

*Podklady pre
Program na
zlepšenie kvality
ovzdušia*

*zóna
Košický kraj*

*Jana Krajčovičová
Jana Matejovičová
Katarína Belohorcová
Dušan Štefánik
Vladimír Nemček
Juraj Beňo*

Obsah

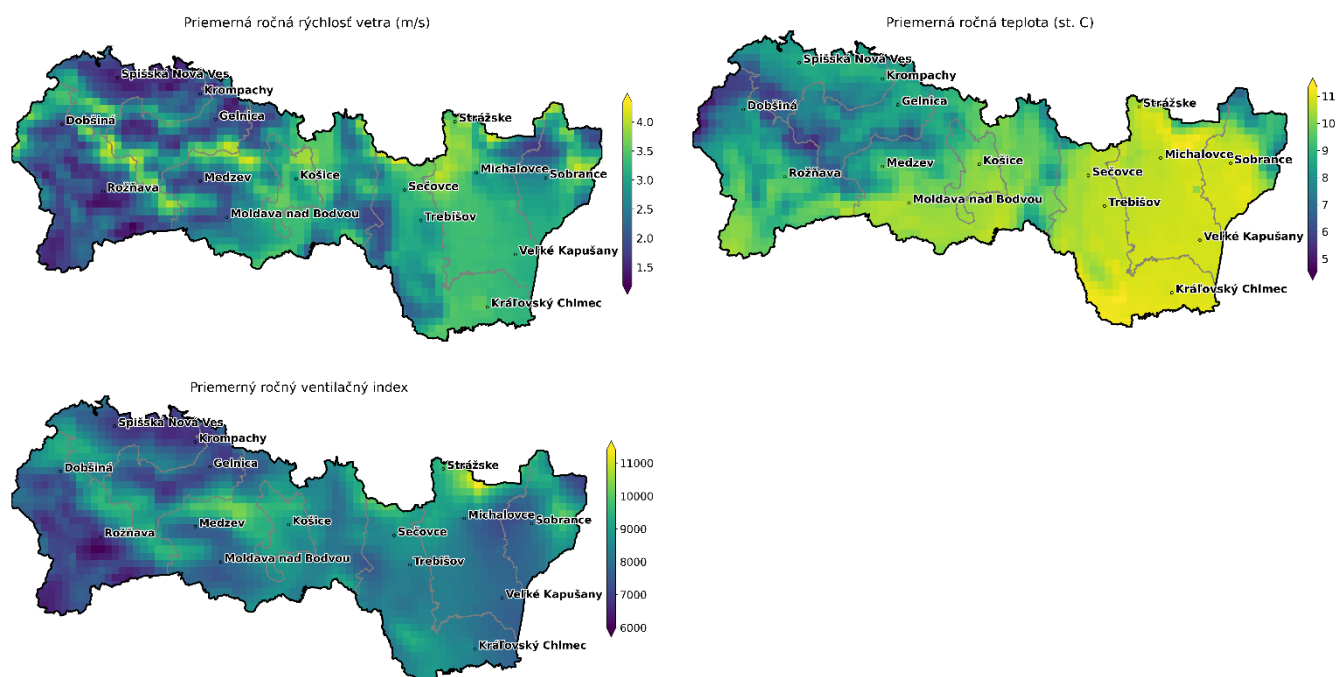
3	ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE O ÚZEMÍ KOŠICKÉHO KRAJA	2
3.1	Charakteristiky ovplyvňujúce prúdenie vzduchu a rozptylové podmienky	2
3.2	Obyvateľstvo a ekosystémy	2
3.3	Zdroje emisií.....	4
3.3.1	Veľké a stredné zdroje znečisťovania (priemysel a energetika)	5
3.3.2	Cestná doprava	5
3.3.3	Vykurovanie domácností.....	5
4	HODNOTENIE ZNEČISTENIA OVZDUŠIA V ZÓNE.....	8
4.1	Relevantné znečisťujúce látky.....	8
4.2	Výsledky monitoringu kvality ovzdušia	8
4.3	Výsledky modelovania a analýza situácie	9
	Celkové zhodnotenie zóny	9
	Prekračovanie limitných hodnôt podľa legislatívy platnej v súčasnosti	10
	Analýza príspevkov jednotlivých skupín zdrojov k celkovým koncentráciám.....	12
	Regionálne pozadie	14
	Projekcie možných opatrení na zníženie koncentrácií BaP a PM.....	14
4.4	ZHRNUTIE HODNOTENIA.....	15
	Príloha : Hodnotenie kvality ovzdušia vo Veľkej Ide	18
1.	Úvod	18
2.	Relevantné zdroje emisií v okolí stanice	18
3.	Analýza nameraných koncentrácií na monitorovacej stanici	18
4.	Modelovanie kvality ovzdušia.....	19

