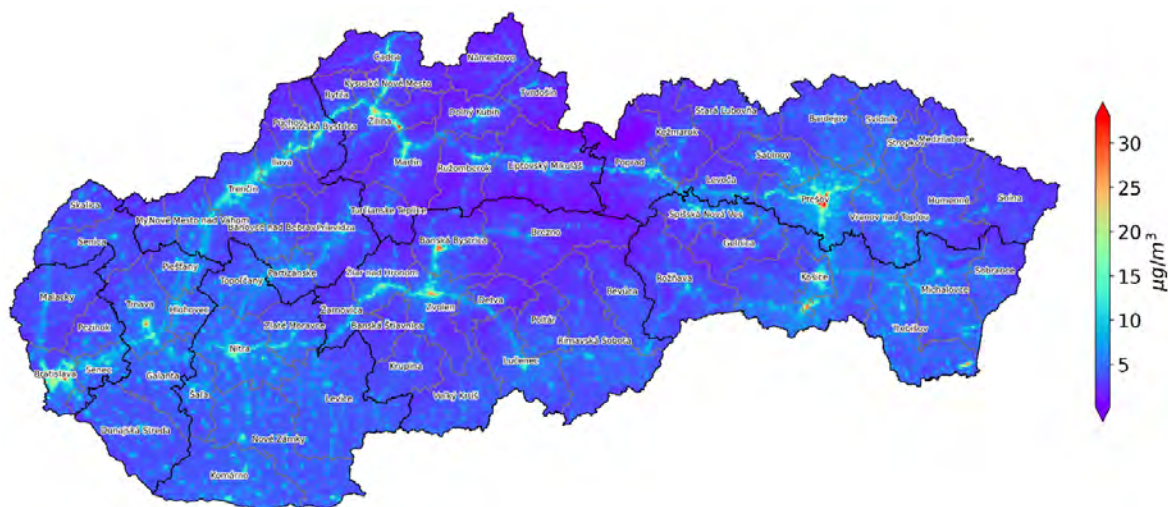
■ Modelovanie NO_2

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

Priestorové rozloženie koncentrácií NO_2 na Slovensku bolo vypočítané modelom RIO, pričom boli použité tieto pomocné priestorové dáta: výstupy z modelu AtmoStreet (42 %), nadmorská výška (18 %) a využitie krajiny⁷ (40 %). Po následnej úprave modelu metódou IDW-R a porovnaní s meraniami dostávame $RMSE = 1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $BIAS = 0,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Výsledné priemerné ročné koncentrácie NO_2 sú na **Obr. 4.4**. Najvyššie koncentrácie sa vyskytujú v okolí veľkých miest, teda v miestach so zvýšenou intenzitou cestnej dopravy. Z obrázku možno vidieť, že v skúmanom rozlíšení nebola limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu ($40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v roku 2024 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.

⁷ <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>

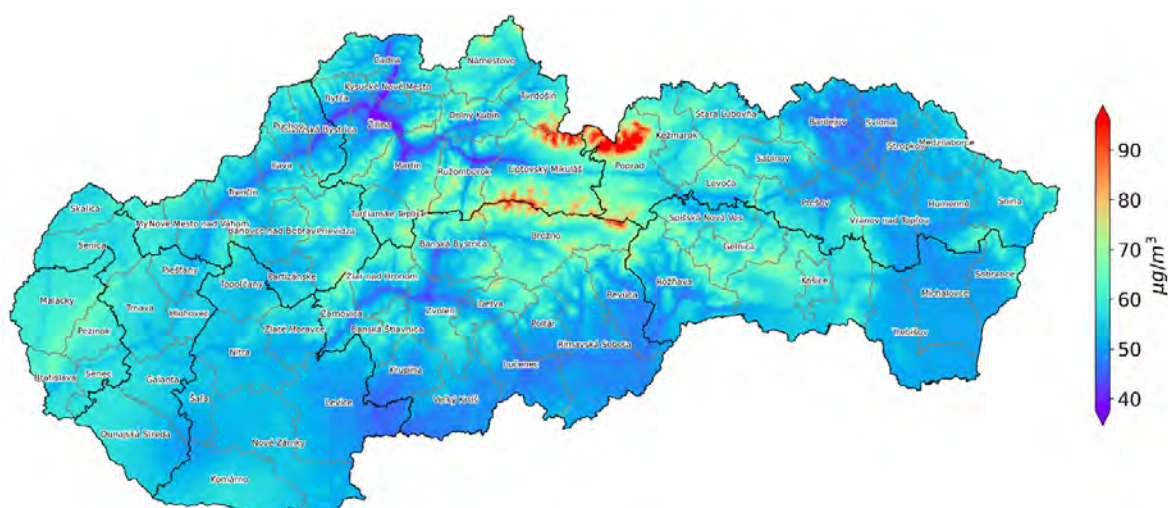
Obr. 4.4 Priemerné ročné koncentrácie NO_2 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2024.



