

2021

SPRÁVA O KVALITE OVZDUŠIA V SLOVENSKEJ REPUBLIKE



Odbor Monitorovanie kvality ovzdušia
SLOVENSKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV

Bratislava, jún 2022
Verzia 1

Materiál vypracoval:

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

Zodpovedný: M. Kremler

Koordinácia: M. Mladý, J. Jagnešáková

Editor: M. Mladý

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

Autori:

Predhovor - P. Tonhauzer

1. kapitola - J. Matejovičová, D. Štefánik, J. Krajčovičová, M. Mladý

2. kapitola - B. Paveleková, V. Mináriková, M. Mladý

3. kapitola - B. Paveleková, M. Mitošinková, J. Matejovičová, V. Mináriková

4. kapitola - D. Štefánik, J. Beňo, J. Krajčovičová, J. Matejovičová, G. Szabo

5. kapitola - J. Krajčovičová, J. Matejovičová, D. Štefánik, J. Beňo

Prílohy - L. Čaracký, V. Mináriková, J. Matejovičová, J. Krajčovičová, M. Mladý,
J. Beňo, D. Štefánik

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

Text neprešiel jazykovou korektúrou.

OBSAH

PREDHOVOR	5
ZHRNUTIE PRE LAICKÚ VEREJNOSŤ	7
1 POPIS ÚZEMIA SR Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA	13
1.1 Rozdelenie územia do aglomerácií a zón v roku 2021	14
1.2 Zoznam oblastí riadenia kvality ovzdušia pre rok 2021	15
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 hodnotenia kvality ovzdušia	27
3.3 Výsledky monitorovania kvality ovzdušia - lokálne znečistenie ovzdušia	29
3.4 Regionálny monitoring	42
3.5 Zhrnutie	45
4 VÝSLEDKY MATEMATICKÉHO MODELOVANIA KVALITY OVZDUŠIA	53
4.1 Stručná charakteristika použitých modelov	53
4.2 Výsledky a výstupy	54
4.3 Záver	62
5 HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA – ZÁVER	65
5.1 Návrh vymedzenia oblastí riadenia kvality ovzdušia v roku 2021	65
SKRATKY	67
ZOZNAM PRÍLOH	69

PREDHOVOR

Slovenský hydrometeorologický ústav každoročne publikuje Správu o kvalite ovzdušia ako jeden z výsledkov systematickej odbornej práce zamestnancov úseku Kvalita ovzdušia.

Problematika kvality ovzdušia nie je čo do zrozumiteľnosti jednoduchá, práve naopak. Preto sme sa snažili publikáciu pripraviť tak, aby sprostredkovala dôležité informácie nielen odborníkom, ale bola zrozumiteľná aj širokej laickej verejnosti.

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

Dlhodobý monitoring kvality vonkajšieho ovzdušia vykonávame ako jediná organizácia na Slovensku 24 hodín denne, 365 dní v roku. Rozširovanie, obnova a zdokonaľovanie monitoringu sú priamo závislé na financovaní zo štátneho rozpočtu ale predovšetkým aj na financovaní z fondov Európskej únie. Plynulé zabezpečenie monitoringu bolo pre nás v posledných dvoch rokoch veľkou výzvou, ktorej sme sa aj napriek obmedzeniam vyplývajúcim z celosvetovej pandémie dokázali prispôbiť. Ba čo viac, v rámci projektu Skvalitnenie Národnej monitorovacej siete kvality ovzdušia sa nám podarilo rozšíriť monitorovaciu sieť o nové lokality, v ktorých sa monitoring doteraz nevykonával.

Informácie o koncentráciách znečisťujúcich látok získavame nepretržitým monitorovaním ovzdušia na 52 stacionárnych staniciach kvality ovzdušia. Merania sú vykonávané s vysokou presnosťou prostredníctvom referenčných metód. Výsledky kontinuálneho monitorovania znečisťujúcich látok sú k dispozícii s hodinovou frekvenciou priamo na web-stránke SHMÚ. Látky, ktoré vyžadujú manuálne odbery vzoriek a následnú laboratórnu analýzu sú dostupné s časovým odstupom v tejto Správe.

Výstupy z monitoringu sú spolu s podkladmi o zdrojoch emisií a počasí využívané pri modelovaní kvality ovzdušia, ktorým sú získavané priestorové informácie o kvalite ovzdušia na celom území SR. Modelovanie je užitočným ukazovateľom pomerov znečistenia v lokalitách, ktoré nie sú pokryté sieťou monitorovacích staníc. Hlavnou úlohou Správy je na základe hodnotenia kvality ovzdušia za uplynulý rok identifikovať oblasti so zhoršenou kvalitou ovzdušia, ktoré využívajú kompetentné orgány pri zabezpečovaní cieľa zlepšovať kvalitu ovzdušia na Slovensku.

Našou snahou je neustále napredovať a poskytovať komplexné a spoľahlivé výsledky každodennej práce. Preto aj teraz pripravujeme kroky, ktoré prispievajú k zlepšeniu informovanosti o kvalite ovzdušia na celom území SR. Všetky dôležité a aktuálne informácie nájdete na stránkach SHMÚ (www.shmu.sk) v sekcii Spravodajstvo kvality ovzdušia a Kvalita ovzdušia.

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky Zákonom č. 137/2010 Z.z. o ovzduší v znení neskorších predpisov, s cieľom zabezpečiť informovanie verejnosti o kvalite ovzdušia, poverilo Slovenský hydrometeorologický ústav vypracovaním:

- Správy o hodnotení kvality ovzdušia v Slovenskej republike;
- Informácie o kvalite ovzdušia.

Touto správou Slovenský hydrometeorologický ústav, ako poverená organizácia, plní povinnosti vyplývajúce z §13 odseku (1) písmena c) a d) citovaného zákona a predkladá laickej aj odbornej verejnosti správu, ktorá obsahuje všetky náležitosti tak, ako to vyžaduje Zákon č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov.

ZHRNUTIE PRE LAICKÚ VEREJNOSŤ

Emisie vypúšťané do ovzdušia z rôznych zdrojov sa v atmosfére rozptyľujú a môžu sa prenášať vetrom na veľké vzdialenosti. Pri tomto prenose podliehajú chemickým premenám a pôsobením gravitačnej sily postupne sedimentujú na zemský povrch, či vegetáciu, alebo sú vymývané dažďom či snežením. Na meracích staniciach zaznamenávame koncentrácie znečisťujúcich látok, ktoré charakterizujú kvalitu ovzdušia (v staršej literatúre sa niekedy používal pojem imisie). Koncentrácie sa zisťujú meraním v dýchacej zóne alebo sa počítajú pomocou matematického modelovania. Meranie koncentrácií týchto látok v ovzduší uskutočňuje Slovenský hydrometeorologický ústav na staniciach Národnej monitorovacej siete kvality ovzdušia (NMSKO). Na niekoľkých staniciach sa monitoruje aj kvalita zrážok.

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

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

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

PM₁₀, PM_{2,5}	sú drobné častice alebo kvapôčky s aerodynamickým priemerom menším ako 10 µm, resp. 2,5 µm. Označenie PM pochádza z anglického particulate matter, zahŕňa však tuhú aj kvapalnú fázu. PM _{2,5} sa nazýva jemnou veľkostnou frakciou. PM rozptýlené v ovzduší tvoria atmosférický aerosól.
<i>Zdravotné účinky</i>	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.
<i>Hlavné zdroje</i>	Častice PM ₁₀ , resp. PM _{2,5} sú rôznorodého zloženia a pôvodu, ako prírodného, tak antropogénneho. Najvýznamnejším zdrojom emisií PM je vykurovanie domácností tuhým palivom, vysoké koncentrácie môžu byť namerané pri frekventovaných cestných úsekoch a parkoviskách, lokálne sa môže prejavíť vplyv veľkých priemyselných zdrojov. Vykurovanie tuhým palivom je závažným problémom, ktorý často komplikujú nepriaznivé rozptyľové podmienky s častým výskytom teplotných inverzií v horských údoliach.
Benzo(a)pyrén (BaP)	patrí do skupiny polycyklických aromatických uhľovodíkov, vzniká pri nedokonalom spaľovaní, je súčasťou jemnej frakcie atmosférického aerosólu. Významným zdrojom expozície obyvateľstva je fajčenie.
<i>Zdravotné účinky</i>	Benzo(a)pyrén má karcinogénne a mutagénne vlastnosti.
<i>Hlavné zdroje</i>	Najvýznamnejším zdrojom emisií BaP je vykurovanie domácností tuhým palivom (viď PM), ďalej cestná doprava; z veľkých zdrojov znečisťovania je významná výroba koksu.

Ozón (O₃)	je trojatómová molekula kyslíka. Kým stratosférický ozón plní dôležitú úlohu ochrany pred škodlivým ultrafialovým žiarením slnka, troposférický (prízemný) ozón má nepriaznivý vplyv na ľudské zdravie, vegetáciu, architektonické stavby, a preto je zaradený medzi znečisťujúce látky.
<i>Zdravotné účinky</i>	Môže spôsobiť dráždenie očí, dýchacie ťažkosti, pri dlhodobej expozícii môže viesť k zápalovým ochoreniam dýchacích ciest a pri vysokých koncentráciách aj k chronickej obštrukčnej chorobe pľúc.
<i>Hlavné zdroje</i>	Ozón v atmosfére vzniká pri fotochemických reakciách z prekursorov, ktorými sú oxidy dusíka, CO a prchavé organické uhľovodíky. Prenos z vyšších vrstiev atmosféry je významný najmä vo vyšších horských polohách.
Ťažké kovy	Definícia tejto skupiny látok v kontexte ochrany životného prostredia vychádza tradične z hustoty látky a z vplyvu na živé organizmy, preto sa tu objavuje aj polokovový prvok, ako je arzén. V ovzduší sa merajú koncentrácie olova, kadmia, niklu, arzenu, v poslednom období pribudla ortuť. Na pozadových monitorovacích staniciach sa venuje pozornosť širšiemu radu kovov, ktoré sa monitorujú vo vzduchu aj v zrážkach. Ťažké kovy sú prevažne súčasťou jemnej veľkostnej frakcie atmosférického aerosólu.
<i>Zdravotné účinky</i>	Najvýznamnejšou cestou, akou sa ťažké kovy môžu dostať do organizmu, je príjem potravy, vdýchnutie je menej významnou cestou expozície. Arzén v organizmoch metabolizuje na toxické zlúčeniny, ktoré môžu spôsobovať nevoľnosť, hnačky, ochrnutie až zástavu srdca. Kadmium a nikel môžu mať karcinogénne účinky, olovo môže pri dlhodobej expozícii u detí spôsobovať oneskorenie vývinu. Ortuť má schopnosť bioakumulácie, jej toxické prejavy môžu viesť k poškodeniu nervovej sústavy, jej zlúčeniny môžu spôsobovať ochorenie obličiek a tráviaceho traktu.
<i>Hlavné zdroje</i>	Metalurgia, v menšej miere energetika a vykurovanie domácností uhlím.
Benzén (C₆H₆)	patrí medzi prchavé organické látky. Za normálnych podmienok je v kvapalnom stave, nemieša sa s vodou a má charakteristický zápach.
<i>Zdravotné účinky</i>	Benzén je karcinogénna látka.
<i>Hlavné zdroje</i>	Cestná doprava, petrochemický priemysel.
Oxid siričitý (SO₂)	je bezfarebný reaktívny plyn, pri vyšších koncentráciách má silný dráždivý zápach.
<i>Zdravotné účinky</i>	Pôsobí dráždivo na dýchacie cesty a očné spojivky, pri dlhodobej expozícii môže spôsobovať ochorenia dýchacích ciest najmä u detí.
<i>Hlavné zdroje</i>	Spaľovacie procesy v priemysle a energetike, prípadne vykurovanie domácností uhlím s vysokým obsahom síry.
Oxidy dusíka (NO_x)	V kontexte kvality ovzdušia sú spoločným názvom oxidy dusíka označované oxid dusičitý (NO ₂) a oxid dusnatý (NO). NO ₂ je žltohnedý jedovatý plyn, NO je reaktívny plyn, ktorý rýchlo oxiduje na NO ₂ . Oxidy dusíka, oxid uhoľnatý a prchavé organické látky vstupujú do reakcií, ktoré ovplyvňujú koncentrácie prízemného ozónu, sú tzv. prekursori O ₃ .
<i>Zdravotné účinky</i>	Dráždenie očí a dýchacích ciest, kašeľ, bolesti hlavy. Pri dlhodobej expozícii môže spôsobovať zápalové ochorenia dýchacích ciest a pľúc, zmeny v zložení krvi, alergické reakcie, poruchy imunitného systému.
<i>Hlavné zdroje</i>	Cestná doprava, spaľovacie procesy v priemysle a energetike.

Oxid uhoľnatý (CO)	je bezfarebný jedovatý plyn bez zápachu, ktorý vzniká pri neúplnom alebo neefektívnom horení.
Zdravotné účinky	Zabraňuje prístupu kyslíka do krvi. Chronické účinky – dlhodobá expozícia môže spôsobiť poškodenie tkanív, obzvlášť ohrozené sú osoby trpiace kardiovaskulárnymi chorobami.
Hlavné zdroje	Cestná doprava a spaľovacie procesy v priemysle a energetike.

■ Vyhodnotenie koncentrácií monitorovaných znečisťujúcich látok v roku 2021

Nasledujúci súhrn popisuje výsledky monitorovania kvality ovzdušia v roku 2021. Dopĺňujúce údaje v priestorovom rozdelení znečisťujúcich látok získané pomocou matematického modelovania sú uvedené spolu s komentárom v kapitole 4. a v prílohách.

PM₁₀ - V roku 2021, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, neprišlo na žiadnej monitorovacej stanici k prekročeniu limitnej hodnoty pre priemernú ročnú koncentráciu PM₁₀.

Prekročenie limitnej hodnoty na ochranu ľudského zdravia pre 24 hodinové koncentrácie sa vyskytlo na automatických monitorovacích staniciach (AMS) Veľká Ida, Letná; Banská Bystrica, Štefánikovo nábr. a Jelšava, Jesenského. Je to nárast oproti predošlému roku 2020, v ktorom prišlo k prekročeniu len na AMS Jelšava, Jesenského, kým v roku 2019 bolo rovnako zaregistrované prekročenie na troch AMS (Košice, Štefánikova; Jelšava, Jesenského a Veľká Ida, Letná). Vo Veľkej Ide je dominantným zdrojom znečisťovania ovzdušia priemyselný zdroj, v zimných mesiacoch sa tu prejavuje aj vplyv vykurovania domácností tuhým palivom. V Jelšave je hlavným zdrojom znečistenia vykurovanie domácností tuhým palivom, pričom blízky priemyselný zdroj tu zohráva menšiu úlohu. Dominantný vplyv na kvalitu ovzdušia v blízkosti AMS Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie má cestná doprava, no prejavuje sa tu aj vplyv vykurovania domácností. V roku 2021 boli na tejto lokalite koncentrácie PM₁₀ a PM_{2,5} vyššie aj kvôli stavebným prácam v blízkosti AMS.

PM_{2,5} - V roku 2021 bola prekročená limitná hodnota na 3 automatických monitorovacích staniciach kvality ovzdušia Veľká Ida, Letná; Jelšava, Jesenského a Martin, Jesenského.

Vysoké koncentrácie PM_{2,5} zaznamenali aj viaceré nové monitorovacie stanice, ktoré začali merať v priebehu roku 2021 (Lučenec, Gemerská cesta; Žarnovica, Dolná; Plášťovce; Púchov, 1. mája; Liptovský Mikuláš, Školská a Oščadnica). Do hodnotenia kvality ovzdušia (vzhľadom k limitnej hodnote) ich však v roku 2021 ešte nemožno zahrnúť, keďže meranie neprebiehalo počas celého roka. Je však pravdepodobné, že pôjde o problémové lokality, najmä v prípade Žarnovice, Plášťoviec, Púchova a Oščadnice. Na predbežné hodnotenie výsledkov meraní na nových staniciach v Lučenci a v Liptovskom Mikuláši je pravdepodobne priskoro.

BaP – Cieľová hodnota pre benzo(a)pyrén je každoročne prekročovaná na viacerých monitorovacích staniciach. V roku 2021 pribudol monitoring benzo(a)pyrénu na staniciach Bratislava, Púchovská; Žarnovica, Dolná; Plášťovce; Púchov, 1. mája a Oščadnica a podľa predbežného hodnotenia doteraz dostupných analýz môžeme konštatovať, že na stanici v Žarnovici, Plášťovciach a v Púchove boli namerané v zimných mesiacoch vysoké hodnoty benzo(a)pyrénu. Výsledky zo stanice Bratislava, Púchovská a Oščadnica budú spracované po dokončení analýz.

Podľa predbežného hodnotenia bola cieľová hodnota pre benzo(a)pyrén bola v roku 2021 opäť prekročená na väčšine staníc (Veľká Ida, Letná; Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie; Banská Bystrica, Zelená; Jelšava, Jesenského; Krompachy, SNP; Prievidza, Malonecpalská; Žilina, Obežná; Ružomberok, Riadok). Najvyššie hodnoty boli namerané na monitorovacej stanici vo Veľkej Ide, kde je najvýznamnejším zdrojom výroba koksu, na rozdiel od ostatných monitorovacích staníc, kde sa najviac prejavuje vykurovanie domácností tuhým palivom.

SO₂ - V roku 2021 bola nameraná priemerná hodinová koncentrácia vyššia než 350 µg·m⁻³ iba na AMS Rovinka (zaregistrované bolo 1 prekročenie; limitná hodnota pre počet prekročení ich stanovuje maximálne 24). Denné aj hodinové koncentrácie SO₂ už dlhodobo neprekračujú limitnú hodnotu.

NO₂ - V roku 2021 prekročila priemerná hodinová koncentrácia NO₂ hodnotu 200 µg·m⁻³ len na AMS Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie, a to 2-krát (limitná hodnota stanovuje maximálne 18 prekročení).

CO - Na žiadnej z monitorovacích staníc na Slovensku nebola v roku 2021 prekročená limitná hodnota pre CO a úroveň znečistenia ovzdušia za predchádzajúce obdobie rokov 2012 – 2021 je pod dolnou medzou na hodnotenie tejto úrovne znečistenia ovzdušia. Koncentrácie CO sú dlhodobo pod limitnou hodnotou.

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

Ozón - Cieľovú hodnotu prízemného ozónu prekročili v roku 2021 merania na dvoch staniciach: Bratislava, Jeséniova a Chopok.

Pb, As, Ni, Cd - Limitná (Pb) ani cieľová hodnota týchto ťažkých kovov (As, Cd, Ni) neboli v roku 2021 prekročené. Ich priemerné ročné koncentrácie namerané na staniciach NMSKO sú väčšinou len zlomkom cieľovej, resp. limitnej 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, skrátiť vetranie obytných miestností. Najmä starší, chorí ľudia a deti by mali počas smogových situácií obmedziť fyzickú aktivitu vonku.

Výstraha pred závažnou smogovou situáciou pre SO₂ a NO₂ nebola na Slovensku vydaná už viac ako 6 rokov. Prekročenie informačného prahu pre O₃ sa vyskytuje sporadicky, naposledy bolo namerané v roku 2018 (počas 1 hodiny na Chopku a 2 hodín na AMS Bratislava, Mamateyova), v roku 2017 bol prekročený informačný prah počas 6 hodín na AMS Bratislava, Jeséniova a 8 hodín AMS Bratislava, Mamateyova).

Vyššie koncentrácie O₃ sú registrované najmä v letnom období, keďže chemické reakcie, pri ktorých vzniká O₃ závisia od intenzity slnečného žiarenia. V roku 2021 nebolo vydané oznámenie o vzniku smogovej situácie ani výstraha pred závažnou smogovou situáciou.

Najvyššie koncentrácie PM₁₀ sa vyskytujú v chladnom polroku, pri ktorých je často hlavnou príčinou vykurovanie domácností tuhým palivom v súvislosti s nepriaznivou rozptylovou situáciou. Počet upozornení na smogovú situáciu PM₁₀ v roku 2021 oproti roku 2020 mierne stúpol. Nebola vydaná žiadna výstraha pred závažnou smogovou situáciou a bolo vydaných niekoľko oznámení o vzniku smogovej situácie (4 pre Jelšavu, 3 pre Veľkú Idu a po jednom pre Hnúšťa, Banskú Bystricu, Prešov, Martin, Trenčín, Košice a Ošadnicu). Podrobnejšia informácia o prekročeníach je uvedená v Kapitole 3.

■ Kvalita ovzdušia v okolitých krajinách

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

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

Doprava:

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

Vykurovanie:

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

Ochrana zdravia v čase, keď je vyhlásená smogová situácia:

- dodržiavať pokyny štátnych orgánov,
- obmedzovať pohyb a fyzickú aktivitu vonku,
- skrátiť vetranie obytných miestností.

POPIS ÚZEMIA SR Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA

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

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

Na 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 2021

Zdroje znečisťovania sú v krajine rozmiestnené nerovnomerne. Kvôli efektívnemu hodnoteniu kvality ovzdušia je podľa smernice Európskeho parlamentu a Rady 2008/50/ES o kvalite okolitého ovzdušia a čistejšom ovzduší v Európe a právnych predpisov SR (napr. Vyhláška MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov) územie Slovenska rozdelené na zóny a aglomerácie.

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

1.1.1 Rozdelenie územia do zón a aglomerácií v roku 2021 pre SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, benzén, polycyklické aromatické uhľovodíky a CO

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

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

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

Podrobnejšie údaje o zónach a aglomeráciách sú v Prílohách.

Tab. 1.1 obsahuje informáciu o rozlohe a osídlení jednotlivých krajoch podľa údajov, ktoré sú k dispozícii na web stránkach ŠÚ SR.

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

	Plocha [km ²]	Počet obyvateľov *
Bratislavský kraj	2 053	723 714
Trnavský kraj	4 146	565 296
Trenčiansky kraj	4 502	573 699
Nitriansky kraj	6 344	673 547
Žilinský kraj	6 809	689 525
Banskobystrický kraj	9 454	620 986
Prešovský kraj	8 973	807 657
Košický kraj	6 754	780 288

* Stav k 31. 12. 2021

Zdroj: Štatistický úrad SR

1.1.2 Rozdelenie územia do zón a aglomerácií v roku 2021 pre arzén, kadmium, nikel, olovo a ozón

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

Zóna: Slovensko (bez Aglomerácie Bratislava)

Ťažké kovy As, Cd, Ni a Pb v súčasnosti nepredstavujú problém z hľadiska prekračovania limitných či cieľových hodnôt na území SR. Hoci návrat k spaľovaniu tuhých palív je možné pozorovať aj na našom území, na rozdiel od Poľska ide najmä o drevo, preto u nás nepozorujeme problém s vysokými koncentraciami arzénu.

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

1.2 ZOZNAM OBLASTÍ RIADENIA KVALITY OVZDUŠIA PRE ROK 2021

Zóny a aglomerácie tvoria rozsiahle územia a súhrnne pokrývajú celé územie SR. V každej zóne je priestorové rozloženie koncentrácií znečisťujúcich látok pomerne variabilné – obsahuje zvyčajne územia s významnými zdrojmi emisií a zhoršenou kvalitou ovzdušia, ale aj pomerne čisté oblasti bez zdrojov znečisťovania ovzdušia. Z dôvodu uľahčenia riadenia kvality ovzdušia boli definované tzv. *oblasti riadenia kvality ovzdušia*. Tieto oblasti sú podmnožinou jednotlivých zón – každá zóna ich môže obsahovať niekoľko.