3 ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE O ÚZEMÍ KOŠICKÉHO KRAJA

3.1 Charakteristiky ovplyvňujúce prúdenie vzduchu a rozptylové podmienky

Z hľadiska rozptylu znečisťujúcich látok v ovzduší sú najrelevantnejšími meteorologickými parametrami smer a rýchlosť vetra a teplotné zvrstvenie atmosféry. Teplota prízemnej vrstvy atmosféry v zimnom období je tiež dôležitým parametrom podmieňujúcim emisie znečisťujúcich látok z lokálnych kúrenísk. Obr. 3.1 obsahuje mapky rozloženia priemerných ročných klimatických charakteristík vypočítaných meteorologickým modelom ALADIN s priestorovým rozlíšením 2 km (rok 2020) v Košickom kraji.

Veterné pomery oblasti sú vo veľkej miere ovplyvňované členitosťou terénu. Západ Košického kraja pokrývajú horstvá Slovenského Rudohoria, väčšie sídla sa tu nachádzajú v kotlinách a dolinách, ktoré sa vyznačujú nízkymi rýchlosťami vetra a častými teplotnými inverziami najmä v zimnom období. Medzi významné kotliny patria Hornádska kotlina, Rožňavská kotlina a Košická kotlina, ktorú na východe oddeľuje od Východoslovenskej nížiny pohorie Slanské vrchy. Na severe Východoslovenskej nížiny zasahuje do kraja aj južná časť pohoria Vihorlat.



Obr. 3.1 Rozloženie priemernej ročnej rýchlosti vetra (vľavo hore), teploty (vpravo hore) a ventilačného indexu¹ (vľavo dole) v Košickom kraji

Na mapkách na Obr. 3.1 je vidno dobre ventilované hrebene hôr kontrastujúce so slabo ventilovanými horskými dolinami a kotlinami, najmä v západnej časti kraja. Východoslovenská nížina je v porovnaní s týmito horskými údoliami ventilovaná lepšie, okrem územia pod Vihorlatom. Veľké, otvorené časti Košickej kotliny sa vyznačujú pomerne vysokými priemernými rýchlosťami vetra.

