

Stručný prehľad vývoja znečistenia ovzdušia
časticami PM₁₀ v rokoch 2005 – 2020
so zameraním na hodnotenie zón a aglomerácie s prekročením
limitnej hodnoty pre PM₁₀ v roku 2019

Jana Matejovičová, Veronika Mináriková, Jana Krajčovičová, Monika
Jalšovská, Dušan Štefánik, Juraj Beňo, Vladimír Nemček

Obsah

| | |
|---|----|
| Krátka charakteristika problematiky | 2 |
| Monitorovacia sieť kvality ovzdušia | 3 |
| Vyhodnotenie koncentrácií častíc PM ₁₀ | 4 |
| Zóna Banskobystrický kraj | 5 |
| Zóna Košický kraj a aglomerácia Košice | 7 |
| Príloha 1. Vývoj počtu prekročení limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu | 9 |
| Príloha 2. Vývoj emisií PM ₁₀ a PM _{2,5} do ovzdušia | 10 |
| Príloha 3. Meteorologické podmienky v oblasti Jelšavy | 11 |
| Zoznam obrázkov | 12 |
| Zoznam tabuliek | 12 |
| Literatúra | 13 |

Krátka charakteristika problematiky

Problematika znečistenia ovzdušia súvisí nielen s priestorovým rozložením zdrojov znečisťovania ovzdušia a vývojom emisií z týchto zdrojov, ale aj s meteorologickými podmienkami a orografiou. Šírenie a rozptyl znečisťujúcich látok v ovzduší je ovplyvnené v dlhodobom časovom horizonte prevládajúcim charakterom prúdenia vzduchu, nepriaznivým faktorom je nízka rýchlosť vetra a vysoký podiel bezvetria. Dôležitú úlohu zohráva teplotné zvrstvenie (inverzné situácie vytvárajú nepriaznivé podmienky pre rozptyl znečisťujúcich látok).

V dôsledku klimatickej zmeny sa v oblasti kvality ovzdušia prejavujú dva protichodné faktory. Na strane jednej rast teploty vzduchu v zimnom období spôsobuje nižšie nároky na vykurovanie domácností. Na strane druhej sa však v chladnom polroku (október-marec) zvyšuje počet dní s inverziami. Pri prúdení teplého vzduchu vo vyšších vrstvách ovzdušia a zároveň sa pri radiačnom ochladzovaní pri zemskom povrchu vytvárajú vhodné podmienky na vznik hmiel, zhoršujú sa rozptylové podmienky. Tento fakt dokumentujú aj dlhodobé meteorologické pozorovania.

Aj napriek všeobecnému rastu teploty v chladnom polroku sa vyskytujú epizodické situácie, kedy k nám preniká studený vzduch z vyšších zemepisných šírok a z Ruska. Náhle vpády studeného vzduchu navyše často prichádzajú po teplom období, čo zvyšuje prudké zvýšenie dopytu po energiách. Ochladenia bývajú často vystriedané inverznými situáciami. V dôsledku toho sa v krátkom čase môžu prudko zhoršiť rozptylové podmienky a pretrvať aj relatívne dlhšiu dobu.

Hoci sa kvalita ovzdušia na území Slovenska z pohľadu dlhodobého vývoja zlepšila, medzi otvorené otázky patrí pretrvávajúce prekračovanie limitnej hodnoty pre častice PM₁₀. Táto znečisťujúca látka je uvoľňovaná do ovzdušia pri vykurovaní domácností tuhým palivom, cestnou dopravou a priemyselnými zdrojmi, pri výrobe elektrickej energie v tepelných elektrárňach, v menšej miere z ostatných sektorov (poľnohospodárstvo, odpadové hospodárstvo, fugitívne emisie). Situáciu komplikuje skutočnosť, že častice tiež vznikajú v atmosfére ako výsledok chemických a fyzikálnych procesov. Nárazovo sa prejavuje vplyv stavebnej činnosti a poľnohospodárskych prác.

Od roku 2005 poklesli hodnoty PM₁₀ namerané na niektorých monitorovacích staniciach o 30 – 50 %. Ďalšie znižovanie koncentrácií je zložité vzhľadom na vysoké hodnoty vyskytujúce sa na regionálnom pozadí (15-18 µg.m⁻³).

Jedným z faktorov, ktorý komplikuje riešenie problému znečistenia ovzdušia je teda diaľkový prenos znečisťujúcich látok, ktorý sa prejavuje ako v regionálnej mierke, tak v cezhraničnom príspevku (Štefánik, 2019, 2020)^{1, 2}.

Napriek zložitosti tejto problematiky sa podarilo aj na území Slovenska dosiahnuť zníženie znečistenia ovzdušia časticami PM₁₀. Limitná hodnota pre priemerované obdobie 1 roka pre častice PM₁₀ bola v roku 2005 prekročená približne na jednej tretine všetkých monitorovacích staníc, od roku 2017 už prekročená nebola.

V roku 2019 ostával problém s prekročením limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu PM₁₀ na monitorovacích staniciach Veľká Ida, Letná; Košice, Štefánikova a Jelšava, Jesenského. V roku 2020 už limitná hodnota pre PM₁₀ na monitorovacích staniciach Veľká Ida, Letná a Košice, Štefánikova prekročená nebola.

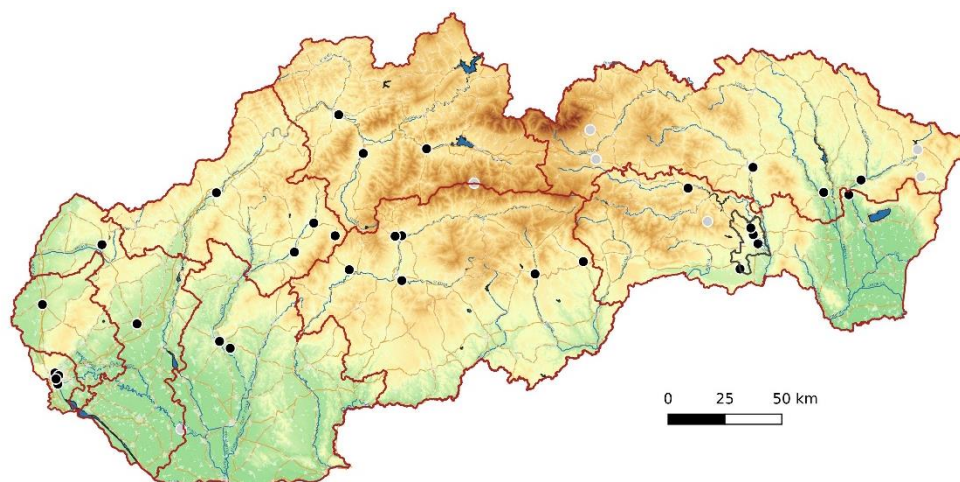
¹ Štefánik, D., 2019: Cezhraničný prenos znečisťujúcich látok na území Slovenska, Meteorologický časopis, Ročník 22, číslo 2, ISSN 1335-339X, dostupné: <http://www.shmu.sk/sk/?page=31>, posledný prístup 30.3.20.

² Štefánik, D., Matejovičová, J., Krajčovičová, J., Šedivá, T., Nemček, V., Beňo, J., 2020: Comparison of two methods of calculating NO₂ and PM₁₀ transboundary pollution by CMAQ chemical transport model and the assessment of the non-linearity effect, Atmospheric Pollution Re Research, Volume 11, Issue 6, 2020, Pages 12-23, ISSN 1309-1042, <https://doi.org/10.1016/j.apr.2020.02.012>.