Ak namerané koncentrácie niektorej znečisťujúcej látky v ovzduší na danej monitorovacej stanici prekročia v sledovanom roku limitnú alebo cieľovú hodnotu, príslušné územie, ktoré stanica svojim meraním reprezentuje, je podľa Zákona č. 137/2010 Z.z. o ovzduší v znení neskorších predpisov vyhlásené za *oblasť riadenia kvality ovzdušia* (ORKO). Okresný úrad v sídle kraja vypracuje pre danú zónu či aglomeráciu Program na zlepšenie kvality ovzdušia. Ak sú limitné hodnoty alebo cieľové hodnoty prekračované pre viac znečisťujúcich látok, okresný úrad v sídle kraja vypracuje pre ORKO integrovaný program.

Sledovanie a hodnotenie kvality ovzdušia vykonáva Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ) ako poverená organizácia vo všetkých aglomeráciách a zónach pre znečisťujúce látky, pre ktoré sú určené limitné hodnoty alebo cieľové hodnoty a pre prekursorov ozónu, spôsobom ustanoveným vykonávacím predpisom podľa § 33 písm. d).

SHMÚ každoročne na základe monitorovania znečistenia ovzdušia (za obdobie dlhšie ako jeden rok) navrhuje zoznam ORKO na základe výsledkov monitoringu kvality ovzdušia. Znečisťujúca látka je vyňatá zo zoznamu ORKO až potom, keď koncentrácie znečisťujúcej látky na stanici tri roky za sebou nepresiahnu limitnú hodnotu.

V roku 2021 bol na základe matematického modelovania a údajov o druhu palív používaných na vykurovanie domácností vymedzený *zoznam rizikových obcí*², ktoré boli zadefinované ako „ORKO vymedzené na základe matematického modelovania“. Pri vymedzení rizikových obcí sa kládol dôraz na znečisťovanie

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

² D. Štefánik: Určenie rizikových obcí s kvalitou ovzdušia ohrozenou lokálnym vykurovaním a zhoršenými rozptylovými podmienkami. SHMÚ, Bratislava, august 2021 dostupné na https://www.shmu.sk/File/oko/studie_analyzy/Popis%20met%C3%B3dy%20na%20ur%C4%8Denie%20rizikov%C3%BDch%20oblast%C3%AD.pdf

ovzdušia vykurovaním domácností tuhým palivom v oblastiach s nepriaznivými rozptylovými podmienkami. Vstupmi do tejto úvahy bol preto podiel tuhých palív pri vykurovaní domácností, priemerná rýchlosť vetra a výstupy matematického modelovania a ďalšie pomocné údaje.

Oblasti riadenia kvality ovzdušia v SR, navrhnuté SHMÚ na základe hodnotenia kvality ovzdušia v zónach a aglomeráciách v rokoch 2018–2020 pre rok 2021 sú uvedené na internetovej stránke <https://www.shmu.sk/sk/?page=2186>.

Tab. 1.2 Oblasti riadenia kvality ovzdušia pre rok 2021, vymedzené na základe merania v rokoch 2018–2020 (s prihliadnutím na výsledky meraní v predchádzajúcich rokoch v prípade nedostatočného počtu platných meraní) doplnené o rizikové oblasti ohrozené možnými vysokými koncentraciami PM a BaP na základe matematického modelovania.

AGLOMERÁCIA / zóna	Vymedzená oblasť riadenia kvality ovzdušia	Znečisťujúca látka	AMS a rok prekročenia limitnej /cieľovej hodnoty
BRATISLAVA	územie hl. mesta SR Bratislava	NO ₂	Bratislava, Trnavské mýto (2018)
	V aglomerácii boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.*	PM ₁₀ , PM _{2,5}	
KOŠICE ³	územia mesta Košice a obcí Bočiar, Haniska, Sokoľany a Veľká Ida	PM ₁₀ , PM _{2,5} , BaP	PM ₁₀ : Košice, Štefánikova (2018–2019); Veľká Ida (2018–2019) PM _{2,5} : Veľká Ida 2018 (24,4 µg·m ⁻³), 2019 (20,7 µg·m ⁻³) BaP: Veľká Ida (2009–2020)
	V aglomerácii boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.*	PM ₁₀ , PM _{2,5}	
Bansko-bystrický kraj	územie mesta Banská Bystrica	PM ₁₀ , BaP	PM ₁₀ : Banská Bystrica, Štefánikovo nábr. (2018) BaP: BB Štefánikovo nábr. (2018–2020), Zelená (2019–2020)
	územie mesta Jelšava a obcí Lubeník, Chyžné, Magnezitovce, Mokrý Lúka, Revúcka Lehota	PM ₁₀ , PM _{2,5} , BaP	PM ₁₀ : Jelšava (2018–2020) PM _{2,5} : Jelšava 2018 (23,7 µg·m ⁻³), 2019 (20,9 µg·m ⁻³)
	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.*	PM ₁₀ , PM _{2,5}	
Bratislavský kraj	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.*	PM ₁₀ , PM _{2,5}	
Košícký kraj ⁴	územie mesta Krompachy	BaP	Krompachy, SNP (2019–2020)
	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.*	PM ₁₀ , PM _{2,5}	
Nitriansky kraj	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.*	PM ₁₀ , PM _{2,5}	
Prešovský kraj	územia mesta Prešov a obce Ľubotice	NO ₂	Prešov, Arm. Gen. L. Svobodu (2018)
	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.*	PM ₁₀ , PM _{2,5}	
Trenčiansky kraj	územie mesta Trenčín	PM ₁₀	Trenčín, Hasičská (2018)
	okres Prievidza	BaP	Prievidza, Malonecpalská (2020)
	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.*	PM ₁₀ , PM _{2,5}	
Trnavský kraj	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.*	PM ₁₀ , PM _{2,5}	
Žilinský kraj	územie mesta Ružomberok a obce Likavka	PM _{2,5}	Ružomberok, Riadok 2018 (20,7 µg·m ⁻³)
	územie mesta Žilina	PM _{2,5} , BaP	PM _{2,5} : Žilina, Obežná 2018 (21,7 µg·m ⁻³) BaP: Žilina, Obežná (2019–2020)
	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.*	PM ₁₀ , PM _{2,5}	

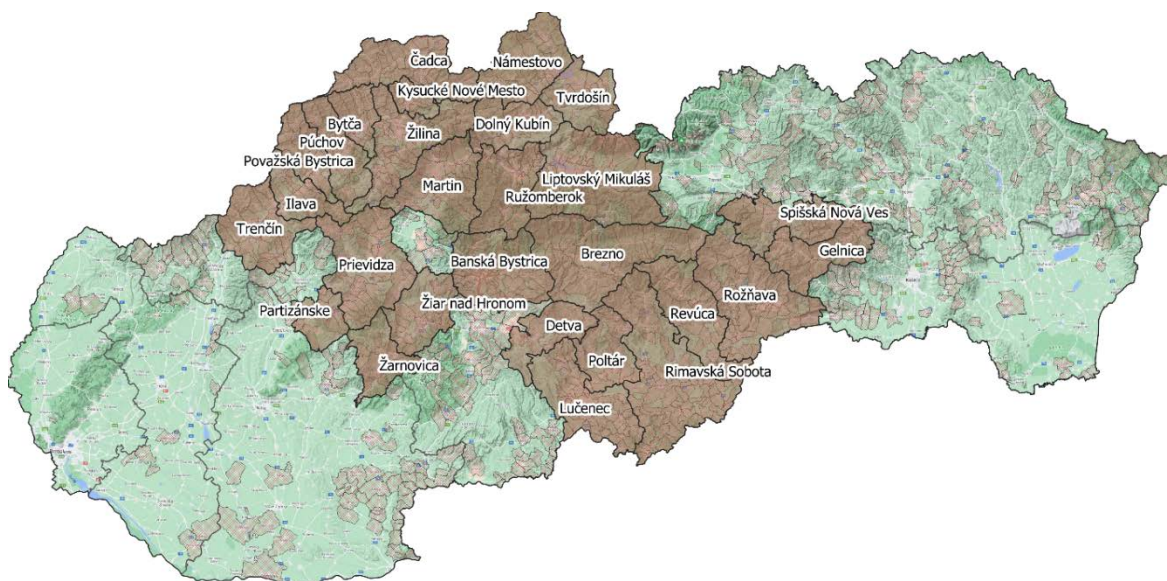
* Tieto oblasti sú vyznačené na mape rizikových obcí a okresov **Obr. 1.1**

³ Aglomerácia Košice - územie mesta Košice a obcí Bočiar, Haniska, Sokoľany a Veľká Ida
http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=oko_info_az

⁴ Zóna Košícký kraj - územie kraja okrem územia mesta Košice a obcí Bočiar, Haniska, Sokoľany a Veľká Ida
http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=oko_info_az

Mapa na **Obr. 1.1** zobrazuje rizikové oblasti, ktoré boli zadefinované ako ORKO na základe modelovania. Sú to oblasti ohrozené zhoršenou kvalitou ovzdušia kvôli emisiám z vykurovania domácností, kvôli vyššiemu podielu spotreby tuhých palív na vykurovanie, horším rozptylovým podmienkam. Do výpočtu vstupujú aj výsledky modelovania chemicko-transportným modelom CMAQ a tvar terénu. Kvôli zjednodušeniu návrhu ďalších opatrení na zlepšenie kvality ovzdušia, ako aj z konzervatívnych dôvodov, boli okresy, ktoré obsahujú aspoň 40 % rizikových obcí vymedzené ako rizikové celé. Poznámka: Pri interpretácii výsledkov modelovania treba mať na mysli skutočnosť, že modelovanie je zaťažené väčšou chybou, ako monitorovanie kvality ovzdušia. Vymedzenie sa bude aktualizovať vždy, keď budú k dispozícii podrobnejšie údaje.

Obr. 1.1 Mapa rizikových obcí a okresov vymedzených na základe matematického modelovania pre rok 2021.



Počiatok merania znečisťujúcich látok v ovzduší sa na Slovensku datuje od druhej polovice päťdesiatych rokov 20. storočia. Systematický monitoring sa začal vykonávať od roku 1967, kedy 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 prашný spad v Bratislave, Košiciach a okolí, boli postupne dopĺňané o ďalšie znečisťujúce látky a lokality. Právne predpisy sa časom menili – rozširovali sa sledované látky a sprísňovali limitné hodnoty. Príkladom poslednej úpravy je zníženie limitnej hodnoty pre priemernú ročnú koncentráciu $\text{PM}_{2,5}$, ktorá od roku 2020 zmenila na hodnotu $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (z pôvodných $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Súčasná podoba právnych predpisov je implementáciou legislatívy EÚ. Sprísňovanie legislatívnych rámcov môžeme očakávať aj v najbližšej budúcnosti, najmä v nadväznosti na nové odporúčania WHO v oblasti kvality ovzdušia, ktoré boli predstavené v septembri roku 2021.

Cieľom monitoringu je čo najlepšie charakterizovať kvalitu ovzdušia s ohľadom na ochranu zdravia obyvateľstva. Štruktúra monitorovacej siete bola navrhnutá tak, aby jednotlivé stanice reprezentovali mieru znečistenia v najzaťaženejších oblastiach – v minulosti to boli najmä miesta v blízkosti veľkých priemyselných zdrojov znečisťovania ovzdušia. Tieto stanice sú i dnes súčasťou monitorovacej siete, podobne ako lokality zaťažené emisiami z cestnej dopravy. Plán monitoringu sa ďalej rozširuje do lokalít, kde je dominantným zdrojom znečistenia ovzdušia vykurovanie domácností, pretože tieto zdroje patria v súčasnosti medzi najproblematickejšie a najviac ovplyvňujúce kvalitu ovzdušia na Slovensku.

Monitoringom sú pokryté aj miesta dostatočne vzdialené od zdrojov antropogénneho znečistenia ovzdušia. Monitorovacie stanice umiestnené v týchto oblastiach sa nazývajú regionálnymi (vidieckymi) požadovými stanicami. Keďže znečisťujúce látky v závislosti od svojich vlastností (napr. sedimentačná rýchlosť, chemická reaktivita) zotrvávajú v ovzduší aj niekoľko dní, môžu sa podľa prúdenia vzduchových hmôt prenášať na veľké vzdialenosti a vysoké koncentrácie znečisťujúcich látok sa tak môžu vyskytnúť aj v zdanlivo čistých horských oblastiach. Monitorovanie kvality ovzdušia na regionálnych požadových stanicach má podstatnú úlohu aj pri hodnotení dlhodobých trendov kvality ovzdušia, keďže tieto trendy sú pri ostatných stanicach ovplyvnené predovšetkým miestnymi zdrojmi.

Sieť meracích staníc – pomenovaná ako *Národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia* (NMSKO) – sa začala budovať ešte v ČSFR v roku 1991 (Závodský, 2010) a v súčasnosti zahŕňa kontinuálne meranie pomocou automatických prístrojov a manuálne meranie založené na odbere vzoriek a chemických analýzach v Skúšobnom laboratóriu SHMÚ. Manuálny monitoring pokrýva meranie koncentrácií ťažkých kovov, prchavých organických zlúčenín (*volatile organic compounds* – VOC) a polycyklických aromatických uhľovodíkov (*polycyclic aromatic hydrocarbons* – PAH) v ovzduší a tiež monitoring kvality ovzdušia a analýzy kvality zrážok na regionálnych požadových stanicach s monitorovacím programom EMEP (*Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmisssion of Air Pollutants in Europe*). Rozmiestnenie monitorovacích staníc siete NMSKO a ich merací program v roku 2021 zachytáva [Obr. 2.1](#).

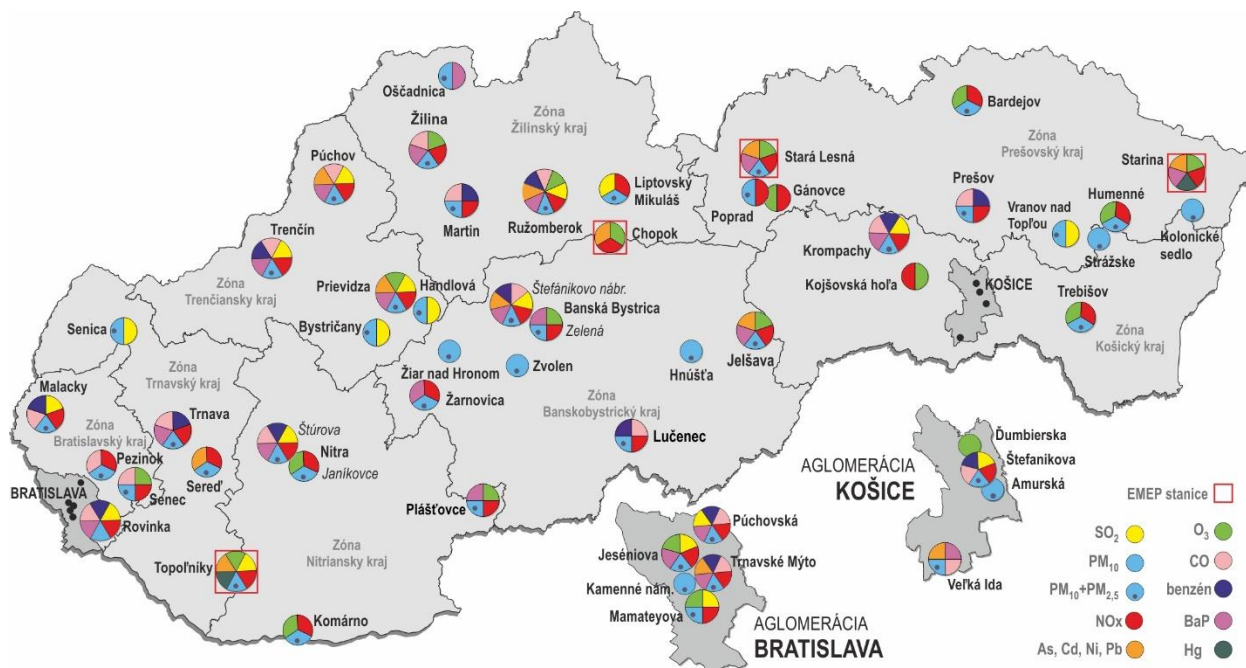
Podrobný zoznam monitorovacích prístrojov jednotlivých staníc a metód, ktoré prístroje využívajú je v „Prílohe A – Meracie stanice monitorovacích sietí kvality ovzdušia - 2021“.

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 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 postupne dopĺňali oxidy dusíka, dusičnany, amonné ióny v ovzduší, tuhé častice, ozón a v roku 1994 sa začali v spolupráci s medzinárodným Chemickým koordinačným centrom EMEP – Nórske ústavom pre atmosférický výskum v Kjelleri – realizovať merania prchavých organických zlúčenín. Neskôr boli začlenené do programu aj merania ťažkých kovov a od jesene roku 2020 organický a elementárny uhlík EC/OC v ovzduší.

Obr. 2.1 Národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia v roku 2021.



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), geografické súradnice a
- monitorovací program. Automatické prístroje kontinuálneho monitoringu poskytujú priemerné hodinové koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5}, oxidov dusíka, oxidu siričitého, ozónu, oxidu uhoľnatého, benzénu a ortuti. Skúšobné laboratórium SHMÚ v rámci manuálneho monitoringu analyzuje ťažké kovy a polycyklické aromatické uhľovodíky, výsledkom sú priemerné 24-hodinové hodnoty. Výnimkou sú EMEP stanice, ktorých monitorovací program je popísaný v **Tab. 2.2** a **Tab. 2.3**.

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

AGLOMERÁCIA / Zóna	Názov stanice	Typ		Kontinuálne									Manuálne	
		oblasti	stanice	PM ₁₀	PM _{2,5}	Oxid dusíka NO, NO ₂ , NO _x	Oxid siričitý SO ₂	Ozón O ₃	Oxid uhoľnatý CO	Benzén	Ortuť	Ťažké kovy As, Cd, Ni, Pb	Polyaromatické uhľovodíky BaP	
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám	U	B	x	x									
	Bratislava, Trnavské 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				
	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	2	2	2		2	4	
Bratislavský kraj	Malacky, Mierové nám.	U	T	x	x	x	x		x	x				
	Pezinok, Obrancov mieru	U	B	x	x	x			x					
	Rovinka	S	B	x		x	x		x	x			x	
	Senec, Boldocká	U	T	x	x	x		x	x					
	Spolu 4 stanice			4	3	4	2	1	4	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	U	B	x	x	x		x						
	Komárno, Vnútorná Okružná	U	B	x	x	x		x						
	Plášťovce	S	B	x	x	x		x					x	
	Spolu 4 stanice			4	4	4	1	3	1	1			2	
Prešovský kraj	Humenné, Nám. Slobody	U	B	x	x	x		x						
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	R	B	x	x	x		x				x	x	
	Gánovce, Meteo. st.	R	B			x		x						
	Poprad, Železničná	S	B	x	x	x								
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu	U	T	x	x	x			x	x				
	Starina, Vodná nádrž, EMEP	R	B			x		x			x	x	x	
	Vranov nad Topľou, M. R. Štefánika	U	B	x	x		x							
	Kolonické sedlo	R	B	x	x									
	Bardejov, Pod Vinbargom	S	B	x	x	x		x						
	Spolu 9 staníc			7	7	7	1	5	1	1	1	2	2	

AGLOMERÁCIA / Zóna	Názov stanice	Typ		Kontinuálne								Manuálne	
		oblasti	stanice	PM ₁₀	PM _{2.5}	Oxid dusíka NO, NO ₂ , NO _x	Oxid siričitý SO ₂	Ozón O ₃	Oxid uhoľnatý CO	Benzén	Ortuť	Ťažké kovy As, Cd, Ni, Pb	Polyaromatické uhľovodíky BaP
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská	U	B	x	x	x	x	x				x	x
	Bystričany, Rozvodňa SSE	S	B	x	x		x						
	Handlová, Morovianska cesta	U	B	x	x		x						
	Trenčín, Hasičská	U	T	x	x	x	x		x	x			x
	Púchov, 1. mája	S	B	x	x	x	x		x			x	x
	Spolu 5 staníc			5	5	3	5	1	2	1		2	3
Trnavský kraj	Topoľníky, Aszód, EMEP	R	B	x	x	x	x	x			x	x	
	Senica, Hviezdoslavova	U	T	x	x		x						
	Trnava, Kollárova	U	T	x	x	x			x	x			x
	Sereď, Vinárska	U	B	x	x	x						x	
	Spolu 4 stanice			4	4	3	2	1	1	1	1	2	1
Žilinský kraj	Chopok, EMEP	R	B			x		x				x	
	Martin, Jesenského	U	T	x	x	x			x	x			
	Ružomberok, Riadok	U	B	x	x	x	x	x	x	x		x	x
	Žilina, Obežná	U	B	x	x	x		x	x				x
	Oščadnica	S	B	x	x								x
	Liptovský Mikuláš, Školská	U	B	x	x	x	x						
	Spolu 6 staníc			5	5	5	2	3	3	2		2	3
NMSKO spolu 53 monitorovacích staníc ⁵				48	47	39	19	21	19	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 staniách v roku 2021 uvádza **Tab. 2.2**. Ozón sa meria kontinuálne. Vzorkovací interval pre ťažké kovy je týždeň, pre VOC jeden 10 min odber týždenne a ostatné látky sa analyzujú z 24-hodinových odberov.

Tab. 2.2 Merací program EMEP staníc – ovzdušie.

	Ozón (O ₃)	Oxid siričitý (SO ₂)	Oxidy dusíka (NO _x)	Sířany (SO ₄ ²⁻)	Dusičnany (NO ₃ ⁻)	Kyselina dusičná (HNO ₃)	Chloridy (Cl)	Amoniak, amonné 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)	Chróom (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, sířany, dusičnany, chloridy, amonné a alkalické ióny) sa analyzuje zo vzoriek odobraných na EMEP staniách podľa monitorovacieho programu uvedeného v **Tab. 2.3** buď na dennej báze (Chopok, Starina) alebo na týždennej (Topoľníky, Stará Lesná), v mesačnom intervale sa sleduje kvalita zrážok na stanici Bratislava, Jeséniova. Výsledkom analýz sú priemerné týždenné alebo mesačné hodnoty v závislosti od odberového intervalu.

⁵ 52 stacionárnych staníc a jedna mobilná v Rovinke

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

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

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

2.1 ZHODNOTENIE ROZSAHU MONITOROVANIA PRE JEDNOTLIVÉ ZNEČISŤUJÚCE LÁTKY

■ Oxid siričitý SO₂

Táto znečisťujúca látka sa monitorovala na 19 staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania⁶ bol splnený. Monitorovanie oxidu siričitého bolo zabezpečené kontinuálne, referenčnou metódou na všetkých 19 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na 16 monitorovacích staniciach, 3 monitorovacie stanice začali merať v priebehu roka 2021 (Bratislava, Púchovská; Púchov, 1.mája a Liptovský Mikuláš, Školská), ako vidieť aj na podiele platných údajov.

■ Oxidy dusíka NO₂ a NO_x

Táto znečisťujúca látka sa monitorovala na 39 staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania⁶ bol splnený. Monitorovanie oxidov dusíka bolo zabezpečené kontinuálne, referenčnou metódou na všetkých 39 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na 29 monitorovacích staniciach (menší podiel platných meraní mali iba nové monitorovacie stanice Bratislava, Púchovská; Lučenec, Gemerská cesta; Žarnovica, Dolná; Senec, Boldocká; Trebišov, T. G. Masaryka; Komárno, Vnúťorná Okružná; Plášťovce, Poprad, Železničná; Púchov, 1.mája a Liptovský Mikuláš, Školská, ktoré boli uvedené do prevádzky v roku 2021).

■ Častice PM₁₀

Táto znečisťujúca látka sa monitorovala na 48 staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania⁶ bol splnený. Monitorovanie PM₁₀ bolo zabezpečené ekvivalentnou, kontinuálnou metódou oscilačnej mikrováhy, prístrojmi TEOM a metódou absorpcie beta žiarenia – BAM. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na 38 monitorovacích staniciach (menší podiel platných meraní mali iba nové monitorovacie stanice Bratislava, Púchovská; Lučenec, Gemerská cesta; Žarnovica, Dolná; Senec, Boldocká; Komárno, Vnúťorná Okružná; Plášťovce, Poprad, Železničná; Púchov, 1.mája; Liptovský Mikuláš, Školská a Oščadnica ktoré boli uvedené do prevádzky v roku 2021).