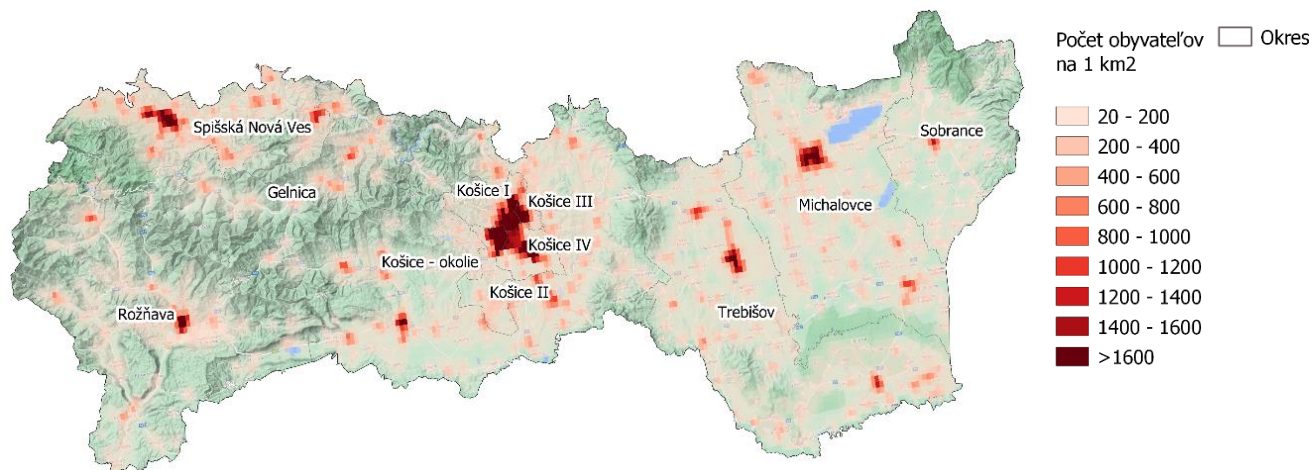
Prevládajúci smer vetra je na rôznych miestach v rámci zóny značne variabilný a závisí od interakcie základného veľko-rozmerového prúdenia s lokálnym terénom. V rôznych lokalitách sa budú prevládajúce smery vzájomne líšiť a budú dané hlavne orientáciou hrebeňov a s nimi súvisiacich dolín.

3.2 Obyvateľstvo a ekosystémy

Kvalitu ovzdušia posudzujeme z dôvodu ochrany zdravia obyvateľstva a ekosystémov.

Košický kraj má 779 505 obyvateľov (31.12.2022, Štatistický úrad SR), pričom viac ako 50 % obyvateľov žije v mestách, ktorých je v kraji 17. V samotnom meste Košice žije takmer 30 % obyvateľov celého kraja. Obr. 3.2 znázorňuje priestorové rozloženie hustoty obyvateľstva na území Košického kraja.

¹ Ventilačný index je parameter vyjadrujúci potenciálnu mieru rozptylu znečisťujúcich látok. Počíta sa ako súčin výšky vrstvy premiešavania atmosféry a priemernej rýchlosti vetra v tejto vrstve.



Obr. 3.2 Rozloženie hustoty obyvateľstva v Košickom kraji (2018, zdroj: EUROSTAT)

Na území kraja sa nachádzajú veľkoplošné chránené územia, ktoré zahŕňajú národné parky a chránené krajinné oblasti. Tieto územia, určené na ochranu a zachovanie vzácnych ekosystémov a organizmov, sú vyznačené na mape (Obr. 3.3) spolu s rozmiestnením najrelevantnejších zdrojov znečistenia ovzdušia.

V súčasnej dobe sa za najrizikovejšie látky vplývajúce na ekosystémy považujú NO_x a SO_2 , ktoré spôsobujú acidifikáciu a eutrofizáciu prostredia, zmeny druhového zloženia vegetácie, stratu citlivých druhov, znižovanie schopnosti odolávania biotickému aj abiotickému stresu, či homogenizáciu vegetácie. Medzi organizmy, ktoré sú najcitlivejšie na depozíciu dusíka, patria niektoré druhy lišajníkov. Depozícia dusíka je považovaná za hlavné riziko pre stratu biodiverzity na veľkom území Európy (Nordin a kol., 2011, Dise a kol., 2011). Citlivé sú predovšetkým biotopy chudobné na živiny ako rašeliniská, vresoviská, slaniská, či vodné ekosystémy. Riziko pre rastliny závisí od schopnosti ich tolerancie voči dusíku (špecifické pre daný druh porastu), koncentrácie v okolitom ovzduší a dĺžke expozície. Vplyv na vegetáciu sa očakáva predovšetkým v tesnom okolí (niekoľko desiatok metrov) frekventovaných ciest (Gadsdon a Power 2009, Will-Wolf 1980). Efekt vplyvu znečistenia ovzdušia na ekosystémy môže byť navyše zosilnený aj depozíciou SO_2 a NO_x z veľkých priemyselných zdrojov znečistenia.