Monitorovacia sieť kvality ovzdušia

Hodnotenie kvality ovzdušia sa uskutočňuje v súlade s §6 Zákona č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov a Vyhláškou č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov. Tieto právne predpisy Slovenskej republiky plne implementujú predpisy EÚ. Hodnotenie kvality ovzdušia na území Slovenska je založené na meraní v Národnej monitorovacej sieti kvality ovzdušia (Obr. 1). Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky vyhláškou č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov v Prílohe č.11 ustanovilo zoznam aglomerácií a zón.

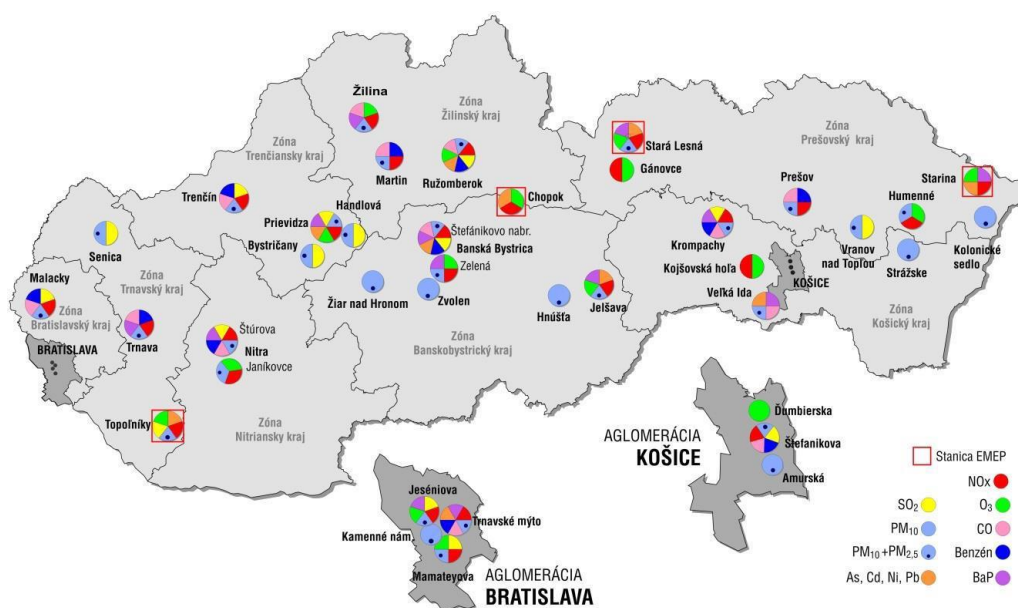
Obr. 1 Orografia Slovenska, zonácia a monitorovacia sieť (stav r. 2019)



Poznámka: Sivou farbou sú vyznačené vidiecke požadové stanice.

V zónach a aglomeráciách je v prevádzke Národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia s nasledovným základným monitorovacím programom: PM₁₀, PM_{2.5}, oxidy dusíka, oxid siričitý, oxid uhoľnatý, benzén, troposferický ozón, ortuť, ťažké kovy (As, Cd, Ni, Pb) a benzo(a)pyrén (Obr. 2). 4 vidiecke požadové stanice (Topoľníky, Chopok, Starina, Stará Lesná) sa riadia monitorovacím programom EMEP³ (European Monitoring and Evaluation Programme)⁴.

Obr. 2 Monitorovací program Národnej monitorovacej siete Kvality ovzdušia (stav r. 2019)



³ http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=oko_info_mv

⁴ <https://www.emep.int/>

Vyhodnotenie koncentrácií častíc PM₁₀

Rok 2005

Limitná hodnota pre priemerované obdobie 1 roka pre častice PM₁₀ bola prekročená na **10** monitorovacích staniciach.

Limitná hodnota pre priemernú dennú koncentráciu pre častice PM₁₀ bola prekročená na **26** monitorovacích staniciach.

Rok 2019

Limitná hodnota pre priemerované obdobie 1 roka pre častice PM₁₀ nebola prekročená na žiadnej monitorovacej stanici.

Limitná hodnota pre priemernú dennú koncentráciu pre častice PM₁₀ bola prekročená na **3** monitorovacích staniciach (Veľká Ida, Letná; Košice, Štefánikova a Jelšava, Jesenského).

Rok 2020

Limitná hodnota pre priemerované obdobie 1 roka pre častice PM₁₀ nebola prekročená na žiadnej monitorovacej stanici.

Limitná hodnota pre priemernú dennú koncentráciu pre častice PM₁₀ bola prekročená na **1** monitorovacej stanici (Jelšava, Jesenského).

Podiel počtu monitorovacích staníc s prekročením limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu klesol z 90 % na 3 %.

Limitná hodnota pre PM₁₀

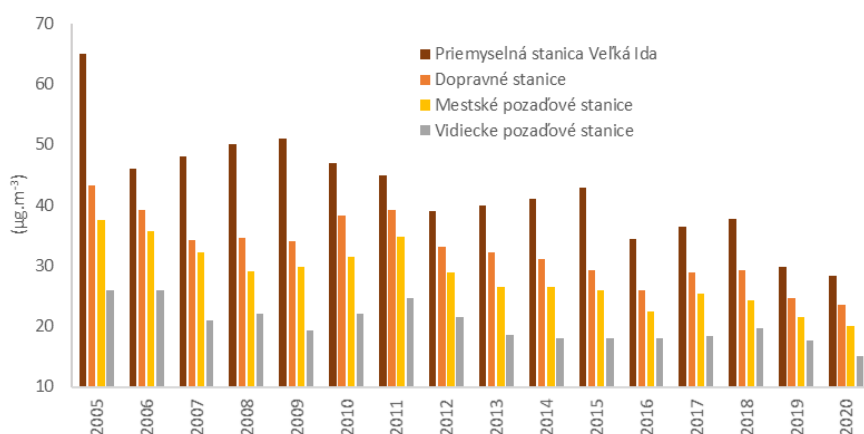
Priemerná ročná koncentrácia nesmie prekročiť hodnotu **40 µg/m³**

Priemerná denná koncentrácia **50 µg/m³** sa nesmie prekročiť viac ako **35** x za kalendárny rok.

Priemyselná stanica zachytáva vplyv priemyselného zdroja. Priemyselné stanice sú umiestnené v mestských alebo predmestských oblastiach.
Pozn.: V NMSKO ide o monitorovaciu stanicu Veľká Ida, Letná.

Dopravná stanica zachytáva vplyv cestnej dopravy. Dopravné stanice sú umiestnené v mestských a predmestských oblastiach.

Mestská požadová stanica charakterizuje kvalitu ovzdušia v mestskom prostredí na miestach vzdialených od hlavných zdrojov znečisťovania ovzdušia. Mestské požadové stanice sú umiestnené v mestských oblastiach, kde sú úroveň znečistenia ovzdušia reprezentatívne pre expozíciu bežného mestského obyvateľstva.



Obr. 3 Vývoj priemernej ročnej koncentrácie PM₁₀ od r. 2005 podľa typu staníc.