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

■ Častice PM_{2,5}

Tieto častice sa monitorovali na 47 staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania⁶ bol splnený. Monitorovanie PM_{2,5} bolo zabezpečené rovnakou metódou ako merania PM₁₀, prístrojmi TEOM a BAM. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na 36 monitorovacích staniciach (menší podiel platných meraní mali iba nové monitorovacie stanice Bratislava, Púchovská; Lučenec, Gemerská cesta; Žarnovica, Dolná; Senec, Boldocká; Komárno, Vnútná Okružná; Plášťovce; Poprad, Železničná; Púchov, 1.mája; Liptovský Mikuláš, Školská a Ošadnica ktoré boli uvedené do prevádzky v roku 2021).

■ Oxid uhoľnatý CO

Táto znečisťujúca látka sa monitorovala na 19 monitorovacích staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania⁶ bol splnený. Monitorovanie oxidu uhoľnatého bolo zabezpečené kontinuálne, referenčnou metódou na 19 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na 15 monitorovacích staniciach (menší podiel platných meraní mali iba nové monitorovacie stanice Bratislava, Púchovská; Lučenec, Gemerská cesta; Senec, Boldocká a Púchov, 1.mája, ktoré boli uvedené do prevádzky v roku 2021). Koncentrácie CO sa nachádzajú pod dolnou medzou pre hodnotenie, počet monitorovacích miest je teda postačujúci.

■ Ozón O₃

Ozón sa monitoroval na 21 monitorovacích staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania⁶ bol splnený. Monitorovanie ozónu sa zabezpečovalo kontinuálne, referenčnou metódou na všetkých 21 staniciach. Požadovanú výťažnosť platných nameraných údajov (90 %) dosiahlo 17 monitorovacích staníc (menší podiel platných meraní mali iba nové monitorovacie stanice Senec, Boldocká; Trebišov, T. G. Masaryka; Komárno, Vnútná Okružná; Plášťovce, ktoré boli uvedené do prevádzky v roku 2021).

■ Benzén

Benzén sa monitoroval na 14 monitorovacích staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania⁶ bol splnený. Monitorovanie benzénu bolo zabezpečené kontinuálne, referenčnou metódou na všetkých 14 staniciach. Požadovanú výťažnosť platných nameraných údajov (90 %) dosiahlo 12 monitorovacích staníc (menší podiel platných meraní mali iba nové monitorovacie stanice Bratislava, Púchovská a Lučenec, Gemerská cesta, ktoré boli uvedené do prevádzky v roku 2021).

■ Ortuť

Celková plynná ortuť bola monitorovaná na dvoch EMEP staniciach (Topoľníky a Starina). Monitorovanie ortuti bolo zabezpečené kontinuálne metódou diferenciálnej Zeemanovej atómovej absorpčnej spektrometrie, podiel platných nameraných údajov presiahol 90 % na oboch monitorovacích staniciach.

■ Ťažké kovy (Pb, As, Cd, Ni)

Ťažké kovy boli monitorované na 12 monitorovacích staniciach. Vzorky na analýzu ťažkých kovov sa odoberajú na mestských staniciach na mestských staniciach každý druhý deň počas 24 hodín na nitrocelulózový filter, následne sú analyzované v Skúšobnom laboratóriu SHMÚ metódou plynovej chromatografie. V roku 2021 boli vzorky na analýzu ťažkých kovov (Pb, As, Cd, Ni) odoberané na jednej predmestskej, siedmych mestských staniciach a štyroch staniciach s monitorovacím programom EMEP (Pb, As, Cd, Ni, Cr, Zn, Cu - týždenný odber).

■ Polyaromatické uhľovodíky – benzo(a)pyrén

V roku 2021 bol zabezpečený monitoring benzo(a)pyrénu na 21 monitorovacích staniciach. Odber vzoriek prebiehal každý tretí deň počas 24 hodín na kremenný filter. Vzorky sú po extrakcii analyzované v Skúšobnom laboratóriu SHMÚ metódou plynovej chromatografie s hmotnostnou detekciou (GC-MS). Minimálny požadovaný počet monitorovacích staníc¹ bol splnený.

■ VOC

Prchavé organické zlúčeniny, C₂–C₈ alebo tzv. ľahké uhľovodíky, sa začali odoberať na stanici Starina na jeseň v roku 1994. Starina je jednou z mála európskych staníc, zaradených do siete EMEP, s pravidelným monitorovaním prchavých organických zlúčenín. Analýzy sú vykonávané v Centrální laboratoři imisí Českého hydrometeorologického ústavu metódou plynovej chromatografie s indukčne viazanou plazmou.

■ EC/OC

Na jeseň roku 2021 sa na stanici Stará Lesná začalo v súlade s monitorovacou stratégiou EMEP, s monitorovaním podielu organického a elementárneho uhlíka v časticiach PM_{2,5}. Chemické analýzy sa realizujú v Centrální laboratoři imisí Českého hydrometeorologického ústavu.

■ Monitorovanie kvality ovzdušia na monitorovacích staniciach EMEP

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

■ Monitorovanie atmosférických zrážok na monitorovacích staniciach EMEP

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

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 – veľkých zdrojov znečistenia ovzdušia (VZZO).

	Okres	Názov stanice*	Typ		Zemepisná		Nadm. výška [m]
			oblasti	stanice	dĺžka	šírka	
BRATISLAVA	Bratislava II	Bratislava, Vlčie Hrdlo (Slovnaft, a.s.)	S	I	17°10'10"	48°08'00"	134
	Bratislava II	Bratislava, Pod. Biskupice (Slovnaft, a.s.)	U	B	17°12'20"	48°08'05"	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°13'40"	48°06'15"	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"	114
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

3.1 ÚVOD

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

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

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

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

3.2 KRITÉRIÁ NA HODNOTENIA KVALITY OVZDUŠIA

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

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

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

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

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

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

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

Dolnou medzou na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia je, podľa §6 odseku 9 zákona o ovzduší, ustanovená úroveň znečistenia ovzdušia, pod ktorou možno na hodnotenie kvality ovzdušia použiť matematické modelovanie alebo techniky objektívneho odhadu.

V **Tab. 3.1** sú uvedené limitné hodnoty na ochranu zdravia ľudí a kritické úrovne na ochranu vegetácie, horné a dolné medze na hodnotenie úrovne znečistenia vonkajšieho ovzdušia pre SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, Pb, CO a benzén. **Tab. 3.2** uvádza cieľové hodnoty na ochranu zdravia ľudí a na ochranu vegetácie pre As, Cd, Ni a benzo(a)pyrén (BaP).

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

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

* povolený počet prekročení je uvedený v zátvorkách

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

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

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

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

3.3 VÝSLEDKY MONITOROVANIA KVALITY OVZDUŠIA - LOKÁLNE ZNEČISTENIE OVZDUŠIA

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

Tab. 3.3 Podiel platných údajov v % v roku 2021.

AGLOMERÁCIA / Zóna	Znečisťujúca látka	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	Benzén	O ₃
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám.			99	99			
	Bratislava, Trnavské mýto		96	99	99	96	98	
	Bratislava, Jeséniova	96	96	99	98			98
	Bratislava, Mamateyova	95	95	99	99			97
	Bratislava, Púchovská*	55	56	58	58	55	10	
KOŠICE	Košice, Štefánikova	94	96	99	99	96	99	
	Košice, Amurská			99	99			
	Košice, Ďumbierska							96
	Veľká Ida, Letná			99	99	96		
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánik. nábr.	95	95	99	99	95	97	
	Banská Bystrica, Zelená		95	98	98			94
	Jelšava, Jesenského		96	99	99			95
	Hnúšťa, Hlavná			98	99			
	Lučenec, Gemerská cesta*		4	8	8	4	0,5	
	Zvolen, J. Alexyho			95	95			
	Žarnovica, Dolná*		43	42	42			
	Žiar n/H, Jilemnického			99	99			
Bratislavský kraj	Malacky, Mierové nám.	96	96	99	99	96	99	
	Pezinok, Obrancov mieru*		97	98	97	94		4
	Rovinka	97	97	99		97	98	
	Senec, Boldocká*		32	27	27	32		32
Košícký kraj	Kojšovská hola		95					95
	Trebišov, T. G. Masaryka*		88	91	91			90
	Strážske, Mierová			99	99			
	Krompachy, SNP	94	96	99	99	96	98	
Nitriansky kraj	Nitra, Janíkovce		96	99	99			95
	Nitra, Štúrova	94	96	99	99	96	99	
	Komárno, Vnútorná Okružná*		59	59	59			61
	Plášťovce*		50	53	53			55
Prešovský kraj	Gánovce, Meteo. st.		96					96
	Humenné, Nám. Slobody		96	99	99			96
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu		96	99	99	96	99	
	Vranov n/T, M. R. Štefánika	96		99	99			
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP		94	99	98			96
	Starina, Vodná nádrž, EMEP		95					93
	Kolonicke sedlo, Hvezdáreň			96	96			
	Poprad, Železničná*		43	42	44			
Trenčiansky kraj	Bardejov, Pod Vinbargom		96	99	98			98
	Prievidza, Malonecpalská	95	95	99	99			95
	Bystričany, Rozvodňa SSE	95		99	99			
	Handlová, Morovianska cesta	95		98	98			
	Púchov, 1.mája*	33	33	28	28	33		
	Trenčín, Hasičská	96	96	99	99	96	97	
Trnavský kraj	Senica, Hviezdoslavova	94		99	98			
	Trnava, Kollárova		96	99	99	95	99	
	Topoľníky, Aszód, EMEP	97	97	97	96			96
	Sereď, Vinárska		95	99	99			

AGLOMERÁCIA / Zóna	Znečisťujúca látka	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	Benzén	O ₃
Žilinský kraj	Chopok, EMEP		95					91
	Liptovský Mikuláš, Školská*	13	5	15	15			
	Martin, Jesenského		96	99	99	94	99	
	Ošcadnica*			7	7			
	Ružomberok, Riadok	96	96	99	99	96	98	85**
	Žilina, Obežná		96	99	99	95		95

≥ 90 % platných meraní

* AMS začala merať v priebehu roku 2021 ** bude doplnené do databázy

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 2021 uvádza **Tab. 3.4**. Zároveň sú v tabuľke uvedené počty prekročení výstražných prahov.

Tab. 3.4 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu zdravia ľudí a počty prekročení výstražných prahov – 2021.

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka	Ochrana zdravia									VP ²⁾			
		SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén	SO ₂	NO ₂		
	Doba spriemerovania		1 h	24 h	1 h	1 rok	24 h	1 rok	1 rok	8 h ¹⁾	1 rok	3 h po sebe	3 h po sebe	
	Parameter	počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	priemer	počet prekročení	priemer	priemer	priemer	priemer	počet prekročení	počet prekročení		
		Limitná hodnota [µg·m ⁻³]		350	125	200	40	50	40	20	10 000	5	500	400
		Maximálny počet prekročení		24	3	18		35						
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám.					5	18	13						
	Bratislava, Trnavské mýto			0	33	16	24	15	928	0,74			0	
	Bratislava, Jeséniova	0	0	0	9	2	16	13			0	0	0	
	Bratislava, Mamateyova	0	0	0	17	5	19	14			0	0	0	
	Bratislava, Púchovská*	0	0	0	13	0	18	12	781	0,80	0	0	0	
KOŠICE	Košice, Štefánikova	0	0	0	22	28	28	18	1500	0,66	0	0	0	
	Košice, Amurská					21	25	18						
	Veľká Ida, Letná					56	35	21	2186					
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánik.nábr.	0	0	2	25	38	30	19	1828	0,85	0	0	0	
	Banská Bystrica, Zelená			0	10	8	20	14				0	0	
	Jelšava, Jesenského			0	9	68	34	24				0	0	
	Hnúšťa, Hlavná					13	25	16						
	Lučenec, Gemerská cesta*			0	20	3	31	**27	1059	3,12		0	0	
	Zvolen, J. Alexyho					7	20	15						
	Žarnovica, Dolná*			0	12	19	28	**23				0	0	
	Žiar n/H, Jilemnického					3	17	13						
Bratislavský kraj	Malacky, Mierové nám.	0	0	0	16	4	21	15	1248	0,59	0	0	0	
	Pezinok, Obrancov mieru*			0	16	11	22	12	1113				0	
	Rovinka	1	0	0	12	7	22		665	0,93	0	0	0	
	Senec, Boldocká*			0	23	4	25	20	1070				0	
Košícký kraj	Kojšovská hola			0	5								0	
	Trebišov, T. G. Masaryka*			0	12	20	23	17					0	
	Strážske, Mierová					12	22	18						
	Krompachy, SNP	0	0	0	14	26	25	20	1574	0,90	0	0	0	
Nitriansky kraj	Nitra, Janíkovce			0	9	5	20	14					0	
	Nitra, Štúrova	0	0	0	27	9	25	16	1611	0,63	0	0	0	
	Komárno, Vnútoraná Okružná*			0	13	12	30	14					0	
	Plášťovce*			0	6	23	28	**24					0	

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka	Ochrana zdravia										VP ²⁾		
		SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén	SO ₂	NO ₂		
		Doba spriemerovania		1 h	24 h	1 h	1 rok	24 h	1 rok	1 rok	8 h ¹⁾	1 rok	3 h po sebe	3 h po sebe
		Parameter		počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	priemer	počet prekročení	priemer	priemer	priemer	priemer	počet prekročení	počet prekročení
		Limitná hodnota [µg·m ⁻³]		350	125	200	40	50	40	20	10 000	5	500	400
		Maximálny počet prekročení		24	3	18		35						
Prešovský kraj	Gánovce, Meteo. st.			0	8								0	
	Humenné, Nám. slobody			0	10	23	25	18					0	
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu			0	33	22	27	18	1472	1,01			0	
	Vranov n/T, M. R. Štefánika	0	0			16	22	16			0			
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP			0	5	1	12	8					0	
	Starina, Vodná nádrž, EMEP			0	3								0	
	Kolonické sedlo, Hvezdáreň					1	16	11						
	Poprad, Železničná*			0	17	1	16	10					0	
Trenčiansky kraj	Bardejov, Pod Vinbargom			0	10	7	20	15					0	
	Prievidza, Malonecpalská	0	0	0	15	5	20	16			0	0		
	Bystričany, Rozvodňa SSE	0	0			5	20	17			0			
	Handlová, Morovianska cesta	0	0			4	19	18			0			
	Púchov, 1.mája*	0	0	0	13	2	26	**22	1201		0	0		
	Trenčín, Hasičská	0	0	0	23	18	27	15	1236	0,90	0	0		
Trnavský kraj	Senica, Hviezdoslavova	0	0			9	22	15			0			
	Trnava, Kollárova			0	28	7	22	16	1140	0,74			0	
	Topoľníky, Aszód, EMEP	0	0	0	6	3	17	13			0	0		
	Sereď, Vinárska			0	14	6	20	15					0	
Žilinský kraj	Chopok, EMEP			0	2								0	
	Liptovský Mikuláš, Školská*	0	0	0	26	5	26	**23			0	0		
	Martin, Jesenského			0	21	28	29	21	1232	0,95			0	
	Oščadnica*					6	39	**35						
	Ružomberok, Riadok	0	0	0	16	15	24	19	2113	1,20	0	0		
	Žilina, Obežná			0	19	24	25	19	2050				0	

≥ 90 % platných meraní

¹⁾ maximálna osemhodinová koncentrácia

* AMS začala merať v priebehu roku 2021

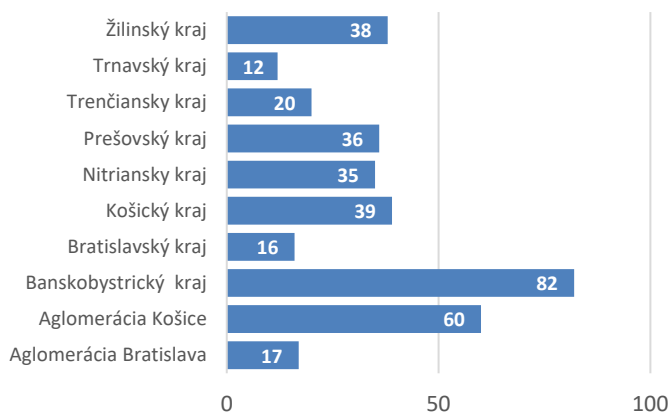
Červenou farbou je vyznačené prekročenie limitnej hodnoty.

²⁾ limitné hodnoty pre výstražné prahy

** Na celoročné hodnotenie roku 2021 nebol dostatok meraní

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 2021 prekročená iba na 3 monitorovacích staniciach - Veľká Ida, Letná; Banská Bystrica, Štefánikovo nábrehie a Jelšava, Jesenského.

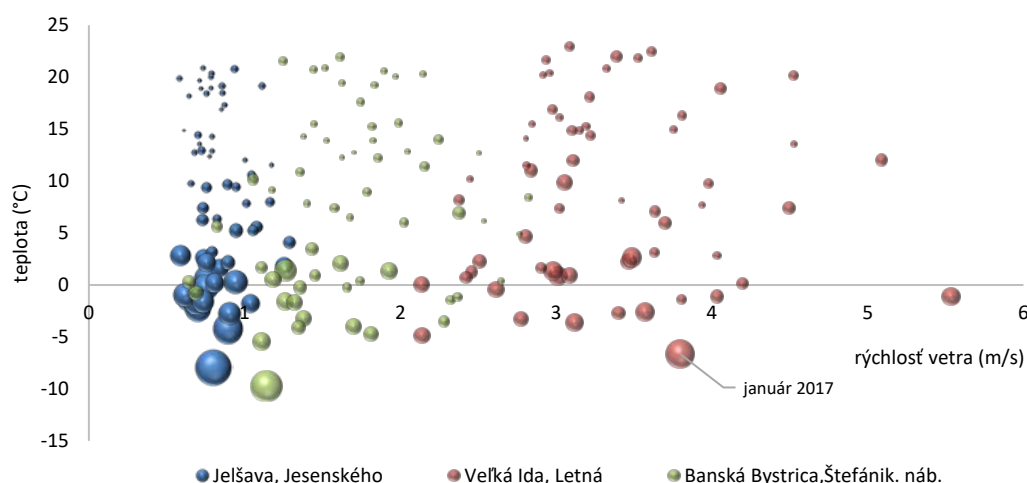
Obr. 3.1 Počet dní s priemernou dennou koncentráciou PM₁₀ > 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ na aspoň jednej stanici v aglomerácii/zóne.



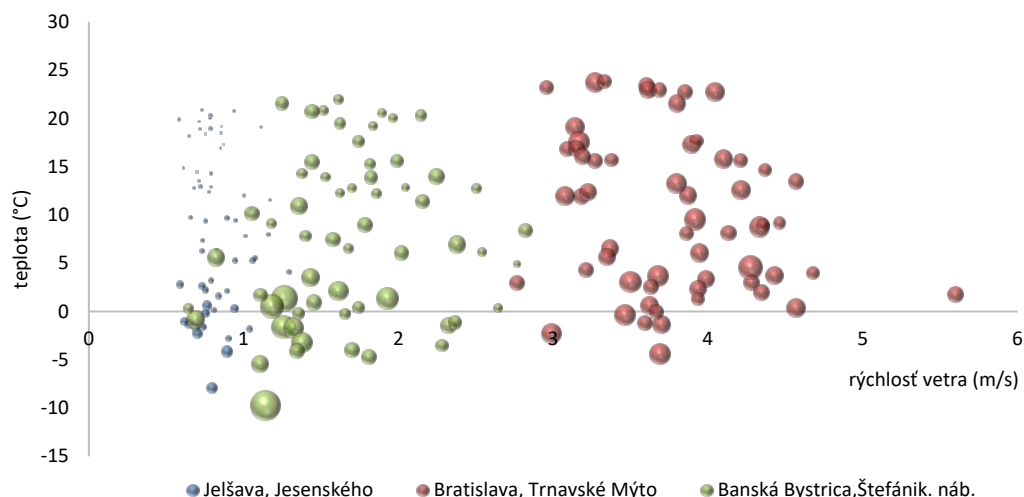
Pri spočítaní všetkých dní, v ktorých prišlo aspoň na jednej stanici v danej zóne (aglomerácii) k prekročeniu priemernej dennej koncentrácie $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, dostaneme pre zónu Banskobystrický kraj 82 prekročení. Je to najvyššia hodnota tohto parametra spomedzi všetkých zón a aglomerácií v roku 2021 (Obr. 3.1). V roku 2020 mal tento parameter hodnotu 53. K celkovému počtu 82 prekročení najviac prispela stanica Jelšava, Jeséniova (68 prekročení), na druhom mieste je Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie (38). Na vysokom počte prekročení v aglomerácii Košice sa najväčšmi podieľala Veľká Ida (56).

Na Obr. 3.2 a Obr. 3.3 je porovnanie závislosti nameraných hodnôt $\text{PM}_{2.5}$ a NO_2 a meteorologických parametrov pre rôzne typy staníc (mestská pozadňová stanica v Jelšave, dopravná v Banskej Bystrici a v Bratislave, predmestská priemyselná vo Veľkej Ide)

Obr. 3.2 Porovnanie závislosti priemerných mesačných koncentrácií $\text{PM}_{2.5}$ s priemernou rýchlosťou vetra a teplotou v rokoch 2017–2021.



Obr. 3.3 Porovnanie závislosti priemerných mesačných koncentrácií NO_2 s priemernou rýchlosťou vetra a teplotou v rokoch 2017–2021.



Pri porovnaní závislosti koncentrácií $\text{PM}_{2.5}$ od priemernej mesačnej teploty a rýchlosti vetra (Obr. 3.2) vidíme, že kým vyššie hodnoty $\text{PM}_{2.5}$ v Jelšave a v Banskej Bystrici na Štefánikovom nábreží sú namerané v chladnom období, vo Veľkej Ide sa môžu vyskytnúť v hoci ktorej časti roka, čo je charakteristické pre celoročný vplyv metalurgického komplexu. Najvyššie koncentrácie boli na všetkých staniciach zaznamenané v extrémne chladnom januári 2017. Je pravdepodobné, že vo Veľkej Ide sa okrem vplyvu priemyselného zdroja znečisťovania ovzdušia prejavuje aj vykurovanie domácností z blízkeho sídla marginalizovanej skupiny obyvateľov. Zároveň sú výrazne rozoznateľné nízke rýchlosti vetra v Jelšave, ktoré súvisia s horšími rozptylovými podmienkami.

V prípade NO₂ nárast koncentrácií v chladnom období v Jelšave a v Banskej Bystrici je podľa očakávaní menší než pre PM_{2,5} a v prípade dopravnej stanice v Bratislave na Trnavskom mýta sa nárast v chladných mesiacoch neprejaví vôbec.

Tab. 3.5 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia ťažkými kovmi (As, Cd, Ni a Pb) – 2021.

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka	[ng·m ⁻³]	As	Cd	Ni	Pb
	Cieľová hodnota	[ng·m ⁻³]	6,0	5	20	-
	Limitná hodnota	[ng·m ⁻³]	-	-	-	500
	Horná medza na hodnotenie	[ng·m ⁻³]	3,6	3	14	350
	Dolná medza na hodnotenie	[ng·m ⁻³]	2,4	2	10	250
BRATISLAVA	Bratislava, Trnavské mýto		0,3	0,1	0,9	5,2
Slovensko	Banská Bystrica, Štefánik. náb.		0,4	0,3	2,6	9,3
	Jelšava, Jesenského		0,3	0,2	0,7	3,6
	Ružomberok, Riadok		0,3	0,2	0,9	4,9
	Veľká Ida, Letná		0,5	0,5	1,3	19,2
	Prievidza, Malonecpalská		0,6	0,1	1,2	4,2
	Sereď, Vinárska		0,3	0,2	2,5	44,5
	Púchov, 1. mája*		1,0	0,3	0,7	5,3

* merania na stanici Púchov, 1. mája začali 16.10. 2021, uvedená priemerná hodnota preto nie je reprezentatívna pre celoročné hodnotenie.