3.3 Zdroje emisií

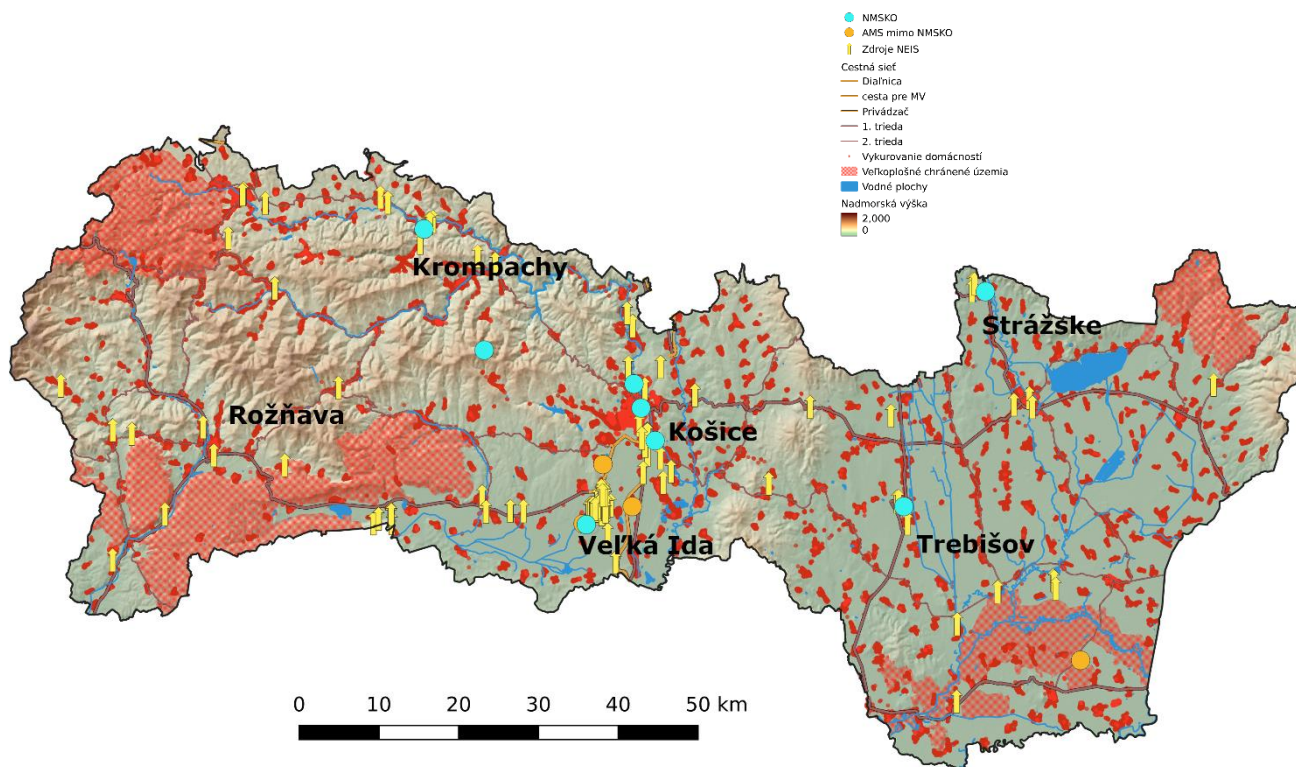
Emisie predstavujú množstvo znečisťujúcej látky, ktoré bolo uvoľnené do prostredia (v tomto prípade do ovzdušia) za určitý čas. Pre účely vypracovania Programu na zlepšenie kvality ovzdušia si zdroje emisií rozdelíme nasledovne:

- Veľké a stredné priemyselné zdroje a zdroje na výrobu tepla a elektrickej energie, evidované v databáze NEIS
- Vykurovanie domácností – lokálne kúreniská
- Cestná doprava

Zdroje súvisiace s vykurovaním sú sezónne. Cestná doprava a väčšina veľkých a stredných zdrojov sú celoročnými zdrojmi. Rôzne stavebné práce sú najťažšie definovanými zdrojmi, pretože sú veľmi premenlivé, trvajú obmedzený čas, sú rôzneho rozsahu a zahŕňajú celú škálu aktivít od ťažkej dopravy, využívania stavebných mechanizmov, búracie a výkopové práce, atď. Pre nedostatok informácií nie sú tieto zdroje zahrnuté v tejto analýze.