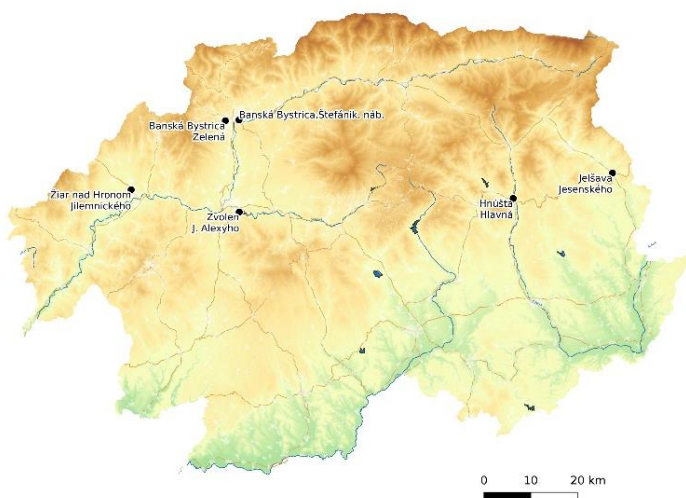
Zóna Banskobystrický kraj

Povrch Banskobystrického kraja je prevažne hornatý, pričom horské kotliny na tomto území sa vyznačujú nízkymi rýchlosťami vetra a častými teplotnými inverziami, a to najmä v zimnom období. Koncentrácie častíc PM₁₀ v tejto zóne od roku 2005 poklesli (Tab. 1). Najvýznamnejším problémom v súvislosti s kvalitou ovzdušia v zóne Banskobystrický kraj však zostáva vykurovanie domácností tuhým palivom (palivové drevo a biomasa). Situácia je komplikovaná nepriaznivými rozptylovými podmienkami najmä v chladnom polroku.

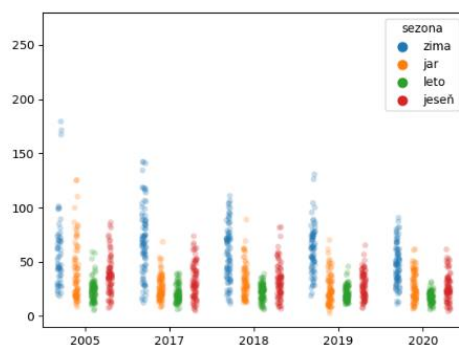


Spomedzi monitorovaných lokalít sa tento problém prejavuje najvýraznejšie v **Jelšave**, ktorá je vzhľadom na svoju polohu v uzavretej horskej kotline charakteristická nízkou rýchlosťou vetra (Tab. 7) a vysokým podielom bezvetria. Tento fakt ilustruje ročný priebeh koncentrácií znečisťujúcich látok s minimom v letných mesiacoch a maximom v zimnom období (Obr. 5). Dominantným zdrojom emisií v Jelšave je vykurovanie domácností, v menšej miere výroba magnezitu (Krajčovičová a kol., 2013, 2014)^{5,6} Emisie z priemyselného zdroja v hodnotenom období výrazne poklesli (SHMU, 2020)⁷, vykurovanie domácností obyvateľstvom zo sociálne slabých skupín je pretrvávajúcim problémom.

Príspevok cezhraničného prenosu v tejto lokalite môže dosahovať hodnotu 9 µg.m⁻³ v priemernej ročnej koncentrácii (Štefánik, 2019)⁸.



Obr. 4 Zóna Banskobystrický kraj a monitorovacie stanice kvality ovzdušia, ktorých monitorovací program zahŕňa PM₁₀ (stav v r.2019)



Obr. 5 Priemerné denné koncentrácie PM₁₀ v rokoch 2017 – 2020 v porovnaní s rokom 2005 na AMS Jelšava. Rozdelenie podľa sezón.

⁵ Krajčovičová, J., Kremler, M., Jana Matejovičová, J, 2013: Určovanie príspevkov jednotlivých zdrojov PM10 k celkovým nameraným koncentráciám pomocou modelových nástrojov. Konferencia Ovzduší 2013, Brno,15 – 17 apríl 2013

⁶ Krajčovičová, J., Kremler, M., Matejovičová, J., 2014: Local PM₁₀ source apportionment for non-attainment areas in Slovakia. Int. J. of Environment and Pollution, 2014 Vol.54, No.2/3/4, pp.166 – 174

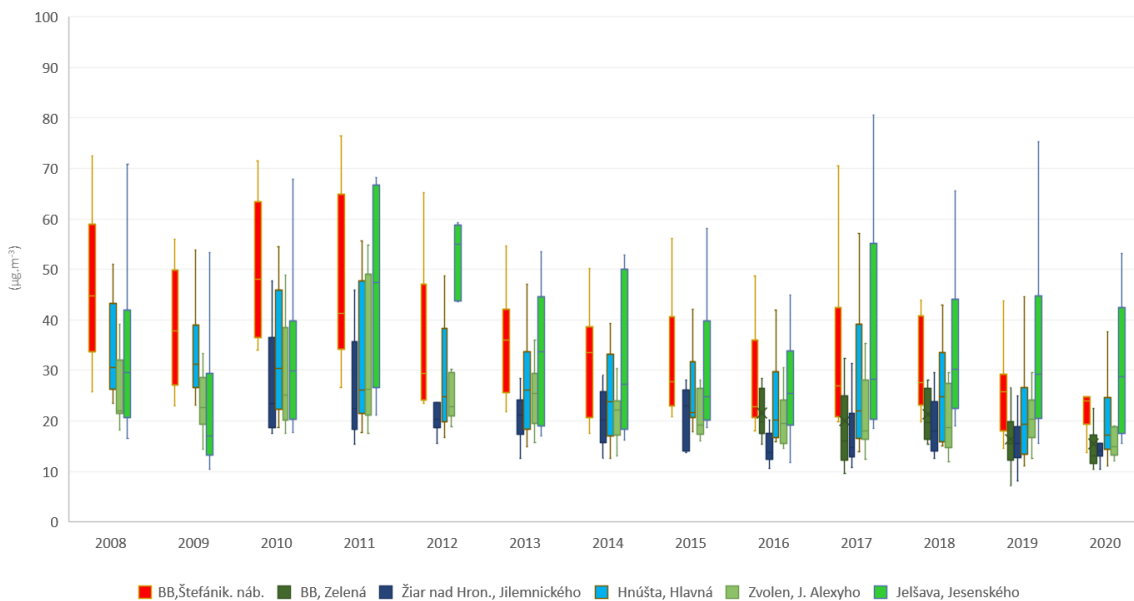
⁷ Správa o kvalite ovzdušia v Slovenskej republike. 2019. SHMÚ, Bratislava2020, dostupné: http://www.shmu.sk/File/oko/rocenky/2019_Sprava_o_KO_v_SR%20v3.pdf, posledný prístup 14.3.2021.

⁸ Štefánik, D., 2019: Cezhraničný prenos znečisťujúcich látok na území Slovenska, Meteorologický časopis, Ročník 22, číslo 2, ISSN 1335-339X, dostupné: http://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/MET_CASOPIS/MC_2019-2.pdf, posledný prístup 14.3.2021.

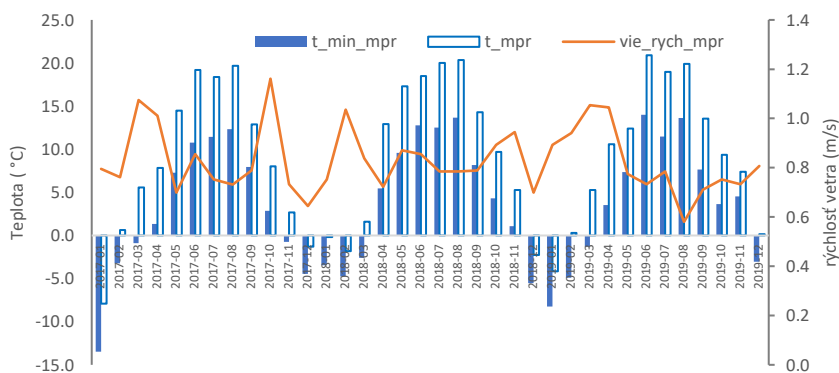
Tab. 1 Počty prekročení limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu PM₁₀ v zóne Banskobystrický kraj v r. 2005 – 2020 (limitná hodnota sa nesmie prekročiť viac ako 35x za rok).