V Tab. 3.6 sú uvedené priemerné ročné koncentrácie benzo(a)pyrénu (BaP) v ovzduší podľa meraní v rokoch 2017–2021.

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

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

≥ 90 % platných meraní

Červenou farbou je vyznačené prekročenie cieľovej hodnoty.

* Merania sa začali v priebehu roku na celoročné hodnotenie nie je dostatok platných meraní.
(14.11.2021 sa začali monitorovať PAH na AMS Bratislava, Púchovská, 19.6.2021 v Plášťovciach a 16.10.2021 v Púchove. Monitoring PAH v Trenčíne neprebíhal kvôli technickej poruche počas júna a decembra, preto ročný priemer pre túto stanicu nezhodnotíme

** Hodnoty budú doplnené po ukončení a vyhodnotení analýz vzoriek z roku 2021.

Poznámka: Výsledky za rok 2021 sú spracované na základe predbežného hodnotenia.

Podľa predbežného hodnotenia bola cieľová hodnota pre benzo(a)pyrén bola v roku 2021 opäť prekročená na väčšine staníc (Veľká Ida, Letná; Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie; Banská Bystrica, Zelená; Jelšava, Jesenského; Krompachy, SNP; Prievidza, Malonecpalská; Žilina, Obežná; Ružomberok, Riadok). Najvyššie hodnoty boli namerané na monitorovacej stanici vo Veľkej Ide, na tejto stanici najviac vzrástla oproti minulému roku aj priemerná ročná koncentrácia. Najvýraznejším zdrojom benzo(a)pyrénu na väčšine monitorovaných lokalít je vykurovanie domácností tuhým palivom, výnimkou je Veľká Ida, kde je dominantným zdrojom metalurgický komplex s výrobou koksu, vykurovanie domácností sa tu prejavuje v menšej miere.

Výskyt a dobu trvania znečistenia na úrovni výstražných prahov pre SO₂ za posledných 8 rokov uvádza **Tab. 3.7**. Výstražný prah pre SO₂ v NMSKO bol naposledy prekročený v roku 2013 na AMS Bystričany, Rozvodňa SSE. Výstražný prah pre NO₂ nebol v rokoch 2014 – 2021 prekročený.

Tab. 3.7 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia SO₂ podľa výskytu a trvania prekročenia výstražného prahu v rokoch 2014 – 2021 na stanici Bystričany, Rozvodňa SSE.

Rok	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Počet prekročení výstražného prahu	0	0	0	0	0	0	0	0
Dĺžka trvania v hodinách	0	0	0	0	0	0	0	0

Legislatíva stanovuje podmienky na vydanie oznámenia o vzniku smogovej situácie aj pre PM₁₀ s cieľom chrániť zdravie obyvateľov aj pri krátkodobejšom zhoršení kvality ovzdušia. Podľa Vyhlášky MŽP SR č. 244/2016 Z.z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov je oznámenie o vzniku smogovej situácie pre častice PM₁₀ vydané vtedy, ak dvanásťhodinový kľzavý priemer koncentrácií PM₁₀ prekročí informačný prah 100 µg·m⁻³, a súčasne podľa vývoja znečistenia ovzdušia a na základe meteorologickej predpovede nie je odôvodnené predpokladať zníženie koncentrácie tejto znečisťujúcej látky v priebehu nasledujúcich 24 hodín pod hodnotu informačného prahu.

Výstraha pred závažnou smogovou situáciou pre častice PM₁₀ je vydaná, ak dvanásťhodinový kľzavý priemer koncentrácií PM₁₀ prekročí výstražný prah 150 µg·m⁻³, a súčasne podľa vývoja znečistenia ovzdušia a na základe meteorologickej predpovede nie je odôvodnené predpokladať zníženie koncentrácie tejto znečisťujúcej látky v priebehu nasledujúcich 24 hodín pod hodnotu výstražného prahu.

Podmienky na vydanie oznámenia o ukončení smogovej situácie alebo oznámenia o zrušení výstrahy pred závažnou smogovou situáciou nastanú, ak koncentrácia PM₁₀ 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.

Trvanie prekročenia informačného a výstražného prahu⁷ pre PM₁₀ v roku 2021 v porovnaní s r. 2020 uvádza **Tab. 3.8**. V roku 2021 sme zaznamenali takmer trojnásobný nárast počtu hodín s prekročením informačného prahu v porovnaní s rokom 2020. Výstražný prah v roku 2021 prekročený nebol.

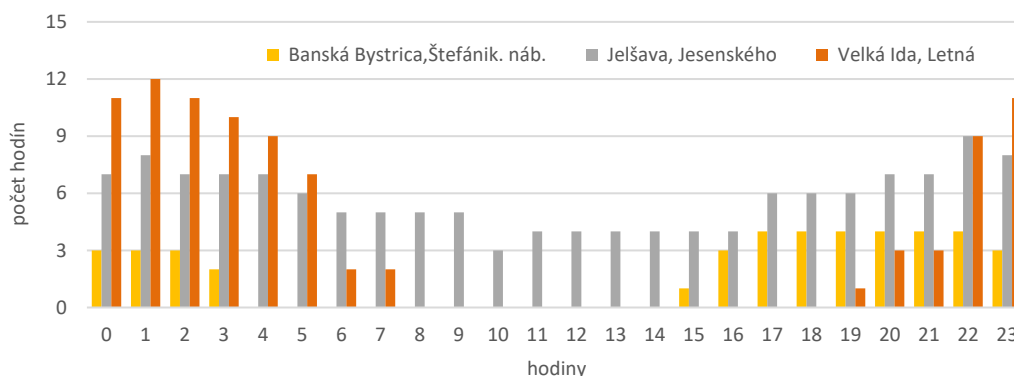
⁷ Oznámenie o vzniku smogovej situácie, či výstraha pred závažnou smogovou situáciou boli vydané v prípade splnenia vyššie uvedených podmienok.

Tab. 3.8 Trvanie prekročení informačného a výstražného prahu pre PM_{10} v r. 2021 v porovnaní s r. 2020.

Stanica	Typ		2020		2021	
			Trvanie prekročenia [h]		Trvanie prekročenia [h]	
	oblasti	stanice	informačného prahu	výstražného prahu	informačného prahu	výstražného prahu
Bratislava, Trnavské Mýto	U	T	11		13	
Bratislava, Mamateyova	U	B			1	
Košice, Amurská	U	B	1		6	
Košice, Štefánikova	U	T			55	
Veľká Ida, Letná	S	I	12		91	
Banská Bystrica, Štefánik. náb.	U	T	4		42	
Jelšava, Jesenského	U	B	33		138	
Hnúšťa, Hlavná	U	B			8	
Žarnovica, Dolná					11	
Pezinok	U	B			29	
Rovinka, mobil AMS	S	B	10			
Senec, Boldocká					9	
Krompachy, SNP	U	T	21		9	
Nitra, Štúrova	U	T			5	
Plášťovce					8	
Humenné, Nám. Slobody	U	B			14	
Prešov, Arm. gen. L. Svobodu	U	T			22	
Vranov nad Top., M. R. Štefánika	U	B				
Prievidza, Malonecpalská	U	B				
Handlová, Morovianska cesta	U	B			1	
Trenčín, Hasičská	U	T			18	
Senica, Hviezdoslavova	U	T				
Trnava, Kollárova	U	T			6	
Liptovský Mikuláš, Školská					8	
Ošadnica					11	
Ružomberok, Riadok	U	B	80	3	10	
Martin, Jesenského	U	T	8		9	
Žilina, Obežná	U	B			1	

Najviac hodín s prekročením informačného prahu bolo zaznamenané v roku 2021 na monitorovacej stanici Jelšava, Jesenského (138), pričom prekročenia na tejto stanici boli namerané v priebehu januára, februára a decembra. V Jelšave sa okrem nízkych teplôt prejavuje aj vplyv teplotných inverzií. **Obr. 3.4** ilustruje prekročenia informačného prahu podľa hodín dňa. Najviac prekročení bolo zaznamenaných vo večerných a nočných hodinách, čo pri prevládajúcom vplyve vykurovania domácností môže indikovať rozdielnú intenzitu kúrenia počas dňa, svoju úlohu tu však zohrávajú aj večerné a nočné teplotné inverzie. Zvláštnosťou je, že v Jelšave sa prekročenia informačného prahu v roku 2021 vyskytli akejkoľvek dennej hodine.

Obr. 3.4 Počet hodín s prekročením informačného prahu pre PM_{10} – porovnanie AMS Jelšava, Jesenského, Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie a Veľká Ida, Letná - podľa hodín dňa.



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

Ak je k dispozícii menej údajov ako za päť rokov, prekročenia horných a dolných medzí na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia možno zistiť kombináciou výsledkov z meracích kampaní kratšieho trvania vykonaných počas jedného roka – a to v lokalitách s pravdepodobne najvyššími úrovňami znečistenia ovzdušia – s výsledkami, ktoré sa získali z emisných inventúr a modelovania (Vyhláška MŽP SR č. 244/2016 Z.z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov). Zaradenie monitorovacích staníc podľa horných a dolných medzí na hodnotenie uvádzajú **Tab. 3.9** a **Tab. 3.10**.

Tab. 3.9 Zaradenie AMS podľa horných (HMH) a dolných medzí (DMH) na hodnotenie pre určenie spôsobu hodnotenia kvality ovzdušia za roky 2017 až 2021.

AGLOMERÁCIA/ zóna	Stanica	HMH a DMH s ohľadom na ochranu zdravia ľudí								
		SO ₂	NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén	
		24h priemer	1h priemer	ročný priemer	24h priemer	ročný priemer	ročný priemer	8h maximum	ročný priemer	
		> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH
Bratislava	Bratislava, Kamenné nám.				X	X	X			
	Bratislava, Trnavské mýto		X	X	X	X	X	X	X	X
	Bratislava, Jeséniova	X	X	X	X	X	X			
	Bratislava, Mamateyova	X	X	X	X	X	X			
Košice	Bratislava, Púchovská									X
	Košice, Štefánikova	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Košice, Amurská				X	X	X			
	Veľká Ida, Letná				X	X	X	X	X	
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Banská Bystrica, Zelená		X	X	X	X	X			
	Zvolen, J. Alexyho				X	X	X			
	Jelšava, Jesenského		X	X	X	X	X			
	Hnúšťa, Hlavná				X	X	X			
	Žarnovica, Dolná**									
	Lučenec, Gemerská cesta**									X
Bratislavský kraj	Žiar nad Hronom, Jilemnického				X	X	X			
	Malacky, Mierové nám.	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Pezinok		X	X	X	X	X	X	X	
	Rovinka	X	X	X	X	X		X	X	X
Košický kraj	Senec, Boldocká**									
	Kojšovská hoľa*		X	X						
	Strážske, Mierová				X	X	X			
	Krompachy, SNP	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nitriansky kraj	Trebišov, T.G.Masaryka**									
	Nitra, Janíkovce		X	X	X	X	X			
	Nitra, J. Štúrova	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Komárno, Vnútoraná Okružná**									
	Plášťovce**									

AGLOMERÁCIA/ zóna	Stanica	HMH a DMH s ohľadom na ochranu zdravia ľudí							
		SO ₂	NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén
		24h priemer	1h priemer	ročný priemer	24h priemer	ročný priemer	ročný priemer	8h maximum	ročný priemer
		> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH
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, Železnica**								
Trenčiansky kraj	Bardejov, Pod Vinbargom		X	X	X	X	X		
	Prievidza, Malonecpalská	X	X	X	X	X	X		
	Bystrica, Rozvodňa SSE	X			X	X	X		
	Handlová, Morovianska cesta	X			X	X	X		
	Púchov, 1.mája**								
Trnavský kraj	Trenčín, Hasičská	X	X	X	X	X	X	X	X
	Senica, Hviezdoslavova,	X			X	X	X		
	Trnava, Kollárova		X	X	X	X	X	X	X
Žilinský kraj	Topoľníky, Aszód, EMEP*	X	X	X	X	X	X		
	Sereď, Vinárska		X	X	X	X	X		
	Martin, Jesenského		X	X	X	X	X	X	X
	Liptovský Mikuláš, Školská**								
	Ošcadnica**								
	Chopok, EMEP*		X	X					
	Ružomberok, Riadok	X	X	X	X	X	X	X	X
	Žilina, Obežná		X	X	X	X	X	X	

* stanice indikujú regionálnu požadovú úroveň

** AMS začala merať v priebehu roku 2021

Tab. 3.10 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 2017 až 2021.

Stanica	As	Cd	Ni	Pb	BaP
	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH	> HMH ≤ DMH
Bratislava, Jeséniova					X
Bratislava, Trnavské mýto	X	X	X	X	X
Bratislava, Púchovská*					
Veľká Ida, Letná	X	X	X	X	X
Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.	X	X	X	X	X
Banská Bystrica, Zelená					X
Jelšava, Jesenského	X	X	X	X	X
Žarnovica, Dolná*					
Rovinka					X
Krompachy, SNP		X	X	X	X
Nitra, Štúrova					X
Plášťovce*					
Starina, Vodná nádrž, EMEP					X
Stará Lesná, EMEP					X
Prievidza, Malonecpalská		X	X	X	X
Trenčín, Hasičská**					

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
Púchov, 1.mája*					
Trnava, Kollárova					x
Žilina, Obežná					x
Ružomberok, Riadok	x	x	x	x	
Oščadnica*					
Sereď, Vinárska*	x	x	x	x	

* AMS začala merať v priebehu roku 2021

V **Tab. 3.11** sú uvedené priemerné ročné koncentrácie troposférického ozónu v rokoch 2009–2021 v porovnaní s fotochemicky mimoriadne aktívnym rokom 2003.

Tab. 3.11 Priemerné ročné koncentrácie prízemného ozónu ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v rokoch 2003, 2009 – 2021.

Stanica	2003	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Bratislava, Jeséniova	71	60	61	63	65	62	60	71	56	64	68	66	61	62
Bratislava, Mamateyova	53	48	46	51	53	48	46	54	36	51	54	54	49	50
Košice, Ďumbierska	68	81	63	73	62	61	55	57	55	55	63	56	46	49
Banská Bystrica, Zelená		53	56	60	66	66	58	48	45	57	56	47	48	54
Jelšava, Jesenského	55	49	44	-	-	41	36	45	48	49	49	45	39	41
Kojšovská hoľa	91	85	90	87	83	78	75	61	81	80	82	78	72	74
Nitra, Janíkovce		74	53	-	62	58	52	63	43	60	60	54	56	58
Humenné, Nám. slobody	66	59	53	53	55	60	40	41	50	52	51	54	49	49
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	67	61	67	65	63	71	56	66	58	63	67	59	57	47
Gánovce, Meteo. st.	68	62	63	64	66	67	58	66	38	53	56	57	51	53
Starina, Vodná nádrž, EMEP	73	58	51	59	60	64	55	64	58	60	64	62	54	57
Prievidza, Malonecpalská		50	49	51	52	50	53	54	39	51	52	49	46	47
Topoľníky, Aszód, EMEP	67	59	55	-	59	64	51	51	49	47	54	55	24	49
Chopok, EMEP	109	90	87	96	93	96	52	88	91	98	95	90	91	89
Žilina, Obežná	48	48	47	48	49	53	42	36	43	38	44	44	36	38
Ružomberok, Riadok									37	37	36	36	35	40
Bardejov, Pod Vinbargom														44
Trebišov, T. G. Masaryka														49
Plášťovce														49
Komárno, Vnútoraná Okružná														47
Senec, Boldocká														35
Priemer	65	62	59	61	63	63	53	58	52	57	59	57	51	50

≥ 90 % požadovaných platných údajov

Vyhláška MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov ustanovuje cieľovú hodnotu pre ozón na ochranu zdravia ľudí nasledovne: *Najväčšia denná 8-hodinová stredná koncentrácia neprekročí 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sa neprekročí viac ako 25 dní za kalendárny rok v priemere troch rokov**. Počet dní s prekročením cieľovej hodnoty prízemného ozónu uvádza **Tab. 3.12**.

**Metodická poznámka: Priemerovaným obdobím je najväčšia denná 8-hodinová stredná hodnota (tá sa vyberie pre-skúmaním 8-hodinových kľzavých 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 obdobie od 17.00 hod. predchádzajúceho dňa do 1.00 hod. daného dňa; posledným výpočtovým obdobím pre ktorýkoľvek jeden deň je obdobie od 16.00 hod. do konca daného dňa).*

Tab. 3.12 Počet dní s prekročením cieľovej hodnoty prízemného ozónu na ochranu zdravia ľudí.

Stanica	2019	2020	2021	Priemer 2019 – 2021
Bratislava, Jeséniova	40	17	23	27
Bratislava, Mamateyova	32	12	15	20
Košice, Ďumbierska	6	0	0	2
Banská Bystrica, Zelená	2	0	3	2
Jelšava, Jesenského	4	2	2	3
Kojšovská hoľa	11	2	4	6
Nitra, Janíkovce	10	9	15	11
Humenné, Nám. Slobody	3	3	1	2
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	3	5	0	3
Gánovce, Meteo. st.	0	0	0	0
Starina, Vodná nádrž, EMEP	3	4	0	2
Prievidza, Malonecpalská	1	2	3	2
Topoľníky, Aszód, EMEP	19	0	3	7
Chopok, EMEP	36	33	22	30
Žilina, Obežná	6	0	0	2
Ružomberok, Riadok	1	0	0	0
Bardejov, Pod Vinbargom			0	0
Trebišov, T. G. Masaryka			2	2
Plášťovce			19	19
Komárno, Vnútná Okružná			7	7
Senec, Boldocká			2	2

≥ 90 % požadovaných platných údajov

Červenou farbou je vyznačené prekročenie cieľovej hodnoty

Tab. 3.13 Počet prekročení (v hodinách) informačného prahu (IP) a výstražného prahu (VP) prízemného ozónu pre upozornenie a varovanie obyvateľstva.

Stanica	IP1h = 180 µg·m ⁻³			VP1h = 240 µg·m ⁻³		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Bratislava, Jeséniova	0	0	0	0	0	0
Bratislava, Mamateyova	0	0	0	0	0	0
Košice, Ďumbierska	0	0	0	0	0	0
Banská Bystrica, Zelená	0	0	0	0	0	0
Jelšava, Jesenského	0	0	0	0	0	0
Kojšovská hoľa	0	0	0	0	0	0
Nitra, Janíkovce	0	0	0	0	0	0
Humenné, Nám. slobody	0	0	0	0	0	0
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	0	0	0	0	0	0
Gánovce, Meteo. st.	0	0	0	0	0	0
Starina, Vodná nádrž, EMEP	0	0	0	0	0	0
Prievidza, Malonecpalská	0	0	0	0	0	0
Topoľníky, Aszód, EMEP	0	0	0	0	0	0
Chopok, EMEP	0	0	0	0	0	0
Žilina, Obežná	0	0	0	0	0	0
Ružomberok, Riadok	0	0	0	0	0	0
Bardejov, Pod Vinbargom			0			0
Trebišov, T. G. Masaryka			0			0
Plášťovce			0			0
Komárno, Vnútná Okružná			0			0
Senec, Boldocká			0			0

≥ 90 % požadovaných platných údajov

Hodnoty prízemného ozónu AOT40 na ochranu vegetácie sa nachádzajú v **Tab. 3.14**. AOT40 je suma prekročení úrovne $80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ počítaných z 1h koncentrácií počas dňa (od 8 00 do 20 00 h SEČ) od 1. mája do 31. júla. Cieľová hodnota je $18\,000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (vzťahuje sa k priemeru za 5 za sebou idúcich kalendárnych rokov). Táto hodnota bola prekročená na štyroch staniciach (t.j. na týchto staniciach prekročil priemer hodnôt AOT40 za roky 2017 – 2021 hodnotu $18\,000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Tab. 3.14 Hodnoty prízemného ozónu AOT40 na ochranu vegetácie (máj – júl).
Cieľová hodnota AOT40 je $18\,000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Stanica	2017	2018	2019	2020	2021	Priemer 2017 – 2021
Bratislava, Jeséniova	25 042	25 103	20 609	12 501	19 274	20 506
Bratislava, Mamateyova	21 525	22 658	19 340	10 655	17 655	18 367
Košice, Ďumbierska	11 557	14 384	11 752	3 269	7 368	9 666
Banská Bystrica, Zelená	17 198	16 982	8 298	7 723	15 869	13 214
Jelšava, Jesenského	12 756	6 660	12 361	5 191	10 186	9 431
Kojšovská hoľa	13 056	18 706	12 202	4 995	13 260	12 444
Nitra, Janíkovce	25 925	25 036	13 313	12 741	18 931	19 189
Humenné, Nám. slobody	14 209	10 833	13 326	5 981	12 578	11 385
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	13 197	22 437	8 666	7 890	2 491	10 936
Gánovce, Meteo. st.	7 020	6 646	8 954	3 251	6 707	6 483
Starina, Vodná nádrž, EMEP	12 154	13 116	11 601	5 072	11 737	10 736
Prievidza, Malonecpalská	16 167	15 889	8 301	6 198	11 799	11 671
Topoľníky, Aszód, EMEP	9 334	15 886	17 690	-	13 176	11 217
Chopok, EMEP	29 820	32 667	23 711	15 957	23 654	23 997
Žilina, Obežná	10 956	13 364	11 800	559	4 794	8 295
Ružomberok, Riadok	2 801	3 789	5 307	1 999	8 041	3 369
Bardejov, Pod Vinbargom					10 607	10 607
Trebišov, T. G. Masaryka					12 369	12 369
Plášťovce*					24 211	-
Komárno, Vnútná Okružná*					17 818	-
Senec, Boldocká*					-	-

* 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 PM_{10} ani na jednej lokalite (**Tab. 3.15**).

Tab. 3.15 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu ľudského zdravia za rok 2021 z priemyselných staníc ostatných prevádzkovateľov – VZZO.

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka Doba spriemerovania Limitná hodnota [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] (počet prekročení)	Ochrana zdravia					
		SO_2		NO_2		PM_{10}	
		1 h	24 h	1 h	1 rok	24 h	1 rok
		350	125	200	40	50	40
		(24)	(3)	(18)		(35)	
BRATISLAVA	Bratislava, Pod. Biskupice (Slovnaft, a.s.)	0	0	0	18	6	20
	Bratislava, Vlčie Hrdlo (Slovnaft, a.s.)	0	0	0	18	6	20
KOŠICE	Košice, Poľov (U.S. Steel, s.r.o.)					6	17
	Košice, Haniska (U.S. Steel, s.r.o.)	0	0			12	19
Bratislavský kraj	Rovinka (Slovnaft, a.s.)	1	0	0	14	3	21
Košický kraj	Veľká Ida (U.S. Steel, s.r.o.)					22	27
	Leles (Slovenské elektrárne, a.s.)	1	0	0	6	8	34
Nitriansky kraj	Trnovec nad Váhom (Duslo, a.s.)	0	0	0	10	4	19
Trenčiansky kraj	Oslany (Slovenské elektrárne, a.s.)	1	0	0	8	11	39
Žilinský kraj	Ružomberok (Mondi a.s. - Supra)					13	22

¹⁾ maximálna osemhodinová koncentrácia

3.3.1 Vyhodnotenie kvality ovzdušia podľa limitných a cieľových hodnôt na ochranu zdravia ľudí pre SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, benzén, CO a benzo(a)pyrén v členení na aglomerácie a zóny v roku 2021

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

3.3.2 Vyhodnotenie kvality ovzdušia podľa limitných a cieľových hodnôt na ochranu zdravia ľudí pre Pb, As, Cd, Ni a O₃ v členení na aglomeráciu a zóny v roku 2021

■ Aglomerácia Bratislava

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

Cieľová hodnota pre ozón (najväčšia denná 8-hodinová stredná koncentrácia neprekročí 120 µg·m⁻³ viac ako 25 dní za kalendárny rok v priemere troch 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 týchto lokalitách, takže ozón tu už nie je do takej miery degradovaný oxidom dusnatým z cestnej dopravy ako pri frekventovaných cestách. Prejaviť sa tu mohli aj epizódy diaľkového prenosu. V roku 2021 v Bratislave neprišlo k prekročeniu informačného prahu ani výstražného prahu.