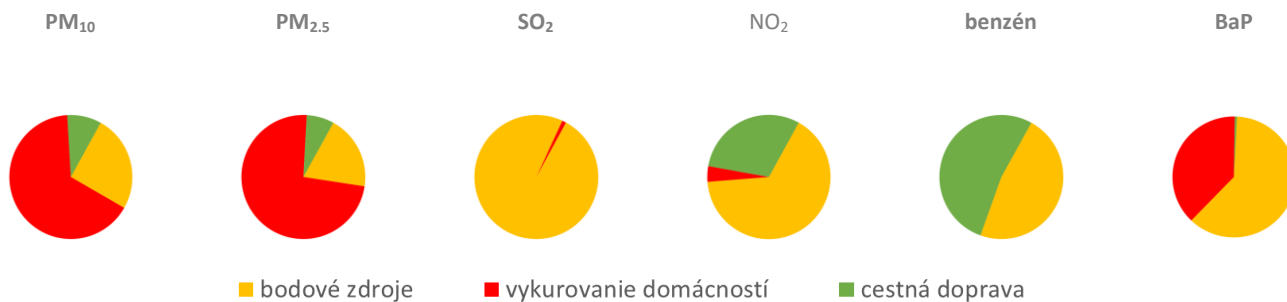
Spoločným problémom emisií z dopravy a lokálnych kúrenísk je vysoká neistota zahrnutá v odhadovaných emisných tokoch. Mapa hlavných zdrojov znečisťovania v Košickom kraji je na **Obr. 3.3**. Na mape sú zobrazené iba tie zdroje, ktorých lokalitu je možné určiť s dostatočnou presnosťou pre potreby modelovania, pričom neobsahuje prírodné zdroje ani zdroje z poľnohospodárstva.

Obr. 3.4 zobrazuje emisie jednotlivých skupín zdrojov a vybraných zdrojov NEIS. Podrobné informácie o emisiách sú v [Správe o emisiách](#) (SHMÚ, 2022) a na [web stránke](#).



Obr. 3.3 Mapa Košického kraja s relevantnými zdrojmi emisií, s vyznačenými veľkoplošnými chránenými územiaми a automatickými monitorovacími stanicami kvality ovzdušia.

Zdrojom emisií PM a benzo(a)pyrénu (BaP) je vykurovanie domácností nepripojených na centrálné zdroje vykurovania a priemyselné zdroje, najmä metalurgický komplex a napokon cestná doprava. Cestná doprava a priemysel majú vysoký podiel na emisiách NO₂ a benzénu. Hlavným zdrojom emisií SO₂ je priemysel a energetika. V prípade emisií benzo(a)pyrénu je najväčším zdrojom priemysel a lokálne vykurovanie.



Obr. 3.4 Porovnanie emisií z rôznych zdrojov v Košickom kraji (bodové zdroje zahŕňajú zdroje NEIS).

3.3.1 Veľké a stredné zdroje znečisťovania (priemysel a energetika)

Ide o bodové zdroje, ktoré sú registrované v databáze NEIS. Možno ich rozdeliť na komíny, výduchy a fugitívne zdroje, (napr. úniky z netesností technologických rozvodov alebo z nádrží, napr. pri čistení odpadových vôd).