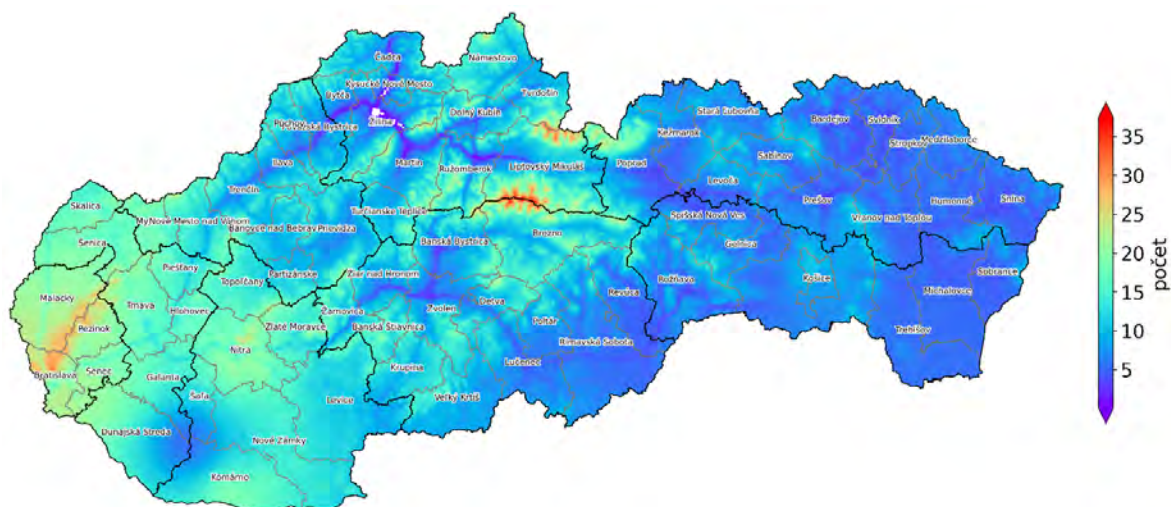
■ Modelovanie ozónu

Priestorové rozloženie koncentrácií ozónu na Slovensku bolo vypočítané modelom RIO, pričom ako pomocné priestorové polia boli použité výstupy z modelu AtmoStreet s uvažovaním len dopravných zdrojov (36 %) a nadmorská výška (64 %). Po následnej úprave vypočítaných koncentrácií metódou IDW-R a porovnaní s meraniami dostávame $\text{RMSE} = 0,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $\text{BIAS} = 0,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Výsledné priemerné ročné koncentrácie ozónu sú na **Obr. 4.5**. **Obr. 4.6** ilustruje počet dní, v ktorých priemerná osemhodinová koncentrácia prízemného ozónu prekročila hodnotu $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (t.j. cieľovú hodnotu pre ochranu ľudského zdravia), pričom sa zobrazuje priemerný počet dní za obdobie 2022–2024. (Tento priemerný počet dní nemôže prekročiť hodnotu 25). Z obrázku vidíme, že viac ako 25 prekročení v priemere za obdobie 2022–2024 majú vysoko položené horské oblasti a oblasti na západnom Slovensku. **Obr. 4.7** zachytáva priemerné hodnoty AOT40 pre ochranu vegetácie za obdobie 2020–2024 (podľa Vyhlášky MŽP SR č. 250/2023 Z. z. o kvalite ovzdušia). Cieľová hodnota 18 000 sa taktiež prekračuje vo vysoko-horských polohách a na západnom Slovensku.

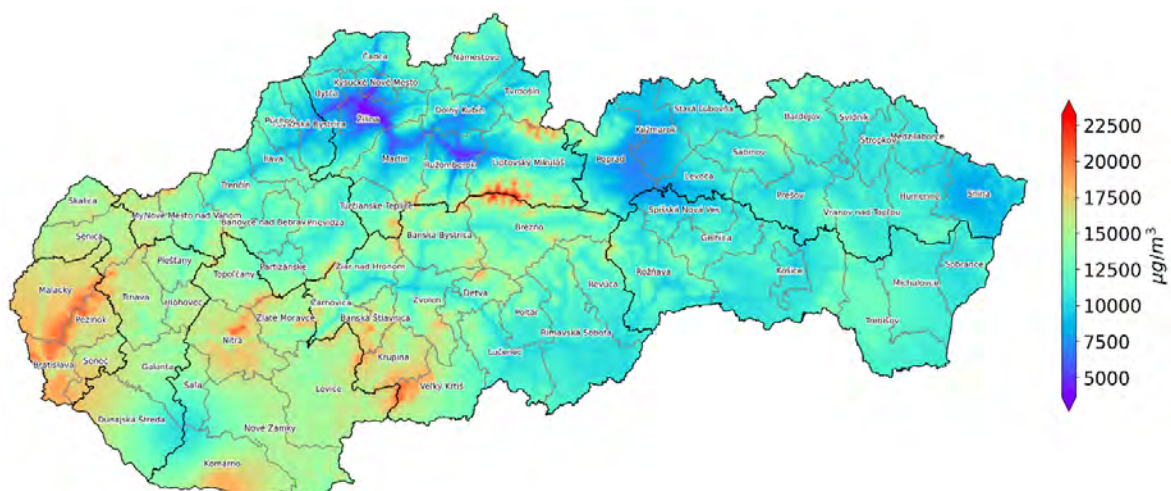
Obr. 4.5 Priemerné ročné koncentrácie ozónu [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2024.