| AMS | typ oblasti | typ stanice | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---------------------------------|-------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Banská Bystrica, Štefánik. náb. | U | T | | | | 126 | 76 | 141 | 127 | 62 | 57 | 52 | 41 | 28 | 67 | 39 | 25 | 23 |
| Banská Bystrica, Zelená | U | B | | | | | | | | | | | 10 | | 19 | 11 | 2 | 1 |
| Banská Bystrica, Nám. slobody | U | B | 70 | 92 | 57 | | | | | | | | | | | | | |
| Jelšava, Jesenského | U | B | 74 | 85 | 78 | 75 | 25 | 57 | 49 | 55 | 51 | 67 | 39 | 35 | 82 | 74 | 61 | 44 |
| Hnúšťa, Hlavná | U | B | 88 | 86 | 72 | 61 | 40 | 52 | 62 | 34 | 23 | 15 | 11 | 15 | 42 | 24 | 15 | 1 |
| Zvolen, J. Alexyho | U | B | | | | 27 | 26 | 35 | 57 | 30 | 19 | 4 | 3 | 7 | 32 | 8 | 5 | 5 |
| Žiar nad Hronom, Duk. hrdinov | U | B | 46 | 45 | 25 | 24 | 51 | | | | | | | | | | | |
| Žiar nad Hronom, Jilemnického | U | B | | | | | | 29 | 35 | 9 | 10 | 1 | 2 | 2 | 20 | 7 | 0 | 2 |

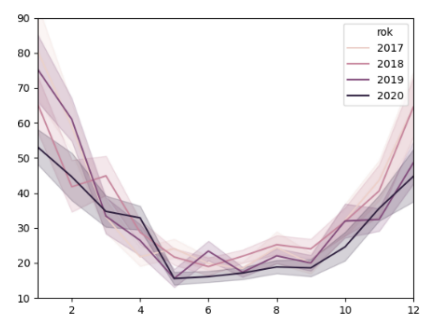
Prekročenie limitnej hodnoty je vyznačené hrubým červeným písmom. Podfarbené sú stanice s minimálne 75% platných meraní v danom roku. Vysvetlivky: Typ stanice: T – dopravná, B – požadová, Typ oblasti: U – mestská



Obr. 6 Koncentrácie PM₁₀ namerané na monitorovacích staniciach kvality ovzdušia v zóne Banskobystrický kraj



Obr. 7 Priemerná mesačná rýchlosť vetra a mesačná priemerná a minimálna teplota v oblasti Jelšavy (podľa meraní na meteorologickej stanici Ratková).



Obr. 8 Ročný priebeh koncentrácie PM₁₀ (µg.m⁻³) na monitorovacej stanici Jelšava v rokoch 2017-2020

Skutočnosť, že kvalita ovzdušia v tejto zóne výrazne závisí od vonkajšej teploty a teda od intenzity vykurovania, naznačujú aj vysoké koncentrácie PM₁₀ v chladnom polroku, najmä v extrémne chladnom januári 2017 (Obr. 7, Obr. 8). Nízka rýchlosť vetra sťažuje rozptyl znečisťujúcich látok.

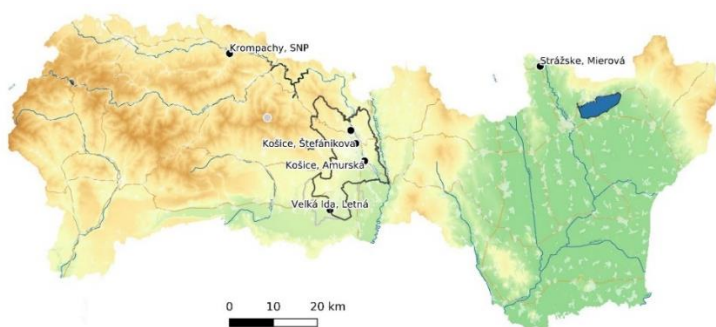
Zóna Košický kraj a aglomerácia Košice

Reliéf Košického kraja má výrazne odlišný charakter vo východnej, prevažne rovinatej časti a západnej hornatejšej časti. Mesto Košice sa nachádza v údolí Hornádu v Košickej kotline.

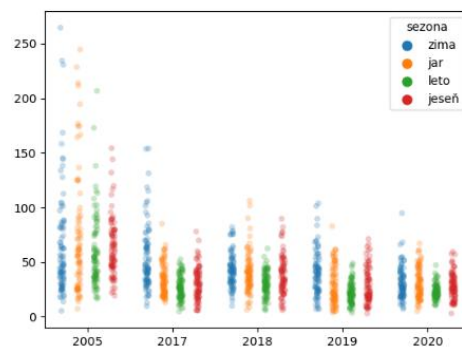


Veterné pomery v Košiciach sú charakteristické prevládajúcim prúdením zo severných smerov, oblasť je relatívne dobre ventilovaná.

Najvyššie koncentrácie PM₁₀ v tejto oblasti sú dlhodobo merané na monitorovacej stanici Veľká Ida, Letná, na ktorej sa prejavuje vplyv metalurgického komplexu. Vzhľadom na skutočnosť, že tento zdroj znečisťovania ovzdušia v závislosti od meteorologickej situácie pri juhozápadnom prúdení ovplyvňuje aj hodnoty merané na monitorovacích staniciach v Košiciach, bola od r. 2020 navrhnuté nové rozdelenie územia, pri ktorom aglomerácia Košice zahŕňa územie mesta Košíc a obcí Bočiar, Haniska, Sokolany a Veľká Ida (Obr. 9). Príspevok cezhraničného prenosu v tejto lokalite môže dosahovať hodnotu 12 μg.m⁻³ v priemernej ročnej koncentrácii (Štefánik, 2019)⁹.



Obr. 9 Zóna Košický kraj a aglomerácia Košice a monitorovacie stanice kvality ovzdušia, ktorých monitorovací program zahŕňa PM₁₀ (stav v r.2019) (Sivou farbou je vyznačená aglomerácia Košice podľa nového vymedzenia od r. 2020)



Obr. 10 Priemerné denné koncentrácie PM₁₀ (μg.m⁻³) v rokoch 2017 – 2020 v porovnaní s rokom 2005 na monitorovacej stanici Veľká Ida, Letná

Monitorovacia stanica Veľká Ida, Letná je predmestská priemyselná monitorovacia stanica kvality ovzdušia v zóne Košický kraj, merané koncentrácie ovplyvňuje blízky priemyselný komplex (výroba železa, ocele, koksu), v chladnom polroku sa pripája vplyv vykurovania domácností (Krajčovičová a kol., 2014)¹⁰.

Koncentrácie PM₁₀ poklesli v porovnaní s rokom 2005 o viac než 50 % (SHMÚ, 2005, 2020). V roku 2020 už limitná hodnota pre PM₁₀ na monitorovacej stanici Veľká Ida, Letná prekročená nebola.

Tab. 2 Počty prekročení limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu PM₁₀ v zóne Košický kraj r. 2005 – 2020 (limitná hodnota sa nesmie prekročiť viac ako 35x za rok)

| AMS | typ oblasti | typ stanice | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|-----------------------|-------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Veľká Ida, Letná | S | I | 198 | 188 | 145 | 157 | 166 | 132 | 118 | 77 | 79 | 97 | 71 | 38 | 62 | 63 | 45 | 22 |
| Strážske, Mierová | U | B | 45 | 35 | 20 | 25 | 17 | 37 | 63 | 38 | 22 | 21 | 11 | 10 | 30 | 15 | 20 | 5 |
| Krompachy, Lorenzova* | U | B | 43 | 41 | 31 | 46 | 33 | | | | | | | | | | | |
| Krompachy, SNP | U | T | | | | | 39 | 99 | 77 | 63 | 42 | 30 | 30 | 14 | 38 | 19 | 23 | 13 |

Prekročenie limitnej hodnoty je vyznačené hrubým červeným písmom. Podfarbené sú stanice s minimálne 75% platných meraní v danom roku. *Stanica Krompachy, Lorenzova bola od r. 2010 nahradená stanicou Krompachy, SNP.