■ Zóna Slovensko

Zóna vymedzuje územie Slovenskej republiky okrem územia hlavného mesta SR Bratislavy.

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

Cieľová hodnota pre ozón bola prekročená na monitorovacej stanici Chopok, EMEP. Stanica sa nachádza v nadmorskej výške 2008 m n. m., kde sa na zvýšených koncentráciách troposférického ozónu podieľa okrem horizontálneho diaľkového prenosu aj prenos zo spodných vrstiev stratosféry.

3.4 REGIONÁLNY MONITORING

Regionálne znečistenie ovzdušia je znečistenie hraničnej vrstvy atmosféry krajiny prírodného typu, v dostatočnej vzdialenosti od lokálnych, priemyselných a mestských zdrojov. Hraničná vrstva atmosféry je vrstva v ktorej sa premiešava znečistenie vertikálne od zemského povrchu až do výšky asi 1000 m. V odľahlých regiónoch sú na rozdiel od miest priemyselné exhaláty viac-menej rovnomerne rozptýlené v celej tejto vrstve, a preto je úroveň prízemných koncentrácií nižšia ako v mestách. V nasledujúcom texte sú uvedené výsledky z regionálnych monitorovacích staníc EMEP, kapitola 3.4.1 obsahuje výsledky monitoringu kvality ovzdušia a kapitola 3.4.2 sa zaoberá kvalitou atmosférických zrážok.

3.4.1 Ovzdušie

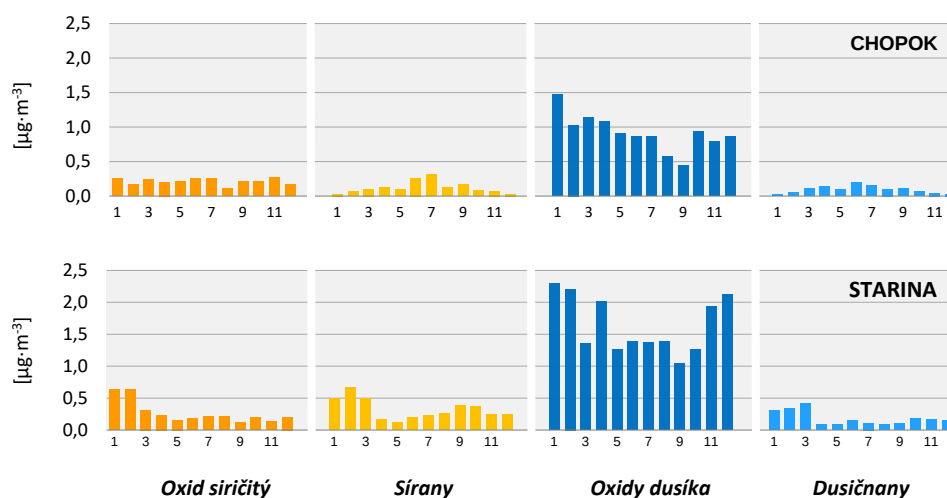
■ Oxid siričitý, sírany

Oxid siričitý a sírany patria medzi látky s acidifikačným potenciálom. Koncentrácie týchto látok sa 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 2021 boli priemerné koncentrácie za kalendárny rok na Chopoku $0,43 \mu\text{g SO}_2 \cdot \text{m}^{-3}$ a Starine $0,54 \mu\text{g SO}_2 \cdot \text{m}^{-3}$. Aj za zimné obdobie bola koncentrácia na Chopoku $0,37 \mu\text{g SO}_2 \cdot \text{m}^{-3}$ aj na Starine $0,71 \mu\text{g SO}_2 \cdot \text{m}^{-3}$ na nízkej úrovni a spĺňala legislatívne limity. Limitné hodnoty, kritické úrovne znečistenia ovzdušia a cieľové hodnoty stanovuje Vyhláška MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov, a nachádzajú sa v prílohách č. 1 až 3. V Tab. 3.16 sú uvedené koncentrácie oxidu siričitého a síranov prepočítané na hmotnosť síry. Obr. 3.5 ilustruje mesačný chod sledovaných zlúčenín.

■ Oxid dusičitý, dusičnany

Zlúčeniny dusíka môžu tiež prispievať k acidifikácii prostredia. Preto bola legislatívou stanovená kritická úroveň znečistenia ovzdušia na ochranu vegetácie $30 \mu\text{g NO}_x \cdot \text{m}^{-3}$ za kalendárny rok, ktorá je uvedená v Prílohe č. 2 k Vyhláške MŽP SR o kvalite ovzdušia č. 244/2016 Z. z., v znení neskorších predpisov. Na regionálnych staniciach Topoľníky $8,88 \mu\text{g NO}_x \cdot \text{m}^{-3}$ a Stará Lesná $9,05 \mu\text{g NO}_x \cdot \text{m}^{-3}$ nebola limitná hodnota prekročená. Mesačné priemerné koncentrácie neprekročili $20 \mu\text{g NO}_x \cdot \text{m}^{-3}$. Tab. 1.16 udáva koncentrácie oxidu dusičitého prepočítaného na dusík na regionálnych staniciach Chopok a Starina v roku 2021 a na Obr. 3.5 sú uvedené mesačné koncentrácie dusičnanov a oxidu dusičitého.

Obr. 3.5 Priemerné mesačné koncentrácie znečisťujúcich látok v ovzduší, rok 2021 (prepočítané na síru, resp. 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 kationtov, iónov sodíka, draslíka, vápnika a horčíka. Priemerné koncentrácie uvedených komponentov (NH_3 a NH_4^+ prepočítané na dusík) za rok 2021 sú uvedené v **Tab. 3.16**. Pri amónnych iónoch predstavuje ročná koncentrácia hodnotu $0,77 \mu\text{g N}\cdot\text{m}^{-3}$ a pri amoniaku $1,20 \mu\text{g N}\cdot\text{m}^{-3}$.

Tab. 3.16 Priemerné ročné koncentrácie znečisťujúcich látok [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v ovzduší na EMEP staniach, rok 2021.

	SO_2	SO_4^{2-}	NO_2	NO_3^-	HNO_3	Cl^-	NH_3	NH_4^+	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
Chopok	0,21	0,12	0,98	0,09	0,04	0,07	-	-	-	-	-	-
Starina	0,27	0,32	1,64	0,18	0,06	0,12	1,20	0,77	0,20	0,17	0,03	0,15

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

■ Atmosférický aerosól, ťažké kovy

Hodnoty koncentrácií ťažkých kovov (olova, medi, kadmia, niklu, chrómu, zinku a arzenu) za rok 2021 sú uvedené v **Tab. 3.17**. Vysoké hodnoty olova a zinku boli zaznamenané v Topoľníkoch a to najmä posledné tri mesiace roka, kedy sme na tejto stanici zaznamenali vo viacerých týždňoch koncentrácie nad $10 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$. Koncom roka 2020 sa začalo sledovať kvalitatívne zloženie frakcie PM_{10} na obsah elementárneho a organického uhlíka na stanici EMEP Stará Lesná a v tomto roku máme k dispozícii výsledky za celý rok uvedené v **Tab. 3.17**.

Tab. 3.17 Priemerné ročné koncentrácie ozónu [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] a ťažkých kovov [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$] v ovzduší na EMEP staniach, rok 2021.

	$\text{PM}_{10}/\text{TSP}^1$	Pb	Cu	Cd	Ni	Cr	Zn	As	Hg*	EC/OC
Chopok ¹	5,4	0,81	0,36	0,03	0,36	0,52	3,53	0,11	-	
Topoľníky	13,5	4,55	1,50	0,09	0,28	0,56	15,81	0,28	1,2	
Starina	10,7	1,99	0,63	0,07	0,32	0,37	9,50	0,23	1,4	
Stará Lesná	9,1	2,61	0,93	0,07	0,23	0,39	11,25	0,28	-	3,02/0,37

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

²Hg sa meria mimo monitorovacieho programu EMEP

■ Ozón

Stará Lesná má najdlhší časový rad meraní ozónu, od roku 1992. Merania ozónu v Topoľníkoch, na Starine a na Chopku sa začali realizovať v priebehu roka 1994. V roku 2021 bola priemerná ročná koncentrácia ozónu na Chopku $89 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, v Topoľníkoch $49 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, v Starej Lesnej $47 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a na Starine $57 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

■ Prchavé organické zlúčeniny

Prchavé organické zlúčeniny, $\text{C}_2 - \text{C}_8$ (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. Laboratórne analýzy VOC boli v roku 2021 vykonávané v Centrálnom laboratóriu imisii ČHMÚ v Prahe.

Tab. 3.18 Priemerné ročné koncentrácie prchavých organických zlúčenín [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] na EMEP stanici Starina, rok 2021.

etán	etén	propán	propén	i-bután	bután	2-metylbután	pentán	hexán	izoprén
2,74	0,89	1,45	0,34	0,72	0,90	0,71	2,31	0,15	0,52
Σ butény	Σ pentény	benzén	i-oktán	heptán	toluén	etylbenzén	oktán	m+p-xylén	o-xylén
0,19	0,07	0,80	0,09	0,12	0,78	0,40	0,09	0,81	0,40

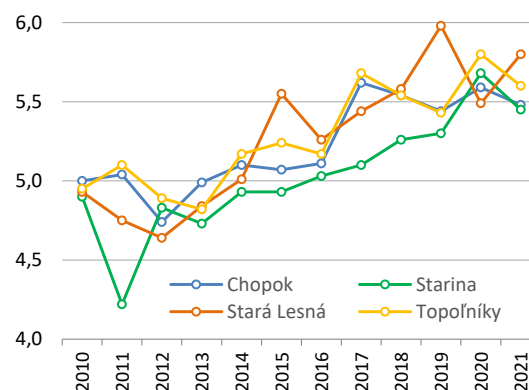
3.4.2 Atmosférické zrážky

Chemické zloženie atmosférických zrážok sa pravidelne monitoruje na všetkých EMEP staniciach a na mestskej požadovej stanici Bratislava, Jeséniova.

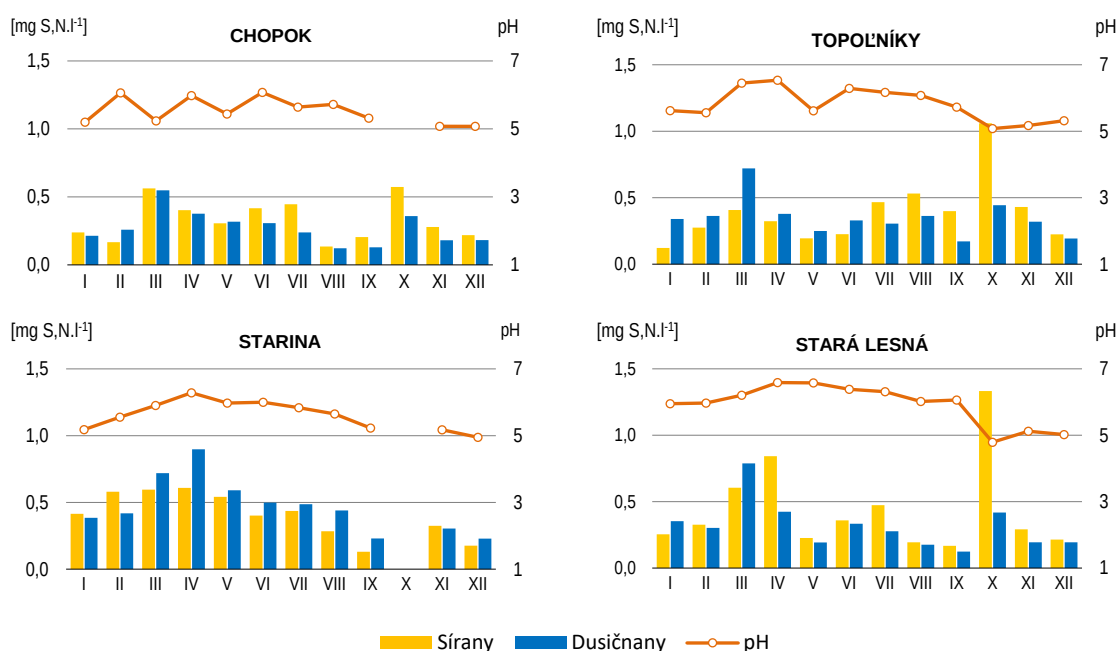
■ Hlavné ióny, pH, vodivosť

V roku 2021 bol zaznamenaný zrážkový úhrn na regionálnych staniciach od 448 do 1364 mm s hornou hranicou rozpätia na Chopku a s najmenším množstvom zrážok v Starej Lesnej. Ročné priemerné hodnoty sa pohybovali od pH 5,45 na Starej Lesnej, kde sme zaznamenali aj najnižšiu priemernú mesačnú hodnotu pH 4,79 v mesiaci október, ale nejednalo sa o hodnotu, ktorá dokáže poškodiť vegetáciu. Vyššie ročné priemerné hodnoty pH boli namerané v Topoľníkoch (**Tab. 3.19, Obr. 3.6**). Vodivosť atmosférických zrážok je odrazom disociovaných iónov v zrážkach. Koncentrácie síranov v zrážkových vodách (**Tab. 3.19, Obr. 3.7**) prepočítané na síru predstavovali na staniciach EMEP rozpätie 0,29 – 0,40 mg·l⁻¹. Najnižšie na Chopku a na všetkých staniciach boli hodnoty mierne vyššie oproti minulému roku. Z dôvodu významného poklesu koncentrácií síranov v ovzduší za posledné dekády, začali hrať dusičnany, ktoré sa v minulosti podieľali na kyslosti zrážok v menšej miere ako sírany, v súčasnosti väčšiu rolu aj z dôvodu menej významných poklesov ich koncentrácií. Dusičnany vykazovali koncentračné rozpätie na staniciach EMEP prepočítané na dusík 0,25 – 0,45 mg·l⁻¹ (**Tab. 3.19, Obr. 3.7**). Spodnú hranicu rozpätia predstavuje Chopok a hornú Starina. Amónne ióny patria tiež medzi majoritné ióny a ich koncentračné rozpätie na staniciach EMEP predstavovalo 0,36 – 0,61 mg·l⁻¹ (**Tab. 3.19**). Vývoj ročných priemerných hodnôt pH atmosférických zrážok na staniciach EMEP za posledných jedenást rokov je uvedený v grafe na **Obr. 3.6** z neho môžeme vyčítať, že až do roku 2016 sa vyskytovali ročné priemerné hodnoty pH nižšie ako 5, a tie mali nepriaznivý vplyv najmä na materiály (zvýšená korózia a iné degradácie materiálov rôzneho druhu).

Obr. 3.6 pH v atmosférických zrážkach.



Obr. 3.7 Atmosférické zrážky, rok 2021.



Tab. 3.19 Ročné vážené priemery koncentrácií znečisťujúcich látok v atmosférických zrážkach, rok 2021.

	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	1364	5,48	9,40	0,287	0,246	0,364	0,172	0,205	0,087	0,032	0,196
Topoľníky	560	5,60	12,20	0,397	0,297	0,564	0,184	0,137	0,116	0,045	0,395
Starina	700	5,45	12,55	0,375	0,447	0,393	0,233	0,383	0,259	0,066	0,385
Stará Lesná	448	5,80	14,13	0,343	0,260	0,610	0,240	0,427	0,173	0,084	0,518
Bratislava, Jeséniova	466	5,96	19,68	0,58	0,56	1,11	0,38	0,63	0,56	0,16	1,12

SO₄²⁻ – prepočítané na síru, NO₃⁻, NH₄⁺ – prepočítané na dusík

■ Ťažké kovy v atmosférických zrážkach

Monitoring ťažkých kovov v zrážkach sa vykonáva na základe monitorovacej stratégie CCC EMEP (Chemical Coordinating Centre of EMEP). Na staniciach prvej úrovne sa monitorujú ťažké kovy – olovo, meď, kadmium, nikel, chróm, zinok a arzén. Na monitorovacej stanici Bratislava, Jeséniova bolo zavedené meranie rovnakej palety ťažkých kovov. Táto však slúži len na porovnanie a nehodnotí sa ako regionálna stanica. Výsledky ročných vážených priemerov koncentrácií ťažkých kovov v atmosférických zrážkach za rok 2021 sú uvedené v **Tab. 3.20**. Zinok, olovo a meď majú medzi monitorovanými kovmi vyššie zastúpenie ako ostatné kovy, podobne ako pri kovoch v ovzduší (**Tab. 3.17**). Dlhodobý trend ťažkých kovov má klesajúcu tendenciu, ale koncentrácie najmä olova v ovzduší a kadmia v ovzduší aj v zrážkach sú v porovnaní s väčšinou krajín zúčastňujúcich sa monitoringu EMEP na Slovensku vysoké. Na väčšine monitorovacích miest sú ročné priemerné koncentrácie kadmia pod 0,02 μg·l⁻¹ a v ovzduší pod 0,06 μg·m⁻³ a olova v zrážkach pod 0,6 μg·m⁻³.

Tab. 3.20 Ročné vážené priemery koncentrácií ťažkých kovov v atmosférických zrážkach na EMEP staniciach, rok 2021.

	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	1442,9	1,19	0,07	0,41	0,52	0,75	33,20	0,45
Topoľníky	440,0	1,35	0,09	0,23	0,60	0,82	253,94	0,59
Starina	702,1	1,13	0,17	0,37	0,65	1,35	31,42	0,62
Stará Lesná	623,2	0,98	0,09	0,20	0,36	0,54	18,57	0,31
Bratislava, Jeséniova	555,4	2,07	0,13	0,55	0,59	1,32	37,04	0,83

3.5 ZHRNUTIE

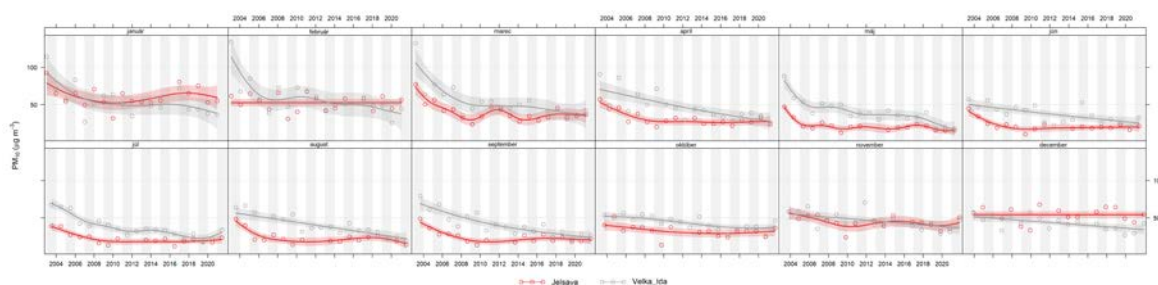
■ PM₁₀

Cieľom monitoringu je dostatočne pokrývať územie Slovenska berúc do úvahy možný vplyv rôznych zdrojov znečisťovania ovzdušia, preto v roku 2021 postupne pribúdali monitorovacie stanice, ktoré odrážajú aj vplyv vykurovania domácností. Predpoklad, že na takýchto lokalitách sa budú vyskytovať vysoké koncentrácie PM₁₀, PM_{2.5} a benzo(a)pyrénu sa potvrdil, vysoké hodnoty boli namerané napríklad na stanici v Plášťovciach, Oščadnici aj Žarnovici.

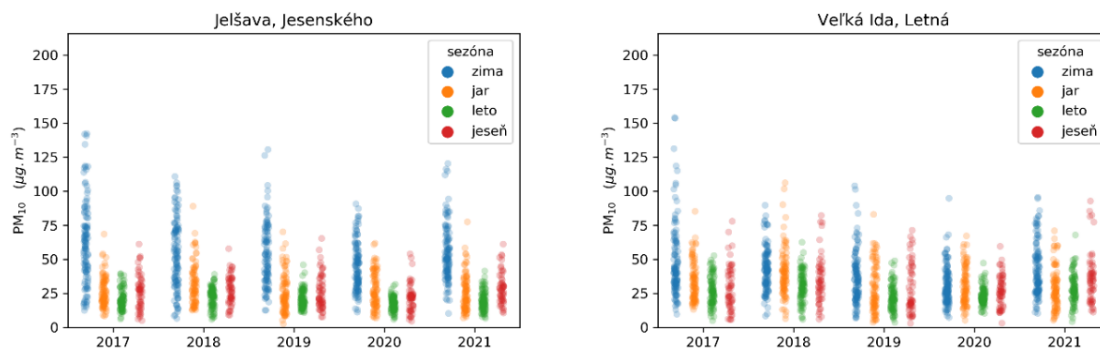
V roku 2021 neprišlo na žiadnej monitorovacej stanici k prekročeniu limitnej hodnoty pre priemernú ročnú koncentráciu PM₁₀ (40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Najvyššie hodnoty tohto ukazovateľa zaznamenali Veľká Ida, Letná (35 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a Jelšava, Jesenského (34 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Prekročenia limitnej hodnoty na ochranu ľudského zdravia pre 24 hodinové koncentrácie sa vyskytli na troch AMS: Jelšava, Jesenského, Veľká Ida, Letná a Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie.

Na dopravnej stanici v Banskej Bystrici na Štefánikovom nábreží je dominantným zdrojom cestná doprava, prejavuje sa však aj vplyv vykurovania. V roku 2021 tu boli hodnoty PM ovplyvnené aj stavebnými prácami v blízkosti stanice. V Jelšave je dominantným zdrojom PM₁₀ vykurovanie domácností tuhým palivom, pričom táto lokalita je v menšej miere ovplyvnená i priemyselným zdrojom. Problémom sú tu obvykle aj veľmi nepriaznivé rozptylové podmienky v zimnom období. Obr. 3.8 znázorňuje dlhodobý trend PM₁₀ v Jelšave v porovnaní s Veľkou Idou. V letných mesiacoch sú vďaka lepším rozptylovým podmienkam nižšie aj hodnoty namerané vo Veľkej Ide. Dlhodobý mierne klesajúci trend môže byť odrazom poklesu regionálneho pozadového znečistenia v kombinácii s poklesom emisií z priemyselného zdroja.

Obr. 3.8 PM₁₀ v Jelšave a vo Veľkej Ide v rokoch 2003 – 2021.



Obr. 3.9 Priemerné denné koncentrácie PM₁₀ na AMS Jelšava, Jesenského a Veľká Ida, Letná.



Obr. 3.9 ilustruje aj nárast priemerných denných koncentrácií PM₁₀ v Jelšave v porovnaní so situáciou vo Veľkej Ide v zimnom období roku 2021 oproti roku 2020.

Minimum v letných mesiacoch je v Jelšave v porovnaní s Veľkou Idou oveľa výraznejšie, čo odráža rozdielnú sezónnosť dominantných zdrojov na oboch lokalitách. Koncentrácie namerané na lokalite ovplyvnenej najmä vykurovaním domácností (Jelšava) sú porovnateľne vysoké, ako na priemyselnej stanici Veľká Ida, Letná, niekedy dokonca vyššie. Obe stanice dlhodobo vykazujú najvyššie koncentrácie PM (ako bolo spomenuté, Veľká Ida je v menšej miere ovplyvnená aj vykurovaním domácností, ide však najmä o vplyv metalurgického komplexu).