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 2022 – 2024).



Obr. 4.7 Priemerné hodnoty AOT40 za obdobie piatich rokov (2020 – 2024).



Priemerné ročné koncentrácie prízemného ozónu vo všeobecnosti narastajú s nadmorskou výškou, čo je spôsobené prenikaním stratosférického ozónu do vrchných vrstiev troposféry. V roku 2024, 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.

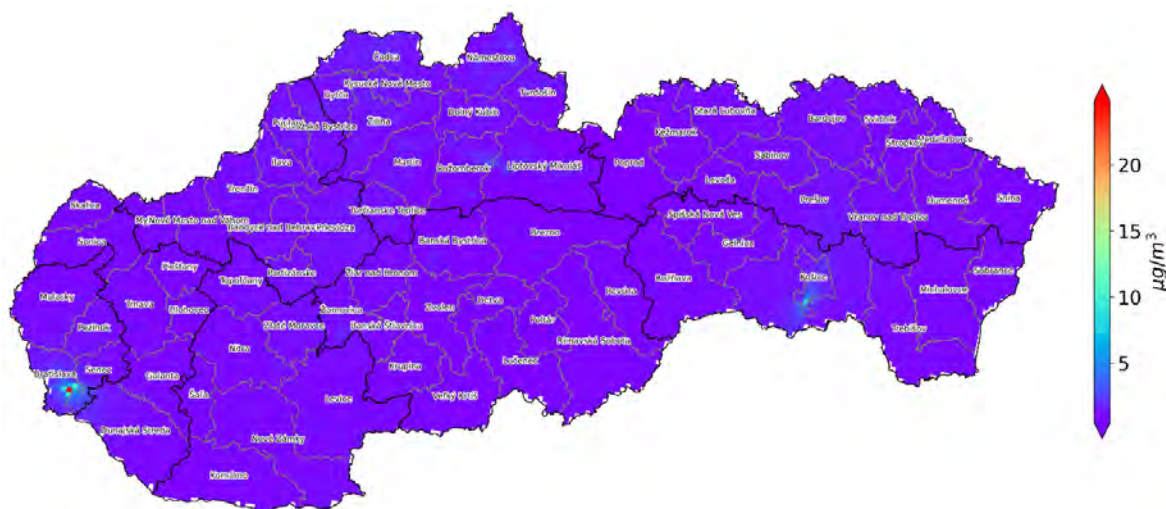
■ Modelovanie SO₂

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 892 najvýznamnejších zdrojov evidovaných v databáze NEIS. Najvýznamnejšie zdroje SO₂ v roku 2024 boli U. S. Steel Košice, s.r.o. a SLOVNAFT, a.s. (Bratislava). Emisie SO₂ zaznamenali v porovnaní s minulosťou významný pokles. Napríklad príspevok v minulosti významného producenta emisií SO₂ Slovalco, a.s. (Žiar nad Hronom) je z dôvodu utlmenia výroby zanedbateľný. Taktiež elektráreň Nováky ukončila prevádzku v decembri 2023. 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 III⁸. Ďalšou potrebnou charakteristikou pre modelovanie kvality ovzdušia sú zmeny emisií počas roka, ktoré boli určené na základe charakteru a typu zdroja (celoročná prevádzka, sezónna prevádzka, energetika, lokálne vykurovanie atď.). Tieto zmeny sú však v prípade veľkých zdrojov často náhle a veľké, a nedajú sa s potrebnou presnosťou spätne zrekonštruovať, čo prispieva k zdrojom neurčitosti v modelovaných koncentráciách.

Obr. 4.8 Priemerné ročné koncentrácie SO₂ [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2024.