Vysvetlivky: Typ stanice: T – dopravná, B – pozadňová, I – priemyselná, Typ oblasti: U – mestská, S – predmestská

⁹ Štefánik, D., 2019: Cezhraničný prenos znečisťujúcich látok na území Slovenska, Meteorologický časopis, Ročník 22, číslo 2, ISSN 1335-339X, dostupné: http://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/MET_CASOPIS/MC_2019-2.pdf, posledný prístup 14.3.2021.

¹⁰ Krajčovičová, J., Kremler, M., Matejovičová, J., Nemček, V., 2014: Analýza kvality ovzdušia v Košickom regióne pomocou modelu CALPUFF. In: Ochrana ovzdušia 2014, Štrbské Pleso, 148-151

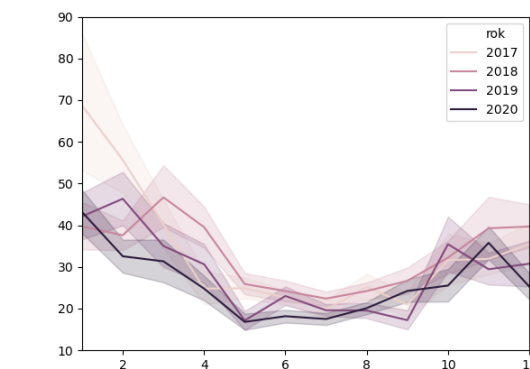
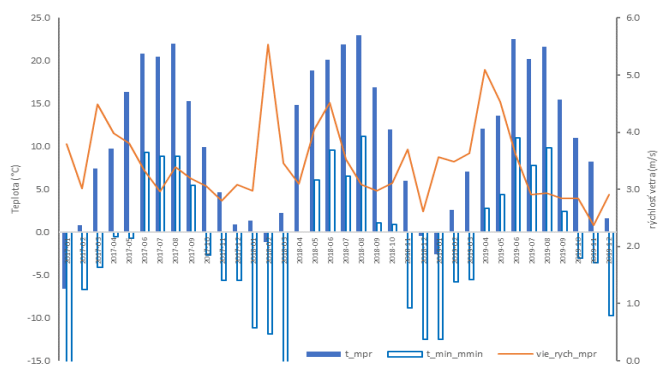
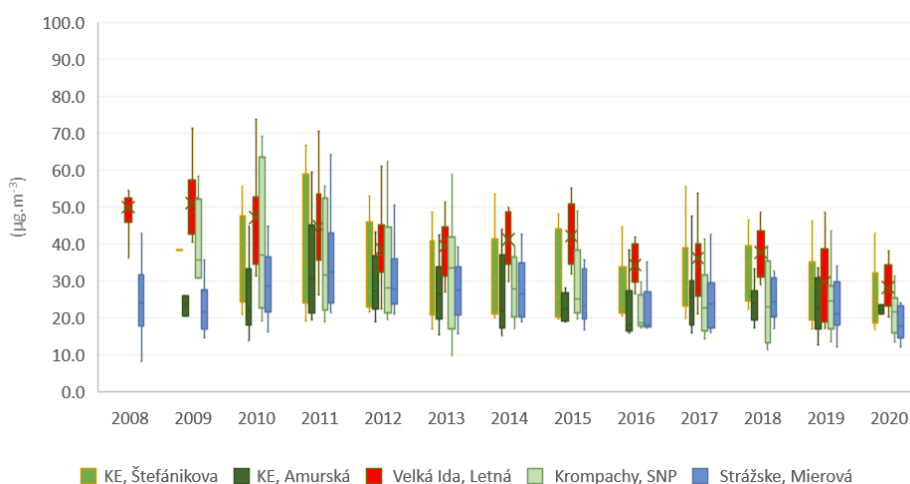
Tab. 3 Počty prekročení limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu PM₁₀ v aglomerácii Košice r. 2005 – 2020

| AMS | typ oblasti | typ stanice | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---------------------|-------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Košice, Strojárska | U | B | 45 | 39 | 40 | 55 | 14 | | | | | | | | | | | |
| Košice, Štúrova | U | T | 75 | 56 | 51 | 38 | | | | | | | | | | | | |
| Košice, Štefánikova | U | T | | | | | | 67 | 89 | 58 | 40 | 42 | 30 | 19 | 55 | 44 | 42 | 19 |
| Košice, Amurská | U | B | | | | | 1 | 30 | 66 | 31 | 28 | 15 | 1 | 12 | 36 | 9 | 15 | 9 |

Prekročenie limitnej hodnoty je vyznačené hrubým červeným písmom. Podfarbené sú stanice s minimálne 75% platných meraní v danom roku. Vysvetlivky: Typ stanice: T – dopravná, B – pozadová, Typ oblasti: U - mestská

Monitorovacia stanica Košice, Štefánikova je mestská dopravná monitorovacia stanica v aglomerácii Košice. Zachytáva vplyv cestnej dopravy, mestského pozadia a regionálny prenos z metalurgického komplexu pri Veľkej Ide (Krajčovičová a kol., 2014)¹¹. Koncentrácie častíc PM₁₀ poklesli od začiatku meraní na tejto stanici (r. 2010) o 32 % (SHMÚ, 2010, 2020).

Obr. 11 Koncentrácie PM₁₀ namerané na monitorovacích staniciach kvality ovzdušia v aglomerácii Košice a v zóne Košický kraj.



Obr. 12 Priemerná mesačná rýchlosť vetra a mesačná priemerná a minimálna teplota v oblasti Košíc (podľa meraní na met. stanici Košice letisko).

Obr. 13 Ročný priebeh koncentrácie PM₁₀ (µg.m⁻³) na stanici Košice, Štefánikova v rokoch 2017 – 2020

Namerané koncentrácie odrážajú kombináciu vplyvu cestnej dopravy, čiastočne aj prenos z priemyselného zdroja a v menšej miere vykurovania domácností. (Obr. 12, Obr. 13).

¹¹ Krajčovičová, J., Kremler, M., Matejovičová, J., Nemček, V., 2014: Analýza kvality ovzdušia v Košickom regióne pomocou modelu CALPUFF. In: Ochrana ovzdušia 2014, Štrbské Pleso, 148-151

Príloha 1. Vývoj počtu prekročení limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu

Tab. 4 Vývoj počtu prekročení limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu PM₁₀ v zóne Banskobystrický kraj v r. 2005 – 2020.

| | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Počet AMS v zóne | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Počet AMS s prekročením dennej limitnej hodnoty | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| Podiel počtu AMS s prekročením dennej limitnej hodnoty v zóne | 100% | 100% | 75% | 60% | 60% | 60% | 80% | 40% | 40% | 40% | 40% | 0% | 50% | 33% | 17% | 17% |
| Priemerný počet prekročení | 70 | 77 | 58 | 63 | 44 | 63 | 66 | 38 | 32 | 28 | 19 | 16 | 44 | 27 | 18 | 13 |
| Min | 46 | 45 | 25 | 24 | 25 | 29 | 35 | 9 | 10 | 1 | 2 | 2 | 19 | 7 | 0 | 1 |
| Max | 88 | 92 | 78 | 126 | 76 | 141 | 127 | 62 | 57 | 67 | 41 | 35 | 82 | 74 | 61 | 44 |