Jednou z hlavných charakteristík zdroja znečisťovania je emisný tok (emisie za jednotku času). Ďalšími charakteristikami, ktoré sa rozhodujúcou mierou podieľajú na rozptyle znečisťujúcich látok v ovzduší, sú parametre komínov – výška a priemer komína, teplota a rýchlosť spalín. Častým problémom emisných vstupov sú neúplné údaje o charakteristikách komínov/výduchov a nepresné súradnice. Parametre bodových zdrojov a spalín vstupujúcich do modelov kvality ovzdušia, sú prevzaté z databázy NEIS, niektoré z nich boli dodatočne upresnené prevádzkovateľmi zdrojov.

3.3.2 Cestná doprava

Emisie znečisťujúcich látok z cestnej dopravy zahŕňajú emisie z výfukov, oterov brzd a pneumatík a abráziu vozovky.

Na ich výpočet sa používa emisný model, ktorý počíta emisie na základe intenzít dopravy na jednotlivých cestných komunikáciách, zloženia vozového parku, emisných faktorov pre jednotlivé kategórie vozidiel a odhadovaných časových profilov. Spracovateľom emisných vstupov je Centrum dopravného výzkumu (CDV).

Ako vstup pre modelovanie emisií boli použité dáta s intenzitou dopravy pre základné kategórie vozidiel z roku 2019, škálované na intenzity pre modelový rok. Dopravné intenzity sú alokované na jednotlivé cestné úseky v rámci modelovaných oblastí. Pre samotný výpočet emisií z výfukov a oterov boli využité emisné faktory publikované Európskou environmentálnou agentúrou v EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2016.

3.3.3 Vykurovanie domácností

Emisie z vykurovania domácností sú vypočítané emisným modelom REM_v2 (Krajčovičová a kol., 2020), ktorý počíta emisie s presnosťou na úrovni základných sčítacích jednotiek a priestorovo ich distribuuje na oblasti osídlené rodinnými a bytovými domami. Výsledným produktom sú zdroje emisií v štvorcoch 50m x 50m s výškou zodpovedajúcou priemernej výške budov v príslušnom štvorci (údaje na základe vrstvy ZBGIS).

Vstupnými dátami pre emisný model sú údaje zo Sčítania obyvateľov, domov a bytov (SODB 2021) o počtoch bytov v rodinných a bytových domov s iným ako diaľkovým vykurovaním, využívajúcich ako zdroj energie jednotlivé druhy palív. Tieto údaje sú k dispozícii za základné sčítacie jednotky (ZSJ; každá obec obsahuje 1 alebo viac ZSJ). Uvedená štatistika neobsahuje údaje o vykurovacích zariadeniach ani bližšiu špecifikáciu tuhých palív.

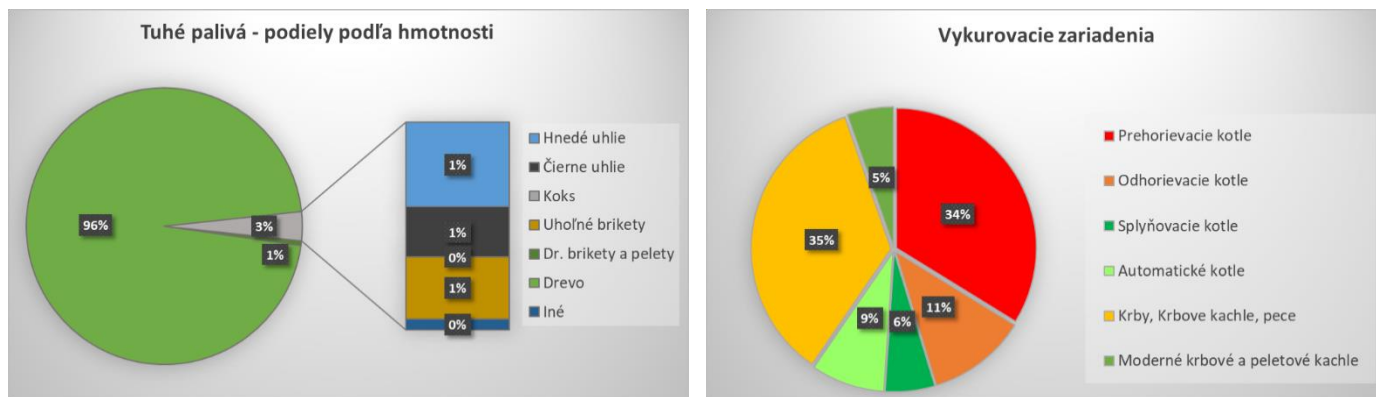
Rozdelenie tuhých palív a vykurovacích zariadení pre každú ZSJ bolo vypočítané na základe zistení podielov tuhých palív a zariadení z prieskumov v roku 2017 a 2019. Tieto prieskumy boli vykonané na štatistickej vzorke rodinných domov, ktoré uviedli v SODB 2011 vykurovanie tuhým palivom. Výsledné dáta sú vo forme podielov palív a zariadení zodpovedajúce štatistickým priemerom za jednotlivé kraje (Zemko a kol., 2020).