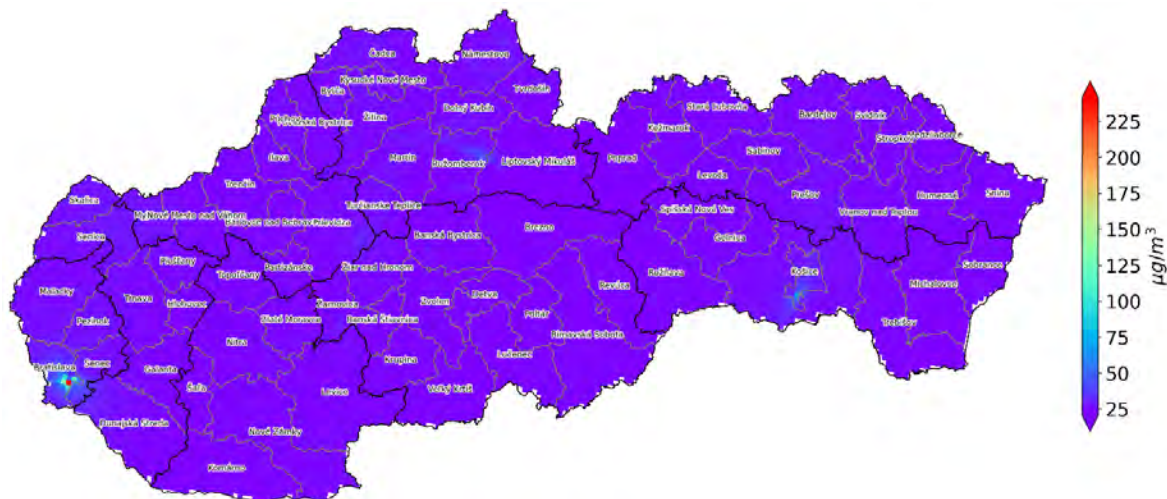
Namerané priemerné ročné koncentrácie SO₂ sú v posledných rokoch nízke. Zdá sa, že pri takýchto nízkych hodnotách sme dosiahli úroveň senzitivity meracích zariadení (analýzátorov) SO₂, preto v prípade priemerných ročných koncentrácií SO₂ model nekalibrujeme na hodnoty nameraných koncentrácií. Na výslednej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

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 ($r = 0,65$). Možno sa domnievať, že merania pomerne dobre zachytávajú maximálnych koncentrácií. Koncentrácie vypočítané modelom CMAQ boli následne

⁸ Kuenen, J.J.P., Visschedijk, A.J.H., Jozwicka, M., Denier van der Gon, H.A.C., 2014. TNO-MACC_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>

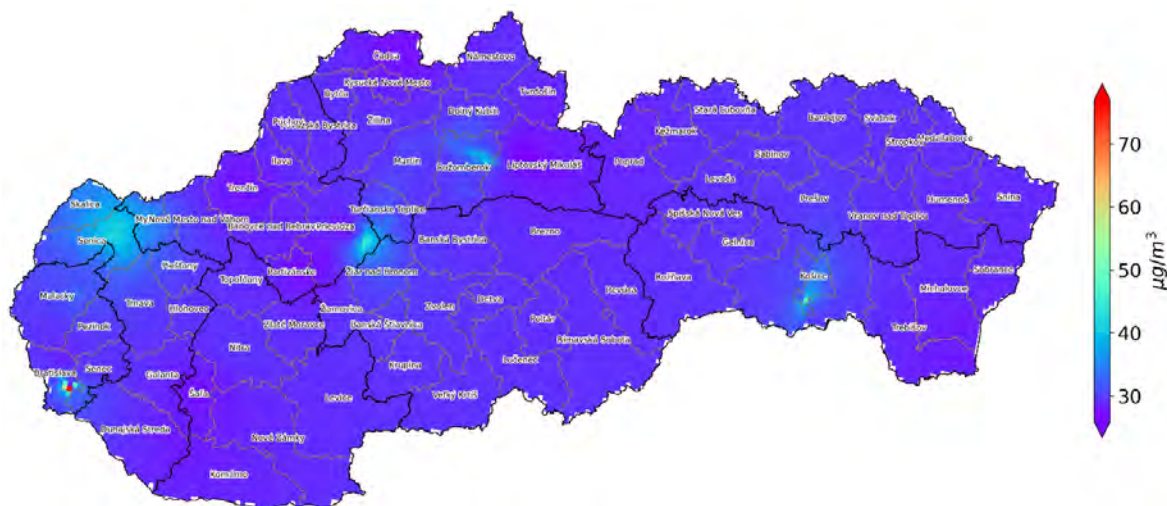
spracované metódou IDW-R pre dosiahnutie čo najlepšej zhody s meraniami (RMSE = $8,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a BIAS = $-1,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Výsledný 99,7 hodinový percentil koncentrácií SO_2 je na Obr. 4.9, z ktorého možno vidieť, že 25. najvyššia hodinová koncentrácia bola hlboko 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 SO_2 v roku 2024.



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 = $4,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a BIAS = $-0,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). 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 2024.