Tab. 5 Vývoj počtu prekročení limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu PM₁₀ v zóne Košický kraj v r. 2005 – 2020.

| | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Počet AMS v zóne | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Počet AMS s prekročením dennej limitnej hodnoty | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| Podiel počtu AMS s prekročením dennej limitnej hodnoty v zóne | 100% | 67% | 33% | 67% | 50% | 100% | 100% | 100% | 67% | 33% | 33% | 33% | 67% | 33% | 33% | 0% |
| Priemerný počet prekročení | 95 | 88 | 65 | 76 | 64 | 89 | 86 | 59 | 48 | 49 | 37 | 21 | 43 | 32 | 29 | 13 |
| Min | 43 | 35 | 20 | 25 | 17 | 37 | 63 | 38 | 22 | 21 | 11 | 10 | 30 | 15 | 20 | 5 |
| Max | 198 | 188 | 145 | 157 | 166 | 132 | 118 | 77 | 79 | 97 | 71 | 38 | 62 | 63 | 45 | 22 |

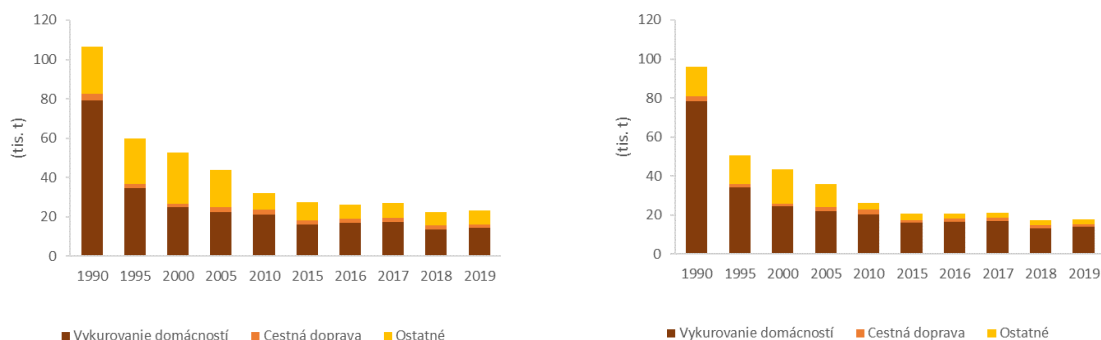
Tab. 6 Vývoj počtu prekročení limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu PM₁₀ v aglomerácii Košice v r. 2005 – 2020

| | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Počet AMS v zóne | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Počet AMS s prekročením dennej limitnej hodnoty | 1 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| Podiel počtu AMS s prekročením dennej limitnej hodnoty v zóne | 100% | 100% | 100% | 100% | 0% | 50% | 100% | 50% | 50% | 50% | 0% | 0% | 100% | 50% | 50% | 0% |
| Priemerný počet prekročení | 75 | 48 | 46 | 47 | 1 | 49 | 78 | 45 | 34 | 29 | 16 | 16 | 46 | 27 | 29 | 14 |
| Min | 75 | 39 | 40 | 38 | 1 | 30 | 66 | 31 | 28 | 15 | 1 | 12 | 36 | 9 | 15 | 9 |
| Max | 75 | 56 | 51 | 55 | 1 | 67 | 89 | 58 | 40 | 42 | 30 | 19 | 55 | 44 | 42 | 19 |

Príloha 2. Vývoj emisií PM₁₀ a PM_{2.5} do ovzdušia

Dominantný podiel na celkových emisiách PM₁₀ do ovzdušia na území SR má vykurovanie domácností (Obr. 14), tento podiel je ešte výraznejší pri PM_{2.5} (IIR, 2019).¹² Hoci podiel emisií z cestnej dopravy k celkovým emisiám v SR nie je výrazný, pri dopravne exponovaných cestných komunikáciách sa významne prejavuje vplyv cestnej dopravy. Medzi ostatné zdroje znečisťovania patria priemyselné procesy a systémová energetika.

Celkové emisie PM₁₀ v SR majú od roku 2005 klesajúci trend, emisie z vykurovania domácností však vzrástli v dôsledku zvýšenia ceny elektriny a zemného plynu pre domácnosti, čo malo za následok zvýšenie podielu tuhých palív (najmä palivového dreva) pri vykurovaní domácností (SHMÚ, 2019).

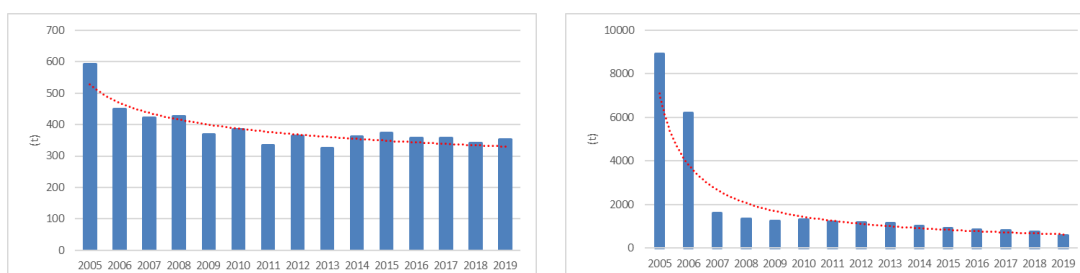


Obr. 14 Vývoj emisií PM₁₀ (vľavo) a PM_{2.5} (vpravo) po sektoroch od roku 2015 v porovnaní s predchádzajúcim obdobím.

Zdroj: <https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results/2021-submission>

Vývoj emisií PM₁₀ zo stredných a veľkých zdrojov znečisťovania ovzdušia v zónach s prekročením limitnej hodnoty pre PM₁₀ je zobrazený na Obr. 15. Emisie z veľkých zdrojov oproti roku 2005 poklesli, pri vykurovaní domácností však tento trend nepozorujeme. Vývoj emisií z vykurovania domácností je výrazne ovplyvnený meteorologickými podmienkami v chladnom polroku.

Priestorová disagregácia emisií z vykurovania domácností je spracovávaná pre potreby modelovania kvality ovzdušia modelom REM od r. 2015 (Krajčovičová, 2020)¹³.



Obr. 15 Emisie PM₁₀ z veľkých a stredných zdrojov (NEIS) v zóne Banskobystrický kraj za r. 2005 – 2019 (vľavo) a aglomerácii Košice a zóne Košický kraj (vpravo) (Zdroj: NEIS).

¹² Informative Inventory report. Slovak republic, 2020. Submission under the LRTAP Convention and under the NEC Directive. IIR, SHMÚ, Bratislava 2020.

¹³ Krajčovičová J., Matejovičová J., Nemček V., 2020, High-resolution residential emission model for use in the air quality modelling, Meteorologický časopis, Ročník 23, číslo 1, ISSN 1335-339X, dostupné: <http://www.shmu.sk/sk/?page=31>, posledný prístup 19.8.2020.