V roku 2021 sme zaznamenali výrazný nárast počtu hodín s prekročením informačného prahu v porovnaní s rokom 2020. Výstražný prah v roku 2021 prekročený nebol. Počet upozornení na smogovú situáciu PM₁₀ v roku 2021 oproti roku 2020 stúpol. Nebola vydaná žiadna výstraha pred závažnou smogovou situáciou a bolo vydaných niekoľko oznámení o vzniku smogovej situácie (4 pre Jelšavu, 3 pre Veľkú Idu a po jednom pre Hnúšťa, Banskú Bystricu, Prešov, Martin, Trenčín, Košice a Ošadnicu). V prípade, že bolo na základe meteorologickej predpovede možné predpokladať zlepšenie rozptylovej situácie, oznámenie resp. výstraha neboli vydávané (podmienky sú popísané v kapitole 3.3). Tab. 3.8 uvádza zoznam monitorovacích staníc a trvanie prekročenia informačného alebo výstražného prahu pre PM₁₀.

■ PM_{2,5}

Pre PM_{2,5} je stanovená limitná hodnota 20 µg·m⁻³ (pre priemernú ročnú koncentráciu), ktorá vstúpila do platnosti 1. 1. 2020. (Vykonávacie rozhodnutie Komisie 2011/850/EU, Príloha 1, bod 5). V roku 2021 bola prekročená limitná hodnota na 3 automatických monitorovacích staniciach kvality ovzdušia Veľká Ida, Letná; Jelšava, Jesenského a Martin Jesenského. Monitorovacia stanica v Martine zachytáva vplyv cestnej dopravy, v menšej miere vykurovania domácností, epizodicky sa prejavil aj na tejto stanici diaľkový prenos prachu zo suchých oblastí.

Zdravotné dôsledky vyplývajúce zo znečistenia ovzdušia časticami PM závisia od veľkosti aj zloženia tuhých znečisťujúcich látok (častíc) a sú tým závažnejšie, čím sú častice menšie. Európska i slovenská legislatíva preto presúva ťažisko pozornosti na PM_{2,5}. Ukazovateľom, ktorý vyjadruje trend zaťaženia obyvateľstva koncentraciami PM_{2,5} je Indikátor Priemernej Expozície PM_{2,5} (IPE). Je definovaný ako trojročný kľzavý priemer ročných priemerov sPM_{2,5} z vybraných mestských a predmestských pozaďových staníc. Napríklad IPE 2021 sa počíta ako priemer troch priemerných ročných koncentrácií týchto staníc v r. 2019, r. 2020 a r. 2021.. Tab. 3.21 uvádza hodnoty tohto ukazovateľa od roku 2010, ktorý je pre IPE referenčným rokom. Podľa prílohy č. 4 k Vyhláske č. 244/2016 Z. z., v znení neskorších predpisov je národný cieľ zníženia expozície pre častice PM_{2,5} stanovený na 18 µg·m⁻³, ktorý sa mal dosiahnuť do roku 2020. To sa aj podarilo. Národný cieľ zníženia expozície pre častice PM_{2,5} v roku 2021 Slovenská republika takisto splnila.

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

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

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

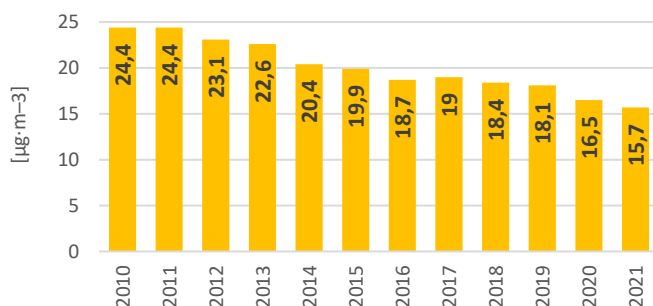
Závazok zníženia koncentrácie expozície platný od roku 2015	20 µg·m ⁻³
---	-----------------------

Tab. 3.21 Indikátor Priemernej Expozície PM_{2,5}.

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

Obr. 3.10 zobrazuje vývoj Indikátora Priemernej Expozície $PM_{2,5}$ za posledných jedenást rokov. Jeho pokles v roku 2021 je pravdepodobne možné vysvetliť poklesom emisií na Slovensku aj susedných krajinách, podrobnejšie informácie budú k dispozícii po spracovaní emisných inventúr za rok 2021, a po následnej analýze pomocou matematického modelovania.

Obr. 3.10 Indikátor Priemernej Expozície $PM_{2,5}$ v rokoch 2010 – 2021.



■ SO_2

Na rozdiel od PM, NO_2 , CO a benzo(a)pyrénu sa na emisiách SO_2 podieľajú najmä veľké priemyselné zdroje a systémová energetika (tepelné elektrárne).

V Rovinke priemerná hodinová koncentrácia SO_2 prekročila hodnotu $350 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 1x (limitná hodnota je maximálne 24 prekročení). V tomto roku sa na monitorovacích staniciach v SR nevyskytol žiaden prípad prekročenia výstražného prahu. Merané koncentrácie sú dlhodobo pod limitnou hodnotu.

Kritická hodnota na ochranu vegetácie je $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za kalendárny rok a zimné obdobie. Táto limitná hodnota nebola prekročená v priebehu roku 2021 na žiadnej z EMEP staníc, ani za kalendárny rok, ani za zimné obdobie. Všetky hodnoty boli pod dolnou medzou pre hodnotenie na ochranu vegetácie.

■ NO_2

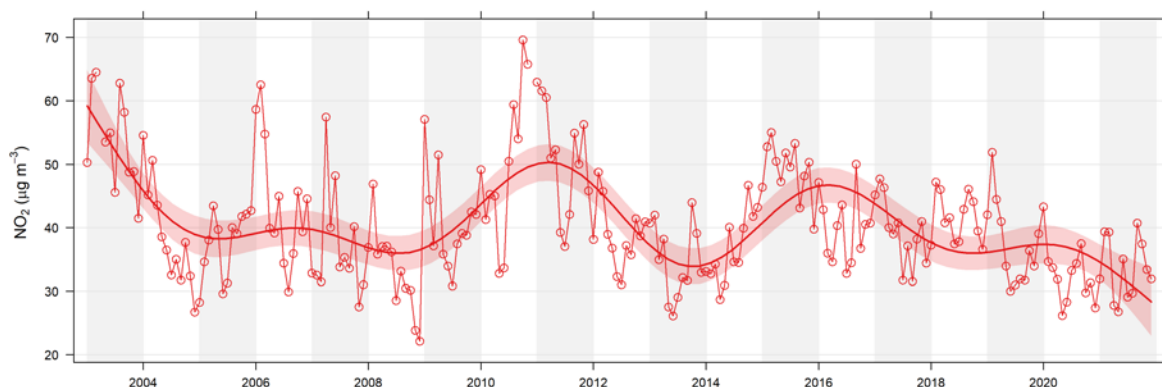
NO_2 vzniká v ovzduší oxidáciou NO, ktorý je emitovaný z cestnej dopravy a rôznych priemyselných zdrojov. So vzdialenosťou zdroja – napríklad od cestnej komunikácie – sa preto výrazne mení podiel NO/ NO_2 v prospech NO_2 .

V roku 2021 nebola prekročená ročná limitná hodnota pre NO_2 ($40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) na žiadnej monitorovacej stanici. Takisto neprišlo k prekročeniu limitnej hodnoty na ochranu ľudského zdravia pre hodinové koncentrácie tejto znečisťujúcej látky. V roku 2021 nenastal ani prípad prekročenia výstražného prahu pre NO_2 .

Najvyšší ročný priemer ($33 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) zaznamenali dve dopravné stanice – Bratislava, Trnavské Mýto a Prešov, Arm. gen. L. Svobodu. Na monitorovacej stanici Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie bola 2x nameraná priemerná hodinová koncentrácia nad $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (limitná hodnota je 18 prekročení).

Posledné prekročenie limitnej hodnoty pre priemernú ročnú koncentráciu NO_2 bolo namerané v roku 2018 v Bratislave na Trnavskom Mýte a v Prešove na ulici Arm. gen. L. Svobodu. V dlhodobom vývoji majú koncentrácie NO_2 mierne klesajúci trend, ako ilustruje graf priebehu NO_2 na dopravnej stanici na Trnavskom mýte (**Obr. 3.11**). Lokálne maximá sú pravdepodobne ovplyvnené meteorologickými podmienkami.

Obr. 3.11 NO₂ v Bratislave na Trnavskom Mýte v rokoch 2003 – 2021.

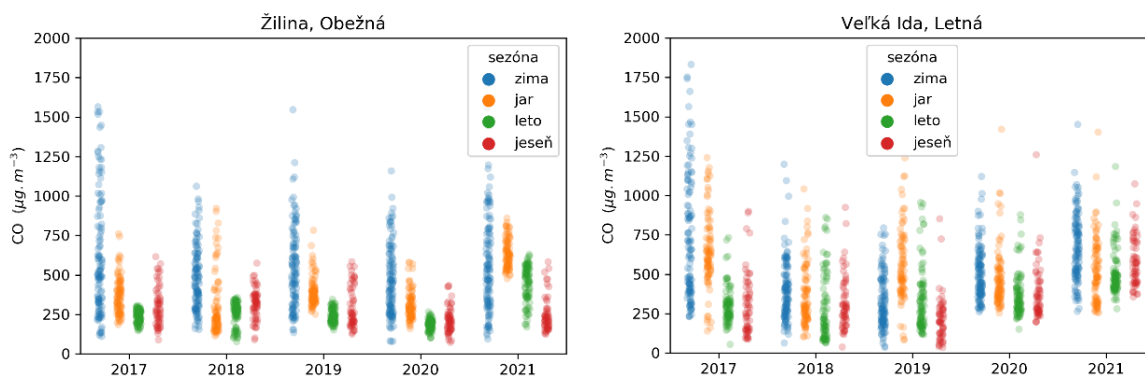


Kritická úroveň znečistenia ovzdušia na ochranu vegetácie ($30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za kalendárny rok vyjadrená ako NO_x) nebola v roku 2021 prekročená na žiadnej z EMEP staníc. Hodnoty boli hlboko pod dolnou medzou na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia, ktorá je určená na ochranu vegetácie a prírodných ekosystémov.

■ CO

Zdrojom emisií CO sú spaľovacie procesy v priemysle, energetike, vykurovanie domácností a cestná doprava. Na žiadnej z monitorovacích staníc na Slovensku nebola v roku 2021 prekročená limitná hodnota pre CO a úroveň znečistenia ovzdušia za predchádzajúce obdobie rokov 2012 – 2021 je pod dolnou medzou na hodnotenie úrovne znečistenia vonkajšieho ovzdušia. Na Obr. 3.12 môžeme porovnať priebeh priemerných denných koncentrácií na dvoch odlišných lokalitách – na AMS Veľká Ida, Letná sú koncentrácie rozdelené približne rovnomerne počas roku, na AMS Žilina Obežná sa vyskytuje maximum v zimných mesiacoch, čo môže byť spôsobené vplyvom vykurovania domácností.

Obr. 3.12 Priemerné denné koncentrácie CO na AMS Veľká Ida, Letná a Žilina, Obežná.



■ Benzén

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

Najvyššia úroveň benzénu pri celoročnom monitoringu bola v roku 2021 nameraná na stanici Ružomberok, Riadok ($1,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Hodnoty priemerných ročných koncentrácií však boli výrazne pod limitnou hodnotou $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

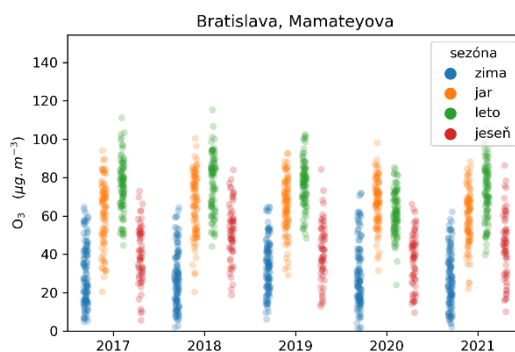
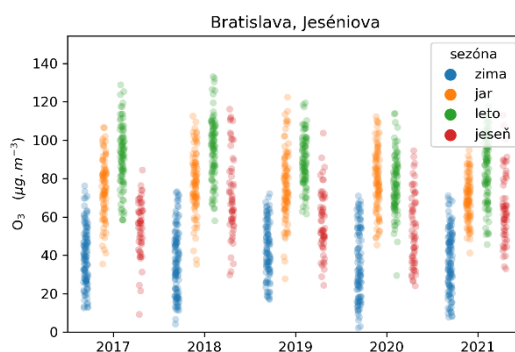
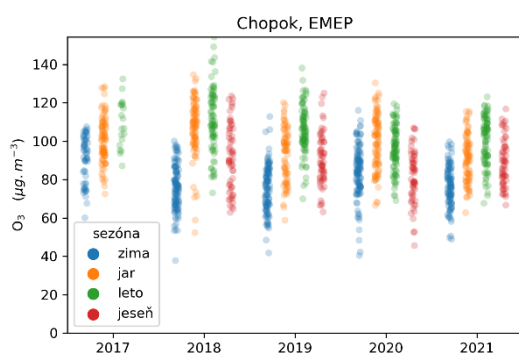
■ Ozón

Problematika troposférického ozónu má regionálny charakter, keďže ozón aj jeho prekursori podliehajú diaľkovému prenosu v horizontálnom aj vertikálnom smere. Situáciu komplikuje aj chemizmus jeho vzniku a degradácie v atmosfére – ozón vzniká za prítomnosti slnečného žiarenia napríklad z oxidu dusnatého (z cestnej dopravy) a prchavých organických uhľovodíkov (z rôznych spaľovacích procesov, náterov a rozpúšťadiel, ale aj z biogénnych zdrojov); za prítomnosti oxidu dusnatého sa však ozón rozkladá, preto je v blízkosti frekventovaných ciest väčšinou nízka koncentrácia ozónu. Vyššie koncentrácie je možné namerať na predmestiach, keďže oxid dusnatý rýchlo oxiduje na oxid dusičitý a preto sa vo väčšej vzdialenosti od ciest vyskytuje menej.

Obr. 3.13 zachytáva sezónnosť koncentrácií troposférického ozónu, ktorý sa vyznačuje na rozdiel od ostatných znečisťujúcich látok (viď. Príloha B tejto Správy) výrazným maximom v letnom období. Prízemný ozón vzniká pri fotochemických reakciách napríklad z oxidu dusnatého alebo uhoľnatého a prchavých organických látok. Reakcia závisí od intenzity slnečného žiarenia (UV-B časť spektra). Vo vysokých horských polohách (napríklad na Chopku) sú koncentrácie ozónu najvyššie.

Cieľovú hodnotu prízemného ozónu prekročili merania na dvoch staniciach: Bratislava, Jeséniova a Chopok, EMEP. V roku 2021 nebol prekročený výstražný ani informačný prah na žiadnej stanici.

Obr. 3.13 Priemerné denné koncentrácie prízemného ozónu na monitorovacích staniciach Bratislava, Jeséniova; Bratislava, Mamateyova a Chopok, EMEP.



■ Pb, As, Ni, Cd

Limitná ani cieľová hodnota neboli v roku 2021 prekročené.

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

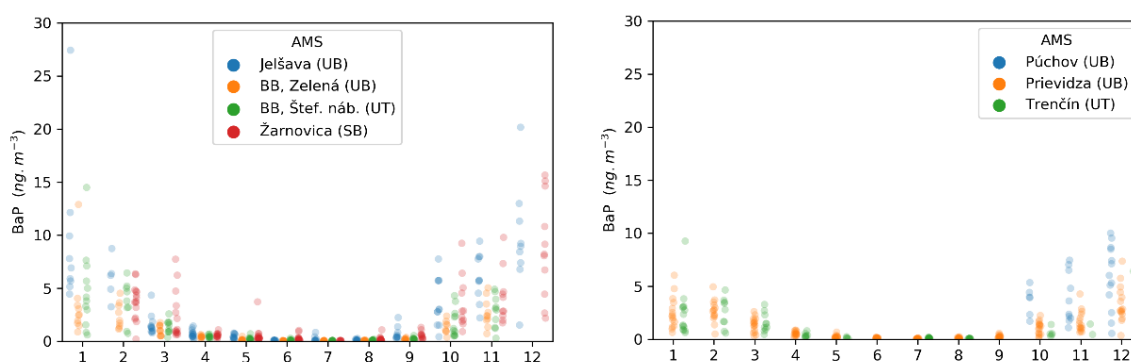
■ BaP

Cieľová hodnota pre benzo(a)pyrén bola v roku 2021 opäť prekročená na väčšine staníc (Veľká Ida, Letná; Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie; Banská Bystrica, Zelená; Jelšava, Jesenského; Krompachy, SNP; Prievidza, Malonecpalská; Žilina, Obežná; Ružomberok, Riadok). Najvyššie hodnoty boli namerané na monitorovacej stanici vo Veľkej Ide, na tejto stanici najviac vzrástla oproti minulému roku aj

priemerná ročná hodnota. Najvýraznejším zdrojom benzo(a)pyrénu na väčšine monitorovaných lokalít je vykurovanie domácností tuhým palivom, najčastejšie nedostatočne vysušeným drevom, prípadne rôznym druhom odpadu. V obci Jelšava je situácia komplikovaná extrémne nepriaznivými rozptylovými podmienkami, s nízkou rýchlosťou vetra a častými teplotnými inverziami v zimnom období. Vo Veľkej Ide je naopak kde je dominantným zdrojom metalurgický komplex s výrobou koksu, vykurovanie domácností sa tu prejavuje v menšej miere.

Ročný priebeh koncentrácií benzo(a)pyrénu má výrazné maximá v zimných mesiacoch na všetkých staniciach okrem AMS Veľká Ida, Letná, ktorú ovplyvňuje okrem vykurovania domácností aj najmä priemyselný zdroj – najmä výrobou koksu. Relatívne vysoké koncentrácie benzo(a)pyrénu boli namerané aj na nových monitorovacích staniciach – v Žarnovici, Púchove a v Plášťovciach. (Obr. 3.14).

Obr. 3.14 Priemerné denné koncentrácie benzo(a)pyrénu v roku 2021 v Banskobystrickom a Trenčianskom kraji.



VÝSLEDKY MATEMATICKÉHO MODELOVANIA KVALITY OVZDUŠIA

Zákon o ovzduší č. 137/2010 Z. z. v znení neskorších predpisov stanovuje postup pre hodnotenie a kritériá kvality ovzdušia v plnom súlade so smernicami EÚ a umožňuje využiť na hodnotenie kvality ovzdušia okrem meraní pomocou monitorovacích staníc aj matematické modelovanie. Základným východiskom pre hodnotenie kvality ovzdušia na Slovensku sú výsledky meraní koncentrácií znečisťujúcich látok v ovzduší, ktoré realizuje SHMÚ na staniciach NMSKO. V nadväznosti na merania sa pre priestorové hodnotenie kvality ovzdušia využívajú metódy matematického modelovania.

Výpočty pre hodnotenie kvality ovzdušia pomocou matematického modelovania boli uskutočnené aplikáciou upravených modelov RIO a CMAQ. Tieto modely sú odlišné svojou metodikou od modelov, ktoré sa používali na hodnotenie kvality ovzdušia v predošlých rokoch. Túto skutočnosť treba brať na zreteľ pri porovnávaní aktuálnych výsledkov a výsledkov zo Správy o kvalite ovzdušia v roku 2019 a starších.

4.1 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH MODELOV

■ Chemicko-transportný model CMAQ v5.3

Modelovací systém *Community Multiscale Air Quality Modeling System* – CMAQ⁸, je vyvíjaný a podporovaný vo vývojovom stredisku EPA National Exposure Research Laboratory v Research Triangle Park, NC. CMAQ predstavuje model kvality ovzdušia tretej generácie, čo znamená, že dokáže modelovať viaceré znečisťujúce látky naraz na veľkých škálach, ktoré môžu pokrývať celé kontinenty. Je to trojrozmerný eulerovský chemicko-transportný model, ktorý sa používa na simulovanie ozónu, atmosférických aerosólov (PM), oxidov síry, oxidov dusíka a iných znečisťujúcich látok v troposfére. Vyjadrené matematicky, CMAQ počíta zmenu koncentrácií látok v čase pre každú bunku mriežky pomocou rovnice kontinuity. Tieto zmeny koncentrácie zahŕňajú procesy emisie, advekcie, difúzie, chemických transformácií znečisťujúcej látky a procesy odstraňovania z atmosféry, akými sú suchá a mokrá depozícia na zemský povrch. Pre hodnotenie kvality ovzdušia bola spustená simulácia s horizontálnym rozlíšením 2 x 2 km s meteorologickými údajmi z modelu ALADIN. Výpočtová doména modelu pokrýva oblasť strednej Európy.

■ Interpolačno-regresný model RIO

Model RIO⁹ je pokročilý interpolačno-regresný model. Vstupmi sú namerané koncentrácie a rôzne pomocné priestorové polia, ktoré majú súvislosť s priestorovým rozložením danej znečisťujúcej látky - ako napríklad mapy nadmorskej výšky, intenzity dopravy, ventilačného indexu, gridovaných emisií z lokálnych kúrenísk - pričom súbor týchto tzv. driverov je špecifický pre konkrétnu znečisťujúcu látku. Ako priestorový driver môžu slúžiť aj výsledky modelov, napr. aj modelu CMAQ, družicové pozorovania atď., pričom pomocou modelu RIO môžeme získať vyššie priestorové rozlíšenie koncentrácií. V prvom kroku výpočtu model zisťuje priestorové korelácie danej znečisťujúcej látky s jednotlivými možnými priestorovými drivermi v miestach monitorovacích staníc. V ďalšom optimalizuje tzv. parameter β , ktorý získa kombináciou vybraných priestorových driverov, ktoré najlepšie korelujú s priestorovým rozložením znečisťujúcej látky. Model vypočíta taký parameter β , pomocou ktorého dosiahne najlepšiu koreláciu s nameranými dátami. Rozdiely medzi hodnotami v miestach monitorovacích staníc vypočítanými

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

⁹ Janssen, S., Dumont, G., Fierens, F., Mensink, C., 2008: Spatial interpolation of air pollution measurements using CORINE land cover data. *Atmos. Environ.* 42, 4884–4903. doi: 10.1016/j.atmosenv.2008.02.043

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

■ IDW-R

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

4.2 VÝSLEDKY A VÝSTUPY

■ Modelovanie PM₁₀

Dominantným zdrojom emisií PM₁₀ je vykurovanie domácností hlavne tuhým palivom, ktoré predstavuje viac než 60 % celkových emisií PM₁₀. Emisie PM₁₀ z cestnej prepravy predstavujú menej ako 10 %, napriek tomu je ich vplyv na kvalitu ovzdušia v blízkosti vyťažených cestných komunikácií nezanedbateľný. Veľké a stredné priemyselné zdroje a systémová energetika tvoria približne 10 % emisií PM₁₀, menšou mierou sa podieľa nakladanie s odpadmi a poľnohospodárstvo¹⁰. Problematika modelovania PM chemicko-transportným, či rozptylovým modelom je komplikovaná aj relatívne výrazným, aj keď časovo obmedzeným vplyvom aktivít, ktorých emisie je zložitá 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 AtmoStreet pre rok 2019¹¹ (60,2 %), emisie z lokálnych kúrenísk (8,8 %), ventilačný index¹² (6,1 %), nadmorská výška (8,5 %), využitie krajiny¹³ (16,5 %), koncentrácie z modelu CMAQ (%)¹⁴. Po následnej úprave výsledkov metódou IDW-R a porovnaní s meraniami dostávame RMSE = 0,2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a BIAS = - 0,04 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Výsledné priemerné ročné koncentrácie PM₁₀ sú na Obr. 4.1. Ako vidno, limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu (40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) nebola v tomto priestorovom rozlíšení modelu nikde prekročená. Najvyššie koncentrácie PM₁₀ sa vyskytujú v dolinách stredného Slovenska, Gemera, Šariša, Spiša, okolia Košíc a na severozápade Slovenska. Oproti roku 2020 pozorujeme všeobecne nárast koncentrácií, čo je zrejme spôsobené chladnejšími zimnými mesiacmi v roku 2021 oproti 2020.