■ Modelovanie CO

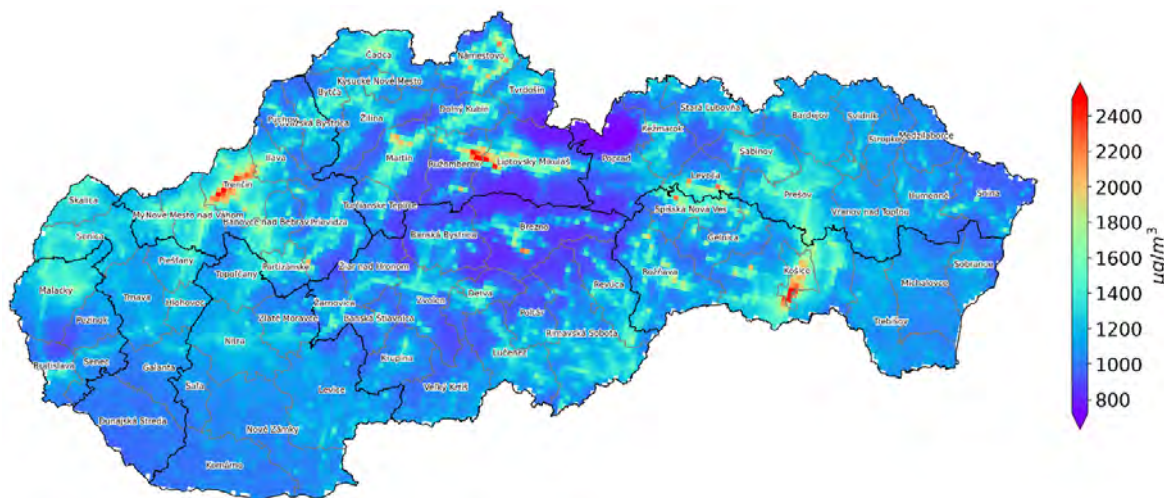
Priestorové rozloženie koncentrácií CO na Slovensku bolo vypočítané modelom CMAQ, pričom boli použité meteorologické údaje z modelu ALADIN.

Najdôležitejšími zdrojmi emisií CO sú lokálne kúreniská (takmer 55 % celkových emisií), nasledujú priemyselné bodové zdroje. Do výpočtu bolo zaradených vyše 1200 najvýznamnejších zdrojov evidovaných

v databáze NEIS. Do simulácie boli tiež zahrnuté emisie z cestnej dopravy (približne 20 % z celkových emisných vstupov) a poľnohospodárstva (približne 5 % z celkových emisných vstupov). Mimo územia SR boli použité emisie z databázy TNO-MAC III. Maximálne 8-hodinové kľzavé koncentrácie CO v roku 2024 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 $\text{RMSE} = 28,3\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $\text{BIAS} = 2,7\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Z obrázku vidíme, že najvyššie koncentrácie CO sú v okolí významných bodových zdrojov, v oblastiach významných ciest a v blízkosti lokálnych kúrenísk. Keďže CO sa meria prakticky len na dopravných a priemyselných staniciach, je ťažké zistiť skutočnú požadovú koncentráciu, aj kvôli tomu, že CO je relatívne chemicky stabilný a ostáva v atmosfére pomerne dlho.

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

Obr. 4.11 Maximálne 8-hodinové kľzavé koncentrácie CO [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2024.