Príloha 3. Meteorologické podmienky v oblasti Jelšavy

Tab. 7 Priemerné mesačné rýchlosti vetra v oblasti Jelšavy

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2005 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 2006 | 0.8 | 0.8 | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 0.8 | 0.8 |
| 2007 | 1.2 | 1.1 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.3 |
| 2008 | 1.2 | 1.4 | 1.5 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 1.7 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 1.6 |
| 2009 | 1.0 | 1.1 | 1.6 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.0 | 0.8 | 0.6 | 0.7 |
| 2010 | 0.6 | 0.7 | 1.1 | 0.8 | 1.3 | 1.0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.8 | 0.7 |
| 2011 | 0.7 | 1.0 | 1.3 | 1.6 | 0.9 | 1.1 | 0.9 | 1.1 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.8 |
| 2012 | 0.9 | 1.1 | 1.6 | 1.4 | 2.4 | 1.1 | 1.0 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.5 | 0.5 |
| 2013 | 0.7 | 0.8 | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 0.8 | 1.0 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.2 |
| 2014 | 0.8 | 1.0 | 1.4 | 1.3 | 1.4 | 1.0 | 1.1 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.7 | 0.8 |
| 2015 | 0.6 | 0.5 | 0.7 | 0.7 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 0.4 |
| 2016 | 0.4 | 0.5 | 0.7 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 |
| 2017 | 0.6 | 0.6 | 0.9 | 0.9 | 0.5 | 0.8 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 0.9 | 0.5 | 0.4 |
| 2018 | 0.4 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.6 | 0.4 |
| 2019 | 0.5 | 0.7 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.9 |
| priem | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 1.0 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |

Tab. 8 Priemerné mesačné teploty vzduchu v oblasti Jelšavy

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
| 2005 | -3.1 | -4.7 | 0.8 | 9.5 | 14.4 | 16.3 | 19.0 | 17.2 | 14.2 | 8.3 | 1.7 | -2.3 |
| 2006 | -5.0 | -3.3 | 1.3 | 9.4 | 13.1 | 17.0 | 20.4 | 16.4 | 14.3 | 8.9 | 4.9 | 0.6 |
| 2007 | 1.4 | 2.1 | 6.2 | 10.2 | 15.7 | 19.0 | 20.1 | 18.9 | 11.4 | 7.8 | 1.2 | -3.0 |
| 2008 | -0.9 | 1.1 | 3.6 | 9.5 | 14.3 | 18.5 | 19.1 | 18.1 | 12.6 | 9.6 | 4.6 | 0.8 |
| 2009 | -3.4 | -0.6 | 3.1 | 12.3 | 14.5 | 16.5 | 19.8 | 18.8 | 15.4 | 8.9 | 4.8 | -0.4 |
| 2010 | -2.7 | -0.4 | 3.7 | 9.7 | 14.4 | 18.2 | 20.8 | 18.5 | 12.4 | 6.0 | 6.3 | -3.9 |
| 2011 | -2.8 | -2.3 | 4.0 | 11.2 | 14.7 | 18.4 | 18.8 | 20.3 | 17.0 | 8.1 | 1.2 | 0.2 |
| 2012 | -2.1 | -4.8 | 4.9 | 10.3 | 15.8 | 19.0 | 20.6 | 19.7 | 15.3 | 9.0 | 5.5 | -3.4 |
| 2013 | -2.9 | 0.1 | 1.4 | 10.4 | 14.5 | 18.1 | 19.5 | 19.3 | 11.8 | 9.6 | 4.9 | -1.0 |
| 2014 | 1.1 | 3.2 | 7.4 | 10.7 | 13.8 | 17.5 | 19.9 | 17.3 | 14.9 | 10.1 | 6.1 | 1.3 |
| 2015 | -0.3 | -0.5 | 5.0 | 8.8 | 14.3 | 17.9 | 20.8 | 21.1 | 15.5 | 8.4 | 4.4 | 1.2 |
| 2016 | -3.9 | 3.1 | 4.9 | 10.4 | 14.4 | 19.1 | 19.8 | 18.0 | 15.4 | 7.5 | 3.0 | -3.0 |
| 2017 | -7.5 | 0.9 | 6.2 | 8.1 | 14.8 | 19.5 | 18.8 | 20.0 | 13.2 | 8.3 | 2.9 | -1.2 |
| 2018 | 0.0 | -1.8 | 1.7 | 13.2 | 17.5 | 18.6 | 20.3 | 20.7 | 14.7 | 10.1 | 5.5 | -2.0 |
| 2019 | -3.9 | 0.5 | 5.6 | 10.6 | 12.5 | 21.3 | 19.4 | 20.0 | 13.8 | 9.8 | 7.5 | 0.5 |
| priem | -2.4 | -0.5 | 4.0 | 10.3 | 14.6 | 18.3 | 19.8 | 19.0 | 14.2 | 8.7 | 4.3 | -1.0 |

Tab. 9 Minimálne mesačné teploty vzduchu v oblasti Jelšavy

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------|-------|-------|-------|------|------|-----|-----|-----|------|------|-------|-------|
| 2005 | -20.4 | -20.6 | -18.8 | -5.3 | -2.1 | 2.8 | 8.3 | 5.8 | 3.8 | -4.8 | -10.1 | -14.1 |
| 2006 | -20.1 | -18.4 | -14.3 | -4.1 | 2.3 | 2.2 | 6.5 | 3.5 | 2.8 | -7.6 | -10.8 | -11.4 |
| 2007 | -10.8 | -6.5 | -4.0 | -4.4 | -3.9 | 6.3 | 5.1 | 7.5 | 1.5 | -5.8 | -9.9 | -11.5 |
| 2008 | -12.3 | -14.5 | -6.9 | -2.3 | 2.3 | 7.8 | 8.1 | 7.4 | 1.3 | -1.8 | -9.9 | -11.1 |
| 2009 | -16.6 | -12.9 | -6.5 | -0.1 | 2.4 | 2.9 | 8.7 | 8.7 | 5.0 | -5.2 | -4.8 | -16.2 |
| 2010 | -14.4 | -16.8 | -12.3 | -2.1 | 4.8 | 6.2 | 9.1 | 5.1 | 2.3 | -5.0 | -5.5 | -17.6 |
| 2011 | -14.1 | -13.3 | -10.6 | -0.5 | -1.1 | 6.3 | 9.2 | 6.2 | 5.2 | -4.0 | -7.0 | -8.0 |
| 2012 | -13.9 | -19.8 | -10.0 | -3.8 | 2.5 | 6.5 | 8.0 | 5.3 | 0.7 | -2.0 | -3.8 | -15.1 |
| 2013 | -15.5 | -10.6 | -10.0 | -5.0 | 3.5 | 4.3 | 6.7 | 7.0 | 0.5 | -5.6 | -9.1 | -9.2 |
| 2014 | -14.5 | -8.3 | -4.0 | -0.9 | 1.3 | 5.1 | 7.7 | 4.0 | 1.1 | -3.5 | -4.4 | -15.3 |
| 2015 | -14.9 | -12.8 | -6.4 | -4.1 | 1.0 | 5.1 | 5.1 | 7.2 | 3.0 | -2.0 | -9.0 | -11.9 |
| 2016 | -16.6 | -5.3 | -5.8 | -2.9 | 0.6 | 5.9 | 6.8 | 5.0 | 1.5 | -3.4 | -7.9 | -11.6 |
| 2017 | -20.7 | -8.2 | -4.5 | -4.5 | -1.1 | 6.3 | 5.2 | 5.8 | 3.9 | -1.8 | -7.2 | -10.6 |
| 2018 | -10.7 | -15.1 | -11.0 | -1.2 | 5.7 | 5.5 | 4.5 | 9.1 | -1.3 | -0.6 | -10.1 | -11.9 |
| 2019 | -13.8 | -9.7 | -4.8 | -2.5 | 3.0 | 7.2 | 6.1 | 7.4 | 1.0 | -4.7 | -5.1 | -9.8 |
| priem | -15.3 | -12.9 | -8.7 | -2.9 | 1.4 | 5.3 | 7.0 | 6.3 | 2.2 | -3.8 | -7.6 | -12.4 |

Poznámka: Spracované z meraní na meteorologickej stanici Ratková.