Emisný model pre kúreniská počíta s predpokladom, že zloženie palivovej základne a využívaných vykurovacích zariadení je rovnaké ako priemerné zastúpenie palív a zariadení v Košickom kraji, ktoré však bolo zisťované na pomerne malej štatistickej vzorke domácností. Vzhľadom na to, že priestorové rozloženie rôznych palív a zariadení v obci nám nie je známe, v modeli sa používa predpoklad, že každý dom vykuruje zariadeniami a palivami v percentuálnom zložení tuhých palív a zariadení podľa spomínaného prieskumu. Rozloženie koncentrácií bude odlišné, ak niektorá časť obce vykuruje hlavne tuhým palivom a zariadeniami s vysokými emisiami, zatiaľ čo v inej časti prevláda vykurovanie plynom.

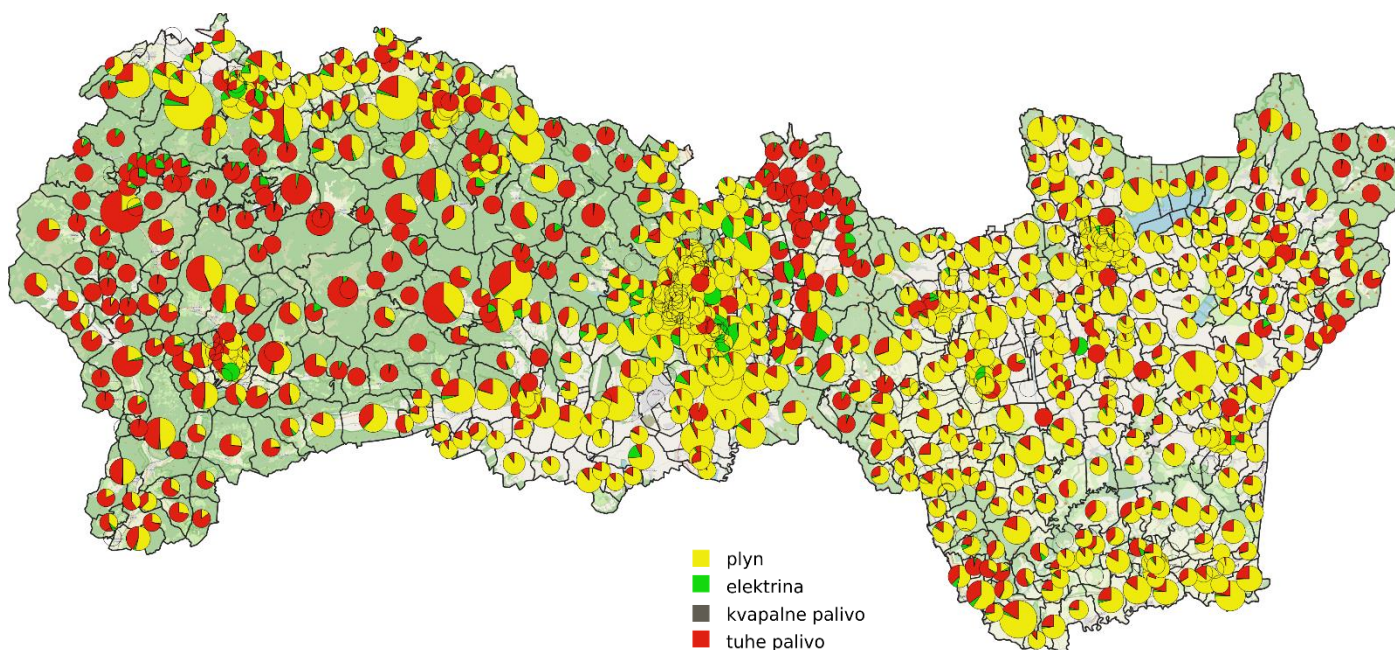
Na základe spomínaného štatistického prieskumu je možné konštatovať, že domácnosti, ktoré vykurojú tuhým palivom, používajú v Košickom kraji pravdepodobne z veľkej väčšiny palivové drevo a medzi vykurovacími zariadeniami prevažujú prehorievacie a odhorievacie kotle s vysokými emisiami (**Obr. 3.5**).