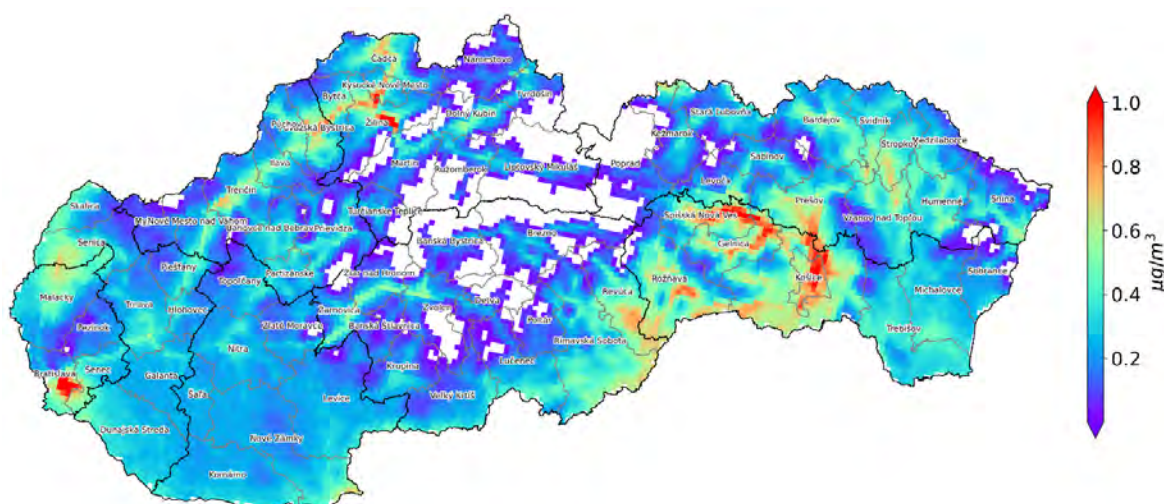
■ Modelovanie benzénu

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 III⁹. Priemerné ročné koncentrácie benzénu v roku 2024 na Obr. 4.12 boli získané z modelu CMAQ a následne spracované použitím metódy IDW-R. Pri porovnaní modelu s meraniami dostávame $\text{RMSE} = 0,1\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $\text{BIAS} = 0\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. 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. Najvyššie priemerné ročné koncentrácie benzénu, na úrovni okolo $1\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, boli v roku 2024 namerané v Košickom kraji na staniciach Košice, Štefánikova a Krompachy, SNP. Keďže na celom východnom Slovensku sa benzén okrem uvedených staníc meria už len v Prešove, mapa na Obr. 4.12 môže mierne nadhodnocovať priemerné ročné koncentrácie benzénu v Košickom a Prešovskom kraji.

⁹ 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>

Obr. 4.12 Priemerné ročné koncentrácie benzénu [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2024.



■ Modelovanie benzo(a)pyrénu

Najvýznamnejším zdrojom emisií benzo(a)pyrénu je podobne ako v prípade $\text{PM}_{2,5}$ vykurovanie domácností tuhým palivom. Podiel vykurovania domácností na celkových emisiách benzo(a)pyrénu sa blíži k 70 %, pričom napríklad v roku 2017 (kedy sa vyskytol teplotne silne podnormálny január¹⁰), dosahoval tento podiel viac než 80 %¹¹. 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 2024 tu bola opätovne zaznamenaná najvyššia priemerná ročná koncentrácia benzo(a)pyrénu spomedzi monitorovacích staníc na Slovensku, a to $6,2 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$. Poznamenajme, že táto stanica je tiež v obci s lokálnymi kúreniskami. Vykurovanie domácností sa takmer výlučne prejavuje na zhoršených koncentráciách benzo(a)pyrénu v horských dolinách s dobrou dostupnosťou palivového dreva a častým výskytom nepriaznivých rozptylových podmienok a teplotných inverzií, najmä počas zimných mesiacov. Príkladom monitorovacej stanice umiestnenej v takejto oblasti je Jelšava, Jesenského. Priemerná ročná koncentrácia benzo(a)pyrénu v roku 2024 dosiahla na tejto stanici hodnotu $3,5 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$, pričom cieľová hodnota je $1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$.

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 výskumu¹². 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 $\text{PM}_{2,5}$ vypočítaných v miestach monitorovacích staníc kombináciou RIO a IDW-R je pomerne vysoká (korelačný koeficient $r=0,8$), použili sme ako vstup do modelu IDW-R už vypočítané hodnoty priemerných ročných koncentrácií $\text{PM}_{2,5}$. Takto vypočítané priestorové rozloženie priemerných ročných hodnôt benzo(a)pyrénu na území Slovenska je zobrazené na **Obr. 4.13**.

Pri porovnaní s meraniami dostávame $\text{RMSE} = 0,1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ a $\text{BIAS} = 0 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$. 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.

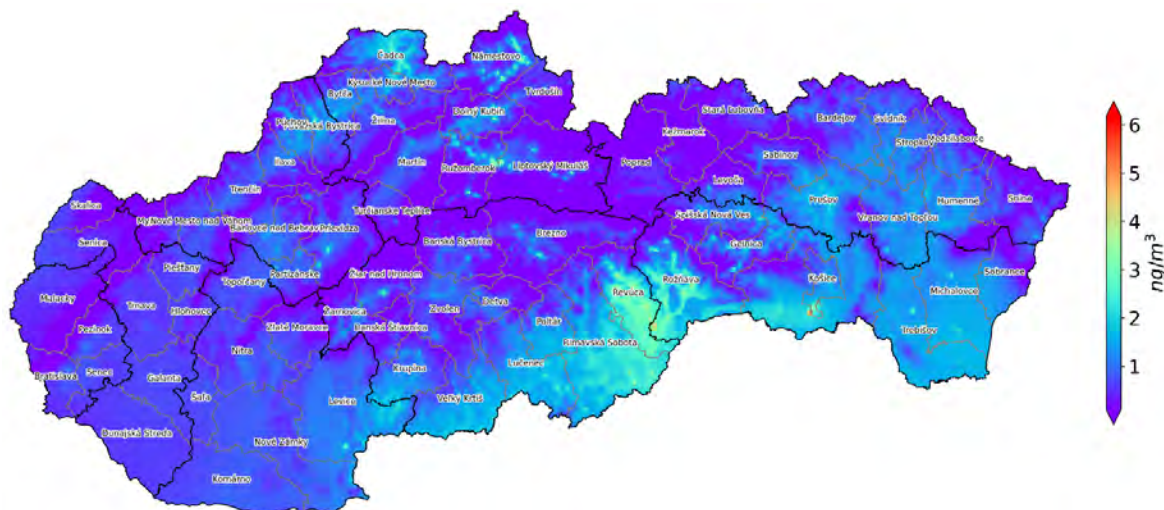
¹⁰ <http://www.shmu.sk/sk/?page=1613&id=>