Zoznam obrázkov

| | |
|--|----|
| Obr. 1 Orografia Slovenska, zonácia a monitorovacia sieť (stav r. 2019)..... | 3 |
| Obr. 2 Monitorovací program Národnej monitorovacej siete Kvality ovzdušia (stav r. 2019)..... | 3 |
| Obr. 3 Vývoj priemernej ročnej koncentrácie PM ₁₀ od r. 2005 podľa typu staníc. | 4 |
| Obr. 4 Zóna Banskobystrický kraj a monitorovacie stanice kvality ovzdušia, ktorých monitorovací program zahŕňa PM ₁₀ (stav v r.2019) | 5 |
| Obr. 5 Priemerné denné koncentrácie PM ₁₀ v rokoch 2017 – 2020 v porovnaní s rokom 2005 na AMS Jelšava. Rozdelenie podľa sezón..... | 5 |
| Obr. 6 Koncentrácie PM ₁₀ namerané na monitorovacích staniciach kvality ovzdušia v zóne Banskobystrický kraj..... | 6 |
| Obr. 7 Priemerná mesačná rýchlosť vetra a mesačná priemerná a minimálna teplota v oblasti Jelšavy (podľa meraní na meteorologickej stanici Ratková)..... | 6 |
| Obr. 8 Ročný priebeh koncentrácie PM ₁₀ (µg.m ⁻³) na monitorovacej stanici Jelšava v rokoch 2017-2020..... | 6 |
| Obr. 9 Zóna Košický kraj a aglomerácia Košice a monitorovacie stanice kvality ovzdušia, ktorých monitorovací program zahŕňa PM ₁₀ (stav v r.2019) (Sivou farbou je vyznačená aglomerácie Košice podľa nového vymedzenia od r. 2020) | 7 |
| Obr. 10 Priemerné denné koncentrácie PM ₁₀ (µg.m ⁻³) v rokoch 2017 – 2020 v porovnaní s rokom 2005 na monitorovacej stanici Veľká Ida, Letná | 7 |
| Obr. 11 Koncentrácie PM ₁₀ namerané na monitorovacích staniciach kvality ovzdušia v aglomerácii Košice a v zóne Košický kraj..... | 8 |
| Obr. 12 Priemerná mesačná rýchlosť vetra a mesačná priemerná a minimálna teplota v oblasti Košíc (podľa meraní na met. stanici Košice letisko)..... | 8 |
| Obr. 13 Ročný priebeh koncentrácie PM ₁₀ (µg.m ⁻³) na stanici Košice, Šteánikova v rokoch 2017 – 2020 | 8 |
| Obr. 14 Vývoj emisií PM ₁₀ (vľavo) a PM _{2,5} (vpravo) po sektoroch od roku 2015 v porovnaní s predchádzajúcim obdobím..... | 10 |
| Obr. 15 Emisie PM ₁₀ z veľkých a stredných zdrojov (NEIS) v zóne Banskobystrický kraj za r. 2005 – 2019 (vľavo) a aglomerácii Košice a zóne Košický kraj (vpravo) (Zdroj: NEIS). | 10 |

Zoznam tabuliek

| | |
|---|----|
| Tab. 1 Počty prekročení limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu PM ₁₀ v zóne Banskobystrický kraj v r. 2005 – 2020 (limitná hodnota sa nesmie prekročiť viac ako 35x za rok). | 6 |
| Tab. 2 Počty prekročení limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu PM ₁₀ v zóne Košický kraj r. 2005 – 2020 (limitná hodnota sa nesmie prekročiť viac ako 35x za rok) | 7 |
| Tab. 3 Počty prekročení limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu PM ₁₀ v aglomerácii Košice r. 2005 – 2020 | 8 |
| Tab. 4 Vývoj počtu prekročení limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu PM ₁₀ v zóne Banskobystrický kraj v r. 2005 – 2020. | 9 |
| Tab. 5 Vývoj počtu prekročení limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu PM ₁₀ v zóne Košický v r. 2005 – 2020. | 9 |
| Tab. 6 Vývoj počtu prekročení limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu PM ₁₀ v aglomerácii Košice v r. 2005 – 2020 | 9 |
| Tab. 7 Priemerné mesačné rýchlosti vetra v oblasti Jelšavy..... | 11 |
| Tab. 8 Priemerné mesačné teploty vzduchu v oblasti Jelšavy..... | 11 |
| Tab. 9 Minimálne mesačné teploty vzduchu v oblasti Jelšavy | 11 |

Literatúra

Informative Inventory report. Slovak republic, 2020. Submission under the LRTAP Convention and under the NEC Directive. IIR, SHMÚ, Bratislava 2020.

Krajčovičová, J., Kremler, M., Jana Matejovičová, J, 2013: Určovanie príspevkov jednotlivých zdrojov PM₁₀ k celkovým nameraným koncentraciám pomocou modelových nástrojov. Konferencia Ovzduší 2013, Brno, 15 – 17 apríl 2013

Krajčovičová, J., Kremler, M., Matejovičová, J., Nemček, V., 2014: Analýza kvality ovzdušia v Košickom regióne pomocou modelu CALPUFF. In: Ochrana ovzdušia 2014, Štrbské Pleso, 148-151

Krajčovičová, J., Kremler, M., Matejovičová, J., Nemček, V., 2014: Rozloženie emisií prachových častíc na Slovensku v roku 2012. In: Ochrana ovzdušia 2014, Štrbské Pleso, 152-155

Krajčovičová, J., Kremler, M., Matejovičová, J., 2014: Local PM₁₀ source apportionment for non-attainment areas in Slovakia. Int. J. of Environment and Pollution, 2014 Vol.54, No.2/3/4, pp.166 – 174

Krajčovičová J., Matejovičová J., Nemček V., 2020, High-resolution residential emission model for use in the air quality modelling, Meteorologický časopis, Ročník 23, číslo 1, ISSN 1335-339X, dostupné: <http://www.shmu.sk/sk/?page=31>, posledný prístup 19.8.2020.

Správa o kvalite ovzdušia v Slovenskej republike, SHMÚ, Bratislava 2020, dostupné: <http://www.shmu.sk/sk/?page=997>, posledný prístup 11.3.2021.

Štefánik, D., 2019: Cezhraničný prenos znečisťujúcich látok na území Slovenska, Meteorologický časopis, Ročník 22, číslo 2, ISSN 1335-339X, dostupné: <http://www.shmu.sk/sk/?page=31>, posledný prístup 30.3.20.

Štefánik, D., Matejovičová, J., Krajčovičová, J., Šedivá, T., Nemček, V., Beňo, J., 2020: Comparison of two methods of calculating NO₂ and PM₁₀ transboundary pollution by CMAQ chemical transport model and the assessment of the non-linearity effect, Atmospheric Pollution Re Research, Volume 11, Issue 6, 2020, Pages 12-23, ISSN 1309-1042, <https://doi.org/10.1016/j.apr.2020.02.012>.

Správa o kvalite ovzdušia a podiele jednotlivých zdrojov na jeho znečisťovaní v Slovenskej republike. 2005. SHMÚ, Bratislava 2006, dostupné: http://www.shmu.sk/File/oko/rocenky/SHMU_Sprava_o_kvalite_ovzdušia_SR_2005.pdf, posledný prístup 14.3.2021.

Správa o kvalite ovzdušia v Slovenskej republike. 2019. SHMÚ, Bratislava 2020, dostupné: http://www.shmu.sk/File/oko/rocenky/2019_Sprava_o_KO_v_SR%20v3.pdf, posledný prístup 14.3.2021.