Na Obr. 4.2 je zobrazený počet dní, počas ktorých bola prekročená priemerná denná limitná hodnota koncentrácií PM₁₀ rovnajúca sa 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Takýchto dní nesmie byť viac ako 35 v roku. Z obrázku vidíme, že túto podmienku nespĺňajú doliny na Gemeri v okolí Jelšavy, okolie Veľkej Idy a časť Banskej Bystrice. Vyšší počet prekročení majú spravidla slabšie vetrané kotlinové oblasti Slovenska s vysokým podielom tuhých palív na lokálnom vykurovaní.

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

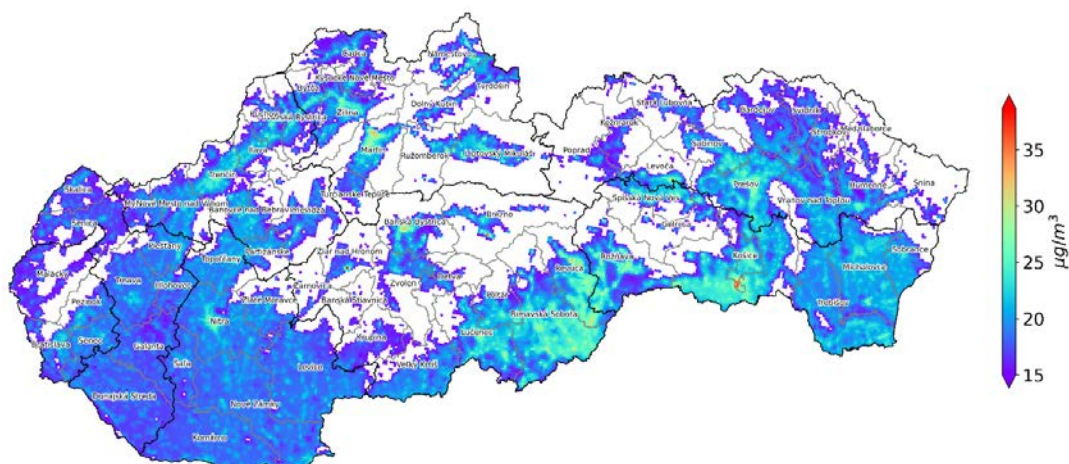
¹¹ Tento model obsahuje výrazné pozadie z modelu RIO, ktorý obsahoval emisie z lokálnych kúrenísk, nadmorskú výšku a model CMAQ.

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

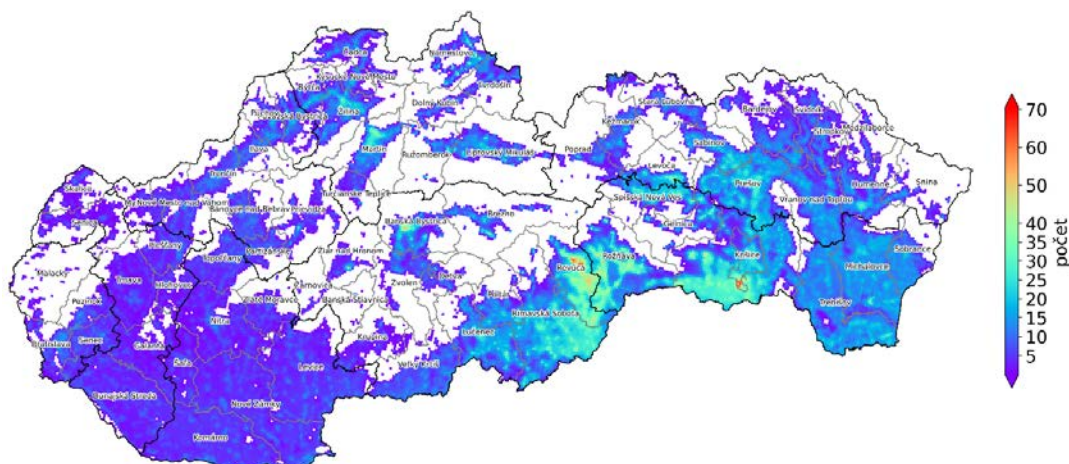
¹³ CORINE Land Cover 2018 <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/external/corine-land-cover-2018>

¹⁴ Percentá v zátvorkách vyjadrujú príspevok jednotlivých priestorových polí

Obr. 4.1 Priemerné ročné koncentrácie PM_{10} [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2021. Zobrazené sú len hodnoty nad $15 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



Obr. 4.2 Počet dní s prekročením limitnej hodnoty pre 24-hodinovú koncentráciu PM_{10} ($50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v roku 2021. Zobrazené sú len oblasti s nenulovým počtom prekročení.



■ Modelovanie $PM_{2,5}$

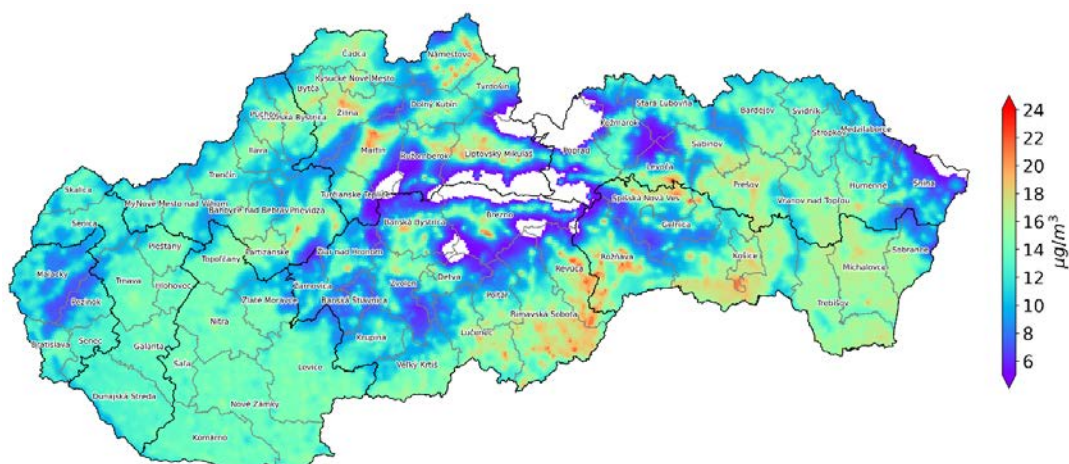
Dominantným zdrojom emisií $PM_{2,5}$ je vykurovanie domácností prevažne tuhým palivom, ktoré dosahuje pre $PM_{2,5}$ každoročne až 80 % celkových emisií¹⁵.

Priestorové rozloženie koncentrácií $PM_{2,5}$ na Slovensku bolo vypočítané modelom RIO, pričom ako pomocné priestorové dáta boli použité výstupy z modelu AtmoStreet (100 %), v ktorom bol ako pozadie použitý model RIO, ktorý obsahoval nasledovné pomocné priestorové údaje: emisie z lokálnych kúrenísk, ventilačný index, nadmorskú výšku, využitie krajiny¹⁶, výsledky modelu CMAQ a teplotu v 2 m. Po následnej úprave výstupu modelu RIO metódou IDW-R dostávame pri porovnaní s meraniami $RMSE = 0,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $BIAS = -0,05 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Výsledné priemerné ročné koncentrácie $PM_{2,5}$ sú na Obr. 4.3. Priemerná ročná limitná hodnota $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v roku 2021 v tomto priestorovom rozlíšení bola prekročená len miestami, a to najmä na Gemeri v okolí Jelšavy, v okolí Košíc, v Hornádskej kotline, v okolí Martina a Čierneho Balogu. Najvyššie koncentrácie sú obdobne ako v prípade PM_{10} v lokalitách s veľkým počtom lokálnych kúrenísk na tuhé palivo, v uzavretých horských dolinách.

¹⁵ <https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results> - IIR po jednotlivých rokoch a krajinách

¹⁶ CORINE Land Cover 2018 <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/external/corine-land-cover-2018>

Obr. 4.3 Priemerné ročné koncentrácie $PM_{2,5}$ [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2021. Pre $PM_{2,5}$ sú zobrazené len hodnoty vyššie ako $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, čo je limitná hodnota odporúčaná WHO.

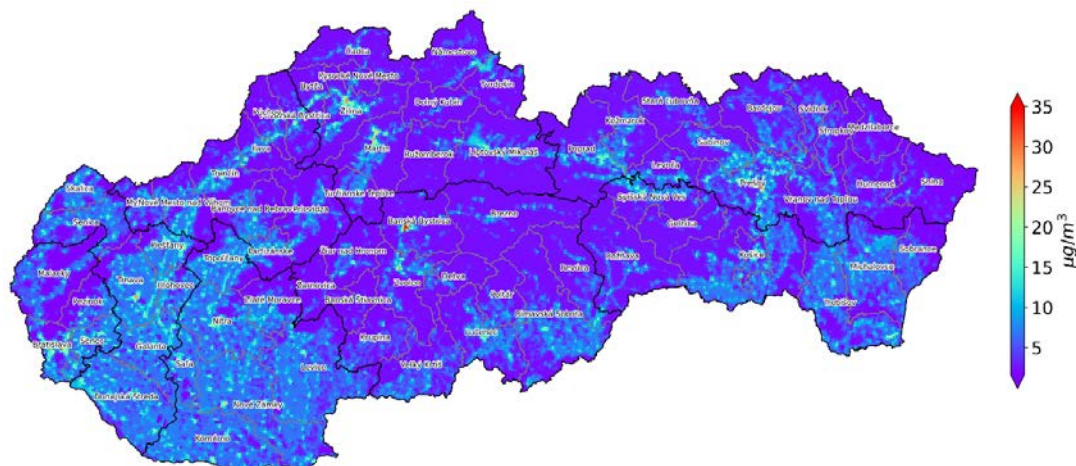


■ Modelovanie NO_2

Hoci podiel emisií z cestnej dopravy predstavuje okolo 35 % celkových emisií NO_x , vplyv cestnej dopravy v blízkosti vyťažených cestných komunikácií 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: intenzita cestnej dopravy (30 %) a využitie krajiny¹⁷ (70 %). Po následnej úprave modelu metódou IDW-R a porovnaní s meraniami dostávame $\text{RMSE} = 1,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $\text{BIAS} = -0,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. 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. Ako vidno, model nezachytuje zvýšenie koncentrácií v blízkosti ciest mimo obcí. To môže byť spôsobené buď tým, že koncentrácie sú tu naozaj nízke (emisie sú vo forme NO a na NO_2 sa ešte v okolí úzkej cesty nestihli transformovať) a tiež metodika RIO s danými vstupmi a rozlíšením nie je dostatočná. Odpoveď na túto otázku nám môže poskytnúť v blízkej dobe modelovanie s vysokým rozlíšením. 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 2021 prekročená. Taktiež limitná hodnota pre priemernú hodinovú koncentráciu ($200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ - táto hodnota nesmie byť prekročená viac ako 18-krát za kalendárny rok) nebola prekročená ani podľa nameraných ani modelovaných hodnôt koncentrácií.

Obr. 4.4 Priemerné ročné koncentrácie NO_2 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2021.

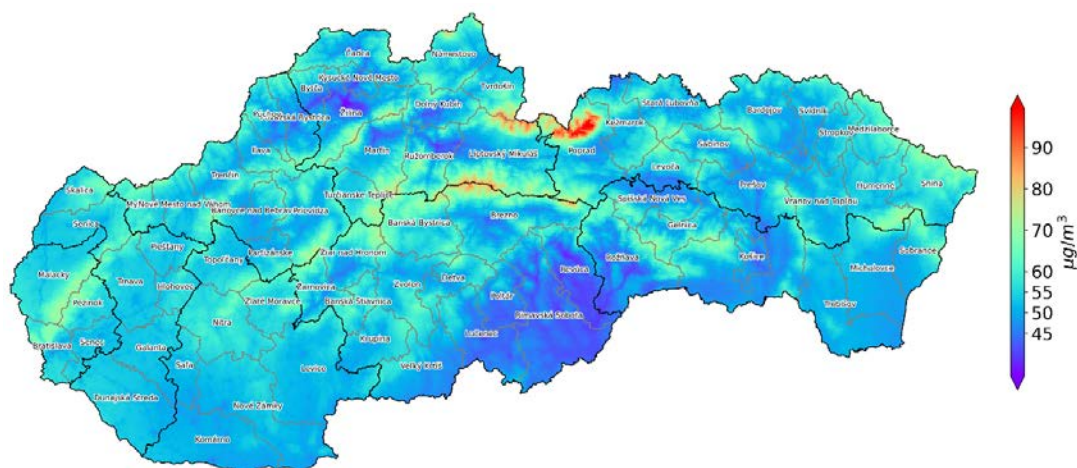


¹⁷ <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>

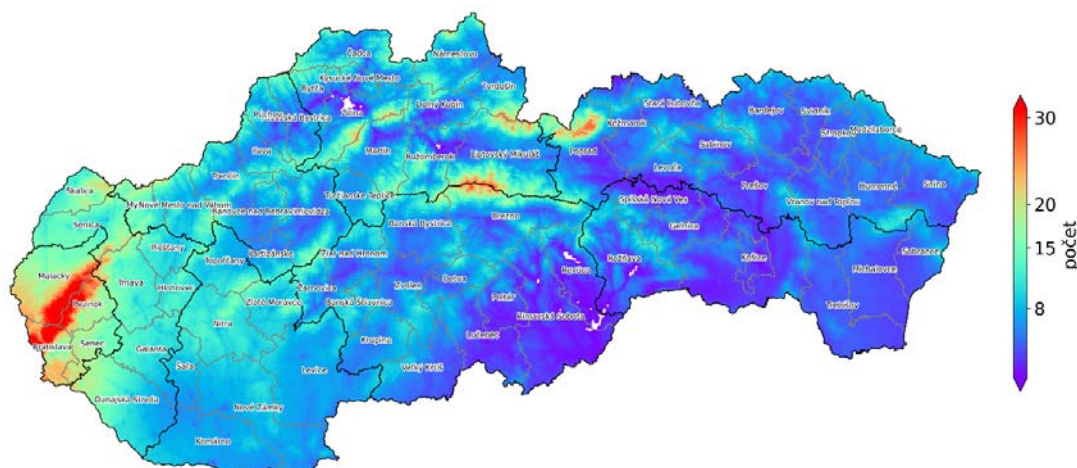
■ Modelovanie ozónu

Priestorové rozloženie koncentrácií ozónu na Slovensku bolo vypočítané modelom RIO, pričom ako pomocné priestorové polia boli použité nadmorská výška (57,1 %), ventilačný index (30 %), intenzita dopravy (10,9 %), model CMAQ (1,7 %). Po následnej úprave vypočítaných koncentrácií metódou IDW-R a porovnaní s meraniami dostávame $RMSE = 0,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $BIAS = 0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Do analýzy boli zobrať údaje z monitorovacích staníc s relevantnými dátami v roku 2021. 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 2019–2021. (Tento priemerný počet dní nemôže prekročiť hodnotu 25). Z obrázku vidíme, že viac ako 25 prekročení v priemere za obdobie 2019–2021 majú vysoko položené horské oblasti a oblasti na západnom Slovensku. Obr. 4.7 zachytáva priemerné hodnoty AOT40 pre ochranu vegetácie za obdobie 2017–2021 (podľa Vyhlášky MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov). Cieľová hodnota 18 000 sa taktiež prekračuje vo vysokohorských polohách a na západnom Slovensku.

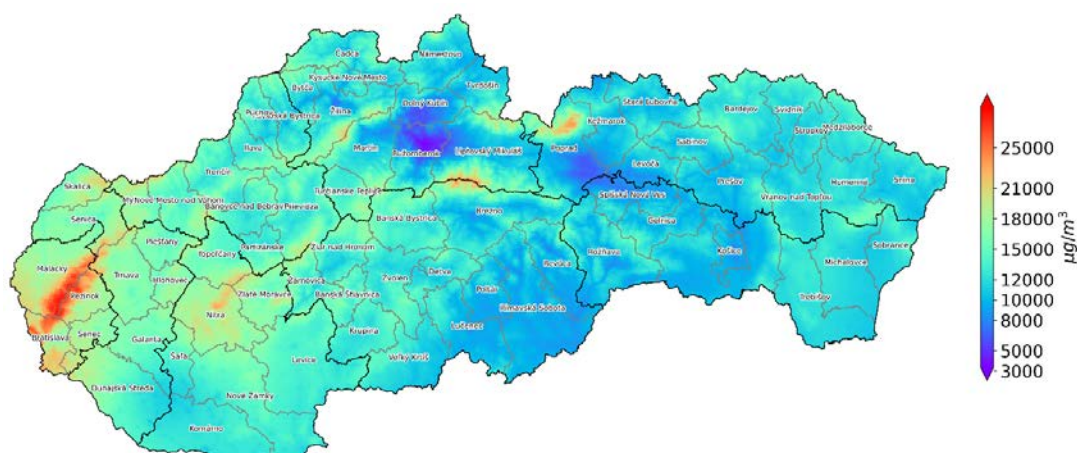
Obr. 4.5 Priemerné ročné koncentrácie ozónu [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2021.



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 2019 – 2021).



Obr. 4.7 Priemerné hodnoty AOT40 za obdobie piatich rokov (2017 – 2021).



Priemerné ročné koncentrácie prízemného ozónu vo všeobecnosti narastajú s nadmorskou výškou, čo je spôsobené prenikaním stratosférického ozónu do vrchných vrstiev troposféry. V roku 2021, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, boli maximálne hodnoty namerané na najvyššie položených miestach a minimálne hodnoty na staniciach v centrách miest, kde je ozón odbúravaný vysokými koncentraciami NO. Zvýšené hodnoty ozónu sú aj v okrajových oblastiach väčších mestských aglomerácií, resp. v priemyselných zónach, kde ozón vzniká najmä fotochemickými reakciami oxidov dusíka s VOC a CO. Na podrobnejšie skúmanie priestorového rozloženia troposférického ozónu by bolo potrebné použiť chemicko-transportný model s vysokým rozlíšením a kvalitnými emisnými vstupmi prekurzorov ozónu. Kvôli lepšej kalibrácii modelu by bolo potrebné pokryť územie hustejšou sieťou staníc, či vykonať sériu indikatívnych meraní, ktoré by charakterizovali viacero typov prostredí (lokality bezprostredne ovplyvnené cestnou opravou, lokality v rôznych vzdialenostiach od centra aglomerácie, či od zdrojov prekurzorov ozónu). Mapy na **Obr. 4.5** až **Obr. 4.7** nezachytávajú preto skutočnosť dostatočne presne.

■ Modelovanie SO₂

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

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

Najdôležitejšími emisiami SO₂ sú výškové zdroje (komíny priemyselných alebo energetických prevádzok). Tieto zdroje boli pre územie SR získané z databázy NEIS (Národný emisný informačný systém). Do výpočtu bolo zaradených 711 komínov (výduchov) ktorých emisie predstavujú spolu 99% všetkých emisií SO₂ z veľkých a stredných zdrojov evidovaných v databáze NEIS. Najvýznamnejšie zdroje SO₂ sú U. S. Steel Košice, s.r.o., SLOVNAFT, a.s. (Bratislava), Slovalco, a.s. (Žiar nad Hronom) a Slovenské elektrárne, a.s. (elektrárň Nováky). Podľa predbežných údajov emisie SO₂ registrované v databáze NEIS v roku 2021 oproti roku 2020 nepatrne vzrástli. Ďalej boli do simulácie zahrnuté emisie SO₂ z lokálneho vykurovania (približne 8% z celkových emisií) 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 III¹⁸. Ďalšou potrebnou charakteristikou sú zmeny emisií počas roka, ktoré boli určené na základe charakteru a typu zdroja (celoročná prevádzka, sezónna prevádzka, energetika, lokálne vykurovanie

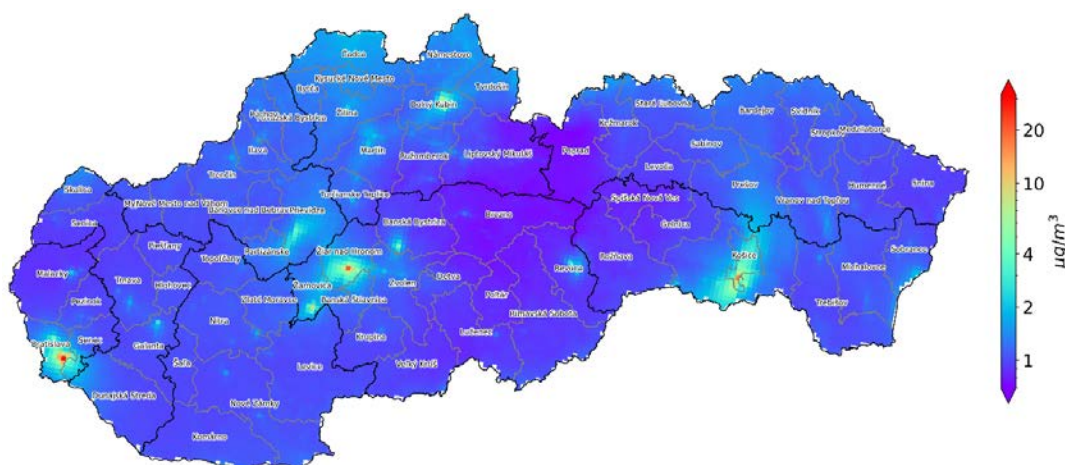
¹⁸ Kuenen, J.J.P., Visschedijk, A.J.H., Jozwicka, M., Denier van der Gon, H.A.C., 2014. TNOMACC_ II emission inventory; a multi-year (2003-2009) consistent high-resolution European emission inventory for air quality modelling. *Atmos. Chem. Phys.* 14, 10963–10976. <https://doi.org/10.5194/acp-14-10963-2014>

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

Namerané priemerné ročné koncentrácie SO_2 sú v posledných rokoch nízke. Zdá sa, že pri takýchto nízkych hodnotách sme dosiahli úroveň senzitivity meracích zariadení (analýzátorov) SO_2 , preto v prípade priemerných ročných koncentrácií SO_2 model nekalibrujeme na hodnoty nameraných koncentrácií. Na výslednej mape priemerných ročných koncentrácií SO_2 z modelovania (**Obr. 4.8**) možno vidieť niekoľko základných črt:

1. Najvyššie koncentrácie sú na lokalitách s priamym dosahom významných bodových zdrojov.
2. Zvýšené koncentrácie sú aj na severozápade Slovenska, kde sa predpokladá najväčší podiel vykurovania domácností uhlím.
3. Dá sa rozoznať aj slabší cezhraničný prenos na severe a najmä severozápade Slovenska, ktorý pochádza hlavne z poľského Malopoľska a Sliezka a českého Ostravska.

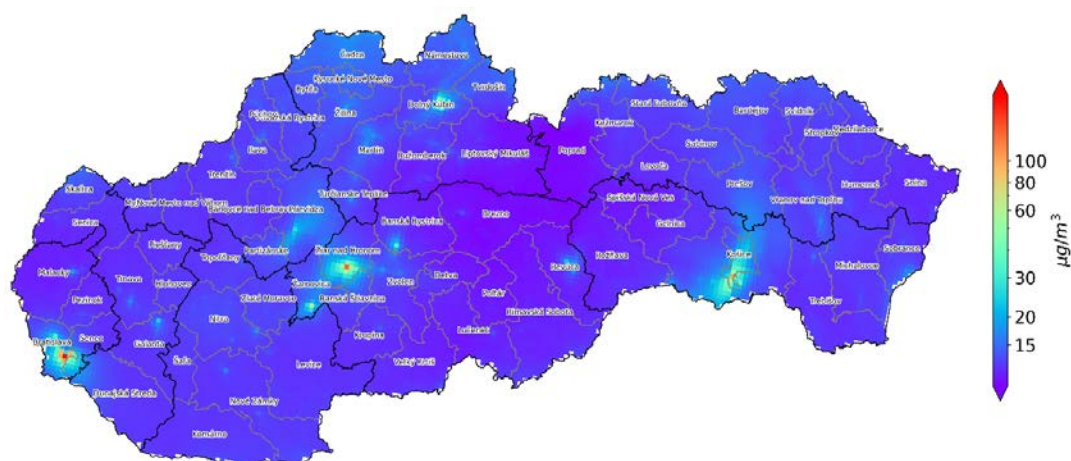
Obr. 4.8 Priemerné ročné koncentrácie SO_2 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2021.