¹¹ <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

¹² Fernández, Israel. (2020). Understanding the reactivity of polycyclic aromatic hydrocarbons and related compounds. *Chemical Science*. 11. 10.1039/D0SC00222D.

Túto skutočnosť odrážajú aj výsledky modelovania, pričom na východe krajiny sú koncentrácie najvyššie. Model môže koncentrácie benzo(a)pyrénu nadhodnocovať najmä v okolí Košíc, Východoslovenskej nížiny a východnej časti Juhoslovenskej kotliny, pretože je silne ovplyvnený vysokou priemernou ročnou koncentráciou nameranou vo Veľkej Ide, ktorá je spolu s Krompachmi 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 2024.



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 1×1 km (resp. 2×2 km). Na takomto území je však obvyčajne priestorová premenlivosť koncentrácií, hlavne v zastavaných, resp. človekom ovplyvnených oblastiach pomerne veľká. Model s rozlíšením 1×1 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 2024 najvýraznejším problémom znečistenia ovzdušia sú vysoké koncentrácie PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ a benzo(a)pyrénu, najmä počas chladnejšej časti roka (október – marec). V roku 2024 boli najvyššie koncentrácie PM zaznamenané v novembri, čo súviselo s častým výskytom výrazných teplotných inverzií. Podstatný vplyv na tieto vysoké koncentrácie má 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 2025

Úlohou SHMÚ je na základe hodnotenia kvality ovzdušia v zónach a aglomeráciách v rokoch 2022 – 2024, podľa § 8 ods. 3 Zákona č. 146/2023 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov navrhnúť aktualizáciu vymedzenia oblastí riadenia kvality ovzdušia SR na rok 2025.

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 zmenšuje oblasti reprezentatívnosti jednotlivých monitorovacích staníc a preto nie je možné pokryť celé územie Slovenska meraním. Metodika na určenie obcí ohrozených zhoršenou kvalitou ovzdušia z vykurovania domácností, ktorá vychádzala z článku *Stanovenie rizikových oblastí kvality ovzdušia ohrozených časticami PM₁₀ z lokálneho vykurovania na Slovensku*¹, bola navrhnutá v roku 2021 a aktualizovaná v roku 2022² na základe výsledkov Sčítania obyvateľov, domov a bytov 2021.

V roku 2023 bola vykonaná ďalšia aktualizácia metodiky³ na základe výsledkov modelovania s vysokým rozlíšením modelom CALPUFF vo vybraných doménach s predpokladom zhoršenej kvality ovzdušia (Obr. 5.1).

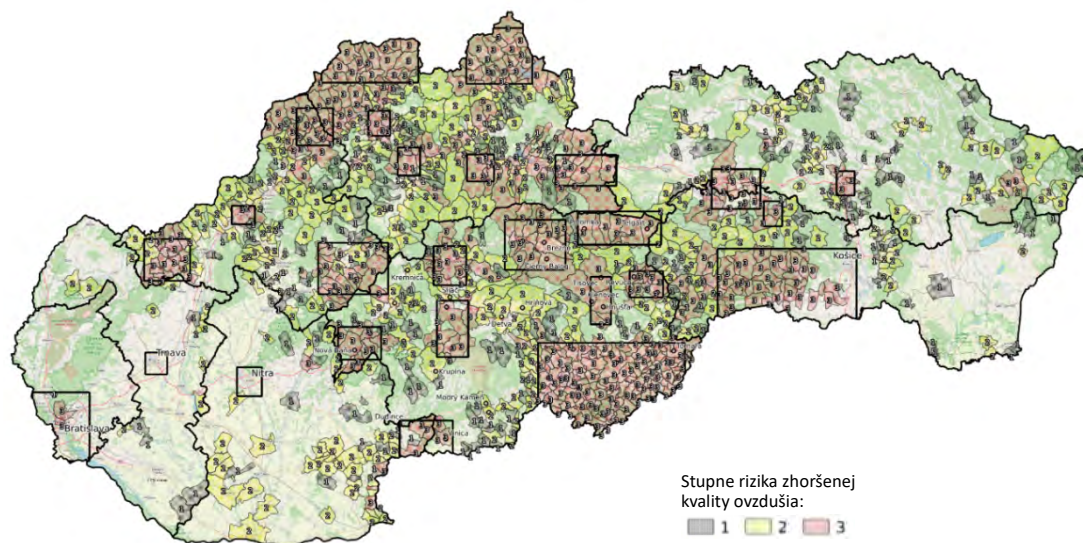
Obciam sú na základe zhodnotenia spomínaných podkladov podľa aktuálnej metodiky priradené rizikové stupne od 0 do 3, pričom rizikový stupeň 3 označuje najvyššie riziko zhoršenej kvality ovzdušia. Obciam, v ktorých vyšlo prekročenie limitnej hodnoty niektorej znečisťujúcej látky na základe modelovania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