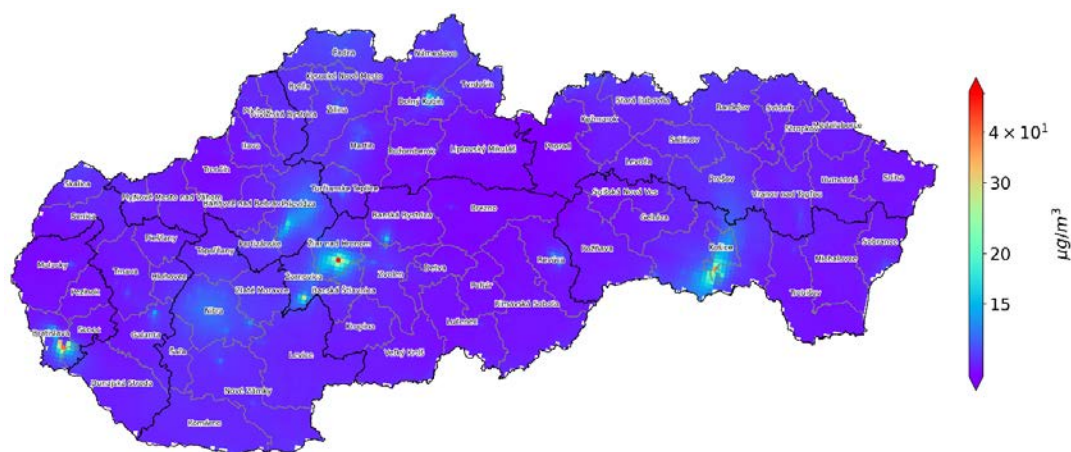
Priemerné hodinové koncentrácie SO_2 by nemali prekročiť $350 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ viac ako 24 krát v kalendárnom roku. Preto sa počíta 99,7 percentil z hodinových hodnôt (tento percentil zodpovedá zhruba 25. najvyššej hodinovej koncentrácii). Zaujímavosťou je, že v prípade 99,7 hodinového percentilu nám výsledky z meraní korelujú s modelom CMAQ pomerne dobre ($r=0,78$). Možno sa domnievať, že merania pomerne dobre zachytávajú maximá koncentrácií. Koncentrácie vypočítané modelom CMAQ boli následne spracované metódou IDW-R pre dosiahnutie čo najlepšej zhody s meraniami ($\text{RMSE} = 3,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $\text{BIAS} = -0,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). 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 $350 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

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 ($\text{RMSE} = 2,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $\text{BIAS} = 0,04 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Výsledný 99,2 percentil z priemerných denných hodnôt koncentrácií SO_2 je na **Obr. 4.10**, z ktorého možno vidieť, že 4. najvyššia priemerná denná koncentrácia bola hlboko pod limitnou hodnotou $125 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Obr. 4.9 99,7 hodinový percentil [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] koncentrácií SO_2 v roku 2021.



Obr. 4.10 99,2 percentil [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] z priemerných denných hodnôt koncentrácií SO_2 v roku 2021.



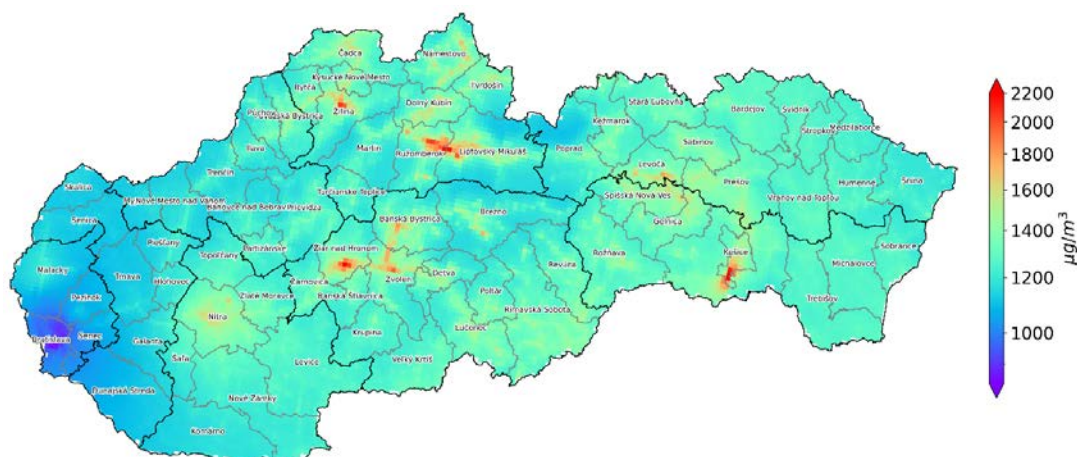
■ Modelovanie CO

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, pričom viac než 80 % z priemyselných zdrojov tvoria emisie z U. S. Steel Košice, s.r.o.; Slovalco, a.s. (Žiar nad Hronom) a CEMMAC a.s. (Horné Srnie). Do výpočtu bolo zaradených 912 komínov (výduchov), ktorých celkové ročné emisie tvoria 81 % všetkých emisií CO z veľkých a stredných 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 2021 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 $\text{RMSE} = 41,5\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $\text{BIAS} = 0,05\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Z obrázku vidíme, že najvyššie koncentrácie CO sú v okolí významných bodových zdrojov, v oblastiach významných ciest a v blízkosti lokálnych kúrenísk. Keďže CO sa meria prakticky len na dopravných a priemyselných staniciach, je ťažké zistiť skutočnú pozadovú koncentráciu, aj kvôli tomu, že CO je chemicky stabilný a ostáva v atmosfére pomerne dlho. Najnižšia meraná maximálna 8-hodinová kľzavá koncentrácia CO mala hodnotu približne $1000\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, preto zobrazujeme spodný interval od 0 do $1000\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

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

Obr. 4.11 Maximálne 8-hodinové kľúčové koncentrácie CO [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2021.

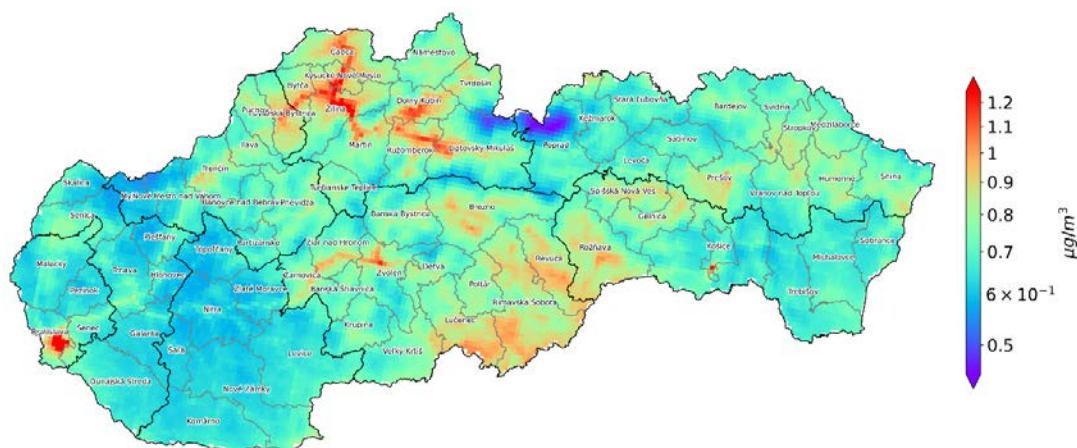


■ Modelovanie benzénu

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 III¹⁹. Priemerné ročné koncentrácie benzénu v roku 2021 na Obr. 4.12 boli získané z modelu CMAQ a následne spracované použitím metódy IDW-R. Do analýzy boli zahrnuté monitorovacie stanice s relevantnými údajmi. Pri porovnaní modelu s meraniami dostávame RMSE = $0,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a BIAS = $-0,05 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Z Obr. 4.12 vidíme, že najvyššie koncentrácie benzénu sú v okolí významných ciest, najmä v oblastiach so zhoršenými rozptylovými podmienkami a v oblastiach v dosahu dvoch spomenutých priemyselných zdrojov. Celkovo sú však koncentrácie benzénu pod limitnou hodnotou $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ aj v okolí najvýznamnejších zdrojov.

Obr. 4.12 Priemerné ročné koncentrácie benzénu [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v roku 2021.



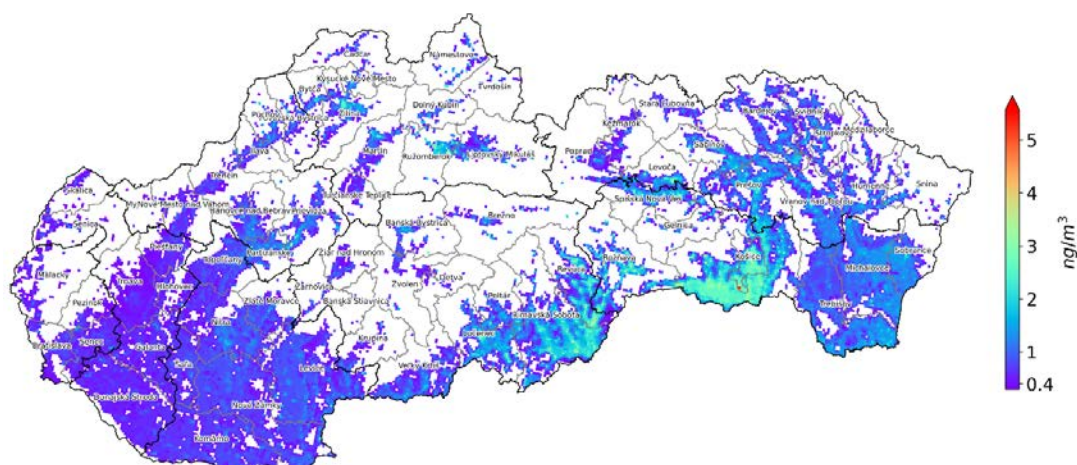
¹⁹ Kuenen, J.J.P., Visschedijk, A.J.H., Jozwicka, M., Denier van der Gon, H.A.C., 2014. TNOMACC_II emission inventory; a multi-year (2003-2009) consistent high-resolution European emission inventory for air quality modelling. *Atmos. Chem. Phys.* 14, 10963–10976. <https://doi.org/10.5194/acp-14-10963-2014>

■ Modelovanie benzo(a)pyrénu

Najvýznamnejším zdrojom emisií benzo(a)pyrénu je podobne ako v prípade $PM_{2,5}$ vykurovanie domácností tuhým palivom. Podiel vykurovania domácností na celkových emisiách benzo(a)pyrénu sa blíži k 70 %, pričom napríklad v roku 2017 (kedy sa vyskytol teplotne silne podnormálny január²⁰), dosahoval tento podiel viac než 80 %²¹. 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 2021 tu bola zaznamenaná najvyššia priemerná ročná koncentrácia benzo(a)pyrénu spomedzi monitorovacích staníc na Slovensku, a to $6,15 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$. Poznamenajme, že táto stanica je tiež v obci s lokálnymi kúreniskami a v blízkosti marginalizovanej rómskej komunity. Vykurovanie domácností sa takmer výlučne prejavuje na zhoršených koncentráciách benzo(a)pyrénu v horských dolinách s dobrou dostupnosťou palivového dreva a častým výskytom nepriaznivých rozptylových podmienok a teplotných inverzií najmä počas zimných mesiacov. Príkladom monitorovacej stanice umiestnenej v takejto oblasti je Jelšava, Jesenského. Priemerná ročná koncentrácia benzo(a)pyrénu v roku 2021 dosiahla na tejto stanici hodnotu $2,8 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$, 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 neurčitostou v priestorovom a časovom rozložení emisií a situáciu komplikujú aj zložité chemické reakcie, ktoré sú ešte stále predmetom výskumu²². Kvôli relatívne malému počtu staníc, ktorých monitorovací program zahŕňa túto látku je však tiež dosť problematické vykonať kvalitnú regresiu a interpoláciu modelom RIO. Keďže korelácia nameraných koncentrácií benzo(a)pyrénu a hodnôt priemerných ročných koncentrácií $PM_{2,5}$ vypočítaných v miestach monitorovacích staníc kombináciou RIO a IDW-R je pomerne vysoká (korelačný koeficient $r = 0,73$), použili sme ako vstup do modelu IDW-R už vypočítané hodnoty priemerných ročných koncentrácií $PM_{2,5}$. Takto vypočítané priestorové rozloženie priemerných ročných hodnôt benzo(a)pyrénu na území Slovenska je zobrazené na Obr. 3.13. Pri porovnaní s meraniami dostávame $RMSE = 0,4 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ a $BIAS = -0,1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$. Limitná hodnota priemernej ročnej koncentrácie benzo(a)pyrénu $1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ bola prekročená na mnohých meracích miestach s výnimkou vidieckych pozadových staníc a miest v Podunajskej nížine. Túto skutočnosť odrážajú aj výsledky modelovania, pričom na východe krajiny sú koncentrácie najvyššie. Model môže koncentrácie benzo(a)pyrénu nadhodnocovať najmä v okolí Košíc a Východoslovenskej nížiny, pretože je silne ovplyvnený vysokou priemernou ročnou koncentráciou nameranou vo Veľkej Ide, ktorá je spolu s 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 2021.



²⁰ <http://www.shmu.sk/sk/?page=1613&id=>

²¹ <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

²² Fernández, Israel. (2020). Understanding the reactivity of polycyclic aromatic hydrocarbons and related compounds. *Chemical Science*. 11. 10.1039/D0SC00222D.

4.3 ZÁVER

Matematické modely, nech sú akokoľvek sofistikované, sú iba priblížením reality, a ich výsledky sú spojené s pomerne vysokou mierou neurčitosti, ktorá je značne závislá na kvalite vstupných dát. Najdôležitejšie vstupné dáta sú meteorologické polia a priestorové rozloženie emisií. V súčasnosti môžeme považovať z hľadiska ročného hodnotenia meteorologické dáta za omnoho spoľahlivejšie, ako emisné dáta, preto sa dá povedať, že emisné dáta sú primárnym zdrojom neistôt vo výstupoch z matematických modelov kvality ovzdušia. Ďalším faktorom, ktorý treba mať na pamäti pri hodnotení priestorového rozloženia koncentrácií pomocou modelov na regionálnej úrovni je ich priestorové rozlíšenie. Modely používané v našej analýze majú horizontálne priestorové rozlíšenie 1 km. Koncentrácia, ktorá je vypočítaná by mala reprezentovať priemernú koncentráciu na území 1x1 km. Na takomto území je však obvyčajne priestorová premenlivosť koncentrácií, hlavne v zastavaných, resp. človekom ovplyvnených oblastiach pomerne veľká. Model s rozlíšením 1x1 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 maxim 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 Oblasí riadenia kvality ovzdušia

Koncentrácie základných znečisťujúcich látok na väčšine lokalít na území Slovenska v roku 2021 oproti predošlému roku mierne narástli, čo je dôsledkom chladnejšej zimy (vyššie emisie z vykurovania počas chladnejších zím, menej priaznivé rozptylové podmienky). Najvýraznejším problémom zostáva znečistenie ovzdušia PM_{10} , $PM_{2,5}$ a benzo(a)pyrénom, pričom podstatnú úlohu tu zohráva vykurovanie domácností tuhým palivom. Situácia je najkomplikovanejšia v horských údoliach, v oblastiach s dobrou dostupnosťou palivového dreva a častým výskytom nepriaznivých rozptylových podmienok, najmä počas vykurovacej sezóny. Finančné podmienky miestnemu obyvateľstvu často neumožňujú používať na vykurovanie zemný plyn ani nákup moderných nízkoemisných vykurovacích zariadení. Aj táto skutočnosť má vplyv na kvalitu ovzdušia vo vyššie uvedených oblastiach.

5.1 NÁVRH VYMEDZENIA OBLASTÍ RIADENIA KVALITY OVZDUŠIA V ROKU 2022

Úlohou SHMÚ je na základe hodnotenia kvality ovzdušia v zónach a aglomeráciách v rokoch 2019 – 2021, podľa § 8 ods. 3 Zákona č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov navrhnúť aktualizáciu vymedzenia oblastí riadenia kvality ovzdušia SR na rok 2021.

Tab. 5.1 obsahuje predbežné vymedzenie oblastí riadenia kvality ovzdušia (ORKO) na základe merania základných znečisťujúcich látok. Hodnotenie a vymedzenie ORKO pre benzo(a)pyrén bude doplnené v priebehu leta po dokončení a vyhodnotení všetkých analýz vzoriek z roku 2021.

Vymedzenie rizikových oblastí (oblastí navrhnutých na základe matematického modelovania) je potrebné aktualizovať na základe údajov zo SODB 2021. Po získaní aktualizovaných údajov zo Štatistického úradu budú oblasti riadenia kvality ovzdušia aktualizované.

Tab. 5.1 Oblasti riadenia kvality ovzdušia pre rok 2021, vymedzené na základe merania základných znečisťujúcich látok v rokoch 2019 – 2021.

AGLOMERÁCIA /zóna	Vymedzená oblasť riadenia kvality ovzdušia	Znečisťujúca látka	AMS a rok prekročenia limitnej /cieľovej hodnoty
BRATISLAVA *	V aglomerácii boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.**	PM ₁₀ , PM _{2,5}	
KOŠICE ²³	územie mesta Košice a obcí Bočiar, Haniska, Sokoľany a Veľká Ida	PM ₁₀ , PM _{2,5}	PM ₁₀ : Košice, Štefánikova (2019); Veľká Ida (2019, 2021) PM _{2,5} : Veľká, Ida 2019 (20,7 µg·m ⁻³), 2021 (20,8 µg·m ⁻³)
	V aglomerácii boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.*	PM ₁₀ , PM _{2,5}	
Bansko-bystrický kraj	územie mesta Banská Bystrica	PM ₁₀	PM ₁₀ : Banská Bystrica, Štefánikovo nábr, (2021)
	územie mesta Jelšava a obcí Lubeník, Chyžné, Magnezitovce, Mokrý Lúka, Revúcka Lehota	PM ₁₀ , PM _{2,5}	PM ₁₀ : Jelšava, Jesenského (2019 – 2021) PM _{2,5} : 2019 (20,9 µg·m ⁻³), 2021 (24,3 µg·m ⁻³)
	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.**	PM ₁₀ , PM _{2,5}	
Bratislavský kraj*	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.**	PM ₁₀ , PM _{2,5}	
Košický kraj ²⁴	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.**	PM ₁₀ , PM _{2,5}	
Nitriansky kraj*	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.**	PM ₁₀ , PM _{2,5}	
Prešovský kraj *	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.**	PM ₁₀ , PM _{2,5}	
Trenčiansky kraj *	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.**	PM ₁₀ , PM _{2,5}	
Trnavský kraj*	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.**	PM ₁₀ , PM _{2,5}	
Žilinský kraj	územie mesta Martin a Vrútky	PM _{2,5}	PM _{2,5} : 2021 (20,8 µg·m ⁻³)
	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.**	PM ₁₀ , PM _{2,5}	

* V tejto zóne/aglomerácii v súčasnosti nie je navrhovaná oblasť riadenia kvality ovzdušia na základe monitorovania základných znečisťujúcich látok.

** Tieto oblasti budú aktualizované po dodaní podrobnejších údajov zo Štatistického úradu.

Vymedzenie oblastí riadenia kvality ovzdušia pre benzo(a)pyrén bude doplnené po dokončení a vyhodnotení analýz.

²³ Aglomerácia Košice - územie mesta Košíc a obcí Bočiar, Haniska, Sokoľany a Veľká Ida
http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=oko_info_az

²⁴ Zóna Košický kraj - územie kraja okrem územia mesta Košíc a obcí Bočiar, Haniska, Sokoľany a Veľká Ida
http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=oko_info_az

Poznámka: Koncentrácie $PM_{2,5}$ boli hodnotené vzhľadom k limitnej hodnote pre priemernú ročnú koncentráciu, ktorá je platná od 1.1.2020 ($20 \mu g \cdot m^{-3}$).

Cieľová hodnota pre ochranu ľudského zdravia pre ozón bola v hodnotených rokoch 2019–2021 prekročená v aglomerácii Bratislava aj v zóne Slovensko.

5.2 ZHRNUTIE

Monitorovanie aj modelovanie kvality ovzdušia ukázali, že hoci koncentrácie základných znečisťujúcich látok od začiatku meraní prirodzene poklesli, ostávajú mnohé problematické oblasti, najmä s vysokými koncentraciami benzo(a)pyrénu.

V roku 2021 vzrástol oproti roku 2020 počet dní s vysokými koncentraciami PM_{10} . Limitná hodnota pre priemernú dennú koncentráciu bola prekročená na monitorovacej stanici v Jelšave, Veľkej Ide a v Banskej Bystrici na Štefánikovom nábreží. Limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu $PM_{2,5}$ (platná od roku 2020) bola prekročená na monitorovacej stanici v Jelšave, Veľkej Ide a v Martine. Medzi najviac alarmujúce skutočnosti patria vysoké koncentrácie benzo(a)pyrénu. Cieľová hodnota bola podľa predbežného hodnotenia prekročená na všetkých staniciach okrem Podunajskej nížiny a regionálnych pozadových staníc v Prešovskom kraji.

Zaujímavosťou bolo v roku 2021 niekoľko epizód diaľkového prenosu prachu z oblasti Sahary a iných suchých oblastí, ktoré sa prejavili zvýšenými koncentraciami PM vo februári a v letných mesiacoch.

Viacere monitorovacie stanice, zriadené v rámci projektu Skvalitnenie Národnej monitorovacej siete kvality ovzdušia, namerali vysoké hodnoty najmä PM_{10} , $PM_{2,5}$ a benzo(a)pyrénu. Ukázalo sa tak, že voľba nových lokalít bola opodstatnená. Najmä v Plášťovciach, Oščadnici a Púchove, kde sa prejavil vplyv vykurovania domácností tuhým palivom. Podrobnejšie hodnotenie je v Prílohách k hodnoteniu kvality ovzdušia v členení podľa zón a aglomerácií.

Celoročné hodnotenie týchto meraní na nových staniciach budeme môcť uskutočniť na budúci rok, keďže niektoré z nich merali iba niekoľko mesiacov v roku 2021. Nové stanice sú dôležité aj pre kalibráciu matematických modelov, ktorých výstupy poskytujú priestorové rozloženie koncentrácií znečisťujúcich látok a analýzu podielu zdrojov na znečisťovaní ovzdušia.

SKRATKY

Skratka	Vysvetlenie
As	arzén
BAPMoN	The Background Air Pollution Monitoring Network – sieť monitorovania pozadového znečistenia ovzdušia
Ca ²⁺	vápenatý kation
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 kation
Mg ²⁺	horečnatý kation
Na ⁺	sodný kation
NEIS	Národný emisný informačný systém
NH ₃	amoniak
NH ₄ ⁺	amónny kation
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
PAH	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons – polycyklické aromatické uhľovodíky
Pb	olovo
pH	kyslosť/zásaditosť (záporný dekadický logaritmus koncentrácie vodíkových iónov)

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

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha A	Meracie stanice monitorovacích sietí kvality ovzdušia - 2021
Príloha B	Koncentrácie znečisťujúcich látok z kontinuálnych meraní v sieti NMSKO - 2021
Príloha C	Priemerná teplota, rýchlosť vetra a ventilačný index v roku 2020 (model ALADIN)
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