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

² D. Štefánik: *Určenie rizikových obcí s kvalitou ovzdušia ohrozenou lokálnym vykurovaním a zhoršenými rozptylovými podmienkami*. SHMÚ, Bratislava, október 2022.

³ Štefánik, D., Krajčovičová, J.: *Metóda integrovaného posúdenia obcí vzhľadom na riziko nepriaznivej kvality ovzdušia*, Slovenský hydrometeorologický ústav, 2023. https://www.shmu.sk/File/oko/studie_analyzy/Metodika_final_v2ab.pdf.

Obr. 5.1 Rizikové obce určené metódou integrovaného posúdenia pre rok 2025. Čiernou farbou sú označené vybrané domény pre modelovanie s vysokým rozlíšením.



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

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

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

V zozname aktuálne navrhnutých ORKO nedošlo oproti roku 2024 k zmene.

5.2 ZHRNUTIE

V roku 2024 hodnoty monitorovaných znečisťujúcich látok v priemere oproti predchádzajúcemu roku mierne vzrástli. Problémom bol vo viacerých mesiacoch a lokalitách nedostatok zrážok, ktoré by inak mohli prispieť k zlepšeniu situácie. Naopak, veľmi vysoké zrážkové úhrny boli zaznamenané v septembri, čo sa síce odrazilo v znížení koncentrácií znečisťujúcich látok, ale aj v povodňových situáciách.

Vysoké koncentrácie PM sa prejavili v januári, v novembri a decembri kvôli dlhotrvajúcim a opakovaným situáciám s nepriaznivými rozptylovými podmienkami. Hodnoty PM_{10} boli najvyššie 1. apríla kvôli extrémnej epizóde prenosu púštného prachu zo saharskej oblasti. Podobne ako v predchádzajúcich rokoch, zotrvali na Slovensku problémy s prekračovaním limitnej hodnoty pre PM_{10} . V roku 2024 bola prekročená limitná hodnota pre priemernú dennú koncentráciu PM_{10} na 3 monitorovacích staniciach (Jelšava, Plášťovce, Veľká Ida), na jednej monitorovacej stanici (Plášťovce) prekročená aj limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu $PM_{2,5}$. Hodnoty NO_2 oproti priemeru rokov 2017 -2023 poklesli.

Najvýraznejším problémom ostávajú vysoké hodnoty benzo(a)pyrénu. Cieľová hodnota pre benzo(a)pyrén bola prekročená na monitorovacích staniciach: Veľká Ida, Letná; Jelšava, Jesenského; Ošadnica; Žarnovica; Krompachy, SNP; Ružomberok, Riadok; Púchov, 1. mája; Žilina, Obežná.

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

SKRATKY

Skratka	Vysvetlenie
AMS	automatická monitorovacie stanica
As	arzén
BaP	benzo(a)pyrén
BAPMoN	The Background Air Pollution Monitoring Network – sieť monitorovania pozad'ového znečistenia ovzdušia
Ca ²⁺	vápenatý katión
Cd	kadmium
Cl ⁻	chloridový anión
CLRTAP	The Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution – Dohovor o diaľkovom znečisťovaní ovzdušia prechádzajúcom 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
NMVOC	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	Monitorovacích sietí kvality ovzdušia
Príloha B	Koncentrácie znečisťujúcich látok z kontinuálnych meraní v sieti NMSKO
Príloha C	Meteorologické parametre súvisiace s kvalitou ovzdušia
Príloha BA	Hodnotenie kvality ovzdušia v aglomerácii Bratislava a v zóne Bratislavský kraj
Príloha BB	Hodnotenie kvality ovzdušia v zóne Banskobystrický kraj
Príloha KE	Hodnotenie kvality ovzdušia v aglomerácii Košice a v zóne Košický kraj
Príloha NR	Hodnotenie kvality ovzdušia v zóne Nitriansky kraj
Príloha PO	Hodnotenie kvality ovzdušia v zóne Prešovský kraj
Príloha TN	Hodnotenie kvality ovzdušia v zóne Trenčiansky kraj
Príloha TT	Hodnotenie kvality ovzdušia v zóne Trnavský kraj
Príloha ZA	Hodnotenie kvality ovzdušia v zóne Žilinský kraj