Obr. 3.6 ukazuje podiely jednotlivých palív na vykurovaní rodinných domov za jednotlivé obce Košickom kraji, pričom vidno, že priestorové rozloženie palivovej základne pre domáce kúreniská nie je geograficky homogénne. V západnej časti prevládajú tuhé palivá, v Košiciach a okolí a vo východnej časti sa vo veľkej miere využíva na vykurovanie plyn.

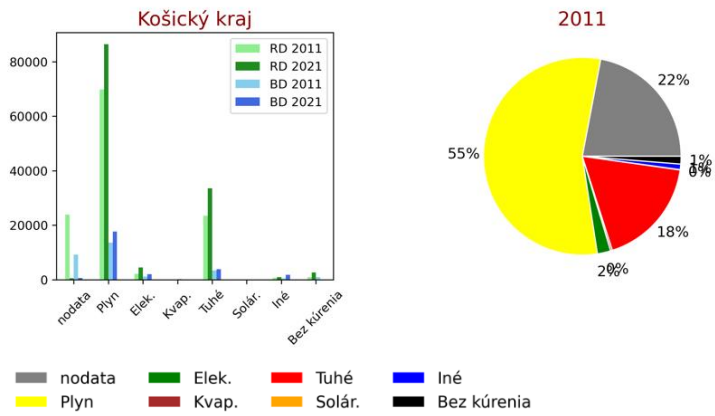
Údaje o vykurovaní bytov a domov, ktoré nie sú napojené na centrálny zdroj vykurovania, a teda nespĺňajú parametre stredného zdroja NEIS, sú veľkým zdrojom neistôt, pretože okrem údajov zo SODB 2021 neexistuje žiadna systematická databáza s údajmi o tomto dôležitom zdroji emisií. Okrem toho, situácia sa počas energetickej krízy zmenila, na kvantifikáciu tejto zmeny zatiaľ nie sú podklady.



Obr. 3.5 Zloženie tuhých palív a spaľovacích zariadení v Košickom kraji podľa štatistického prieskumu v roku 2019.



Obr. 3.6 Podiely rodinných domov využívajúce jednotlivé druhy palív (SODB, 2021). Veľkosti krúžkov sú úmerné počtu rodinných domov v obci. V grafoch nie sú zahrnuté podiely solárnych a iných palív, vzhľadom na ich zanedbateľný počet.



Obr. 3.7 Porovnanie palivovej základne pre vykurovanie rodinných a bytových domov zistených v SODB 2011 a SODB 2021.

4 HODNOTENIE ZNEČISTENIA OVZDUŠIA V ZÓNE

Pre účely hodnotenia kvality ovzdušia je územie Slovenska rozdelené na zóny a aglomerácie (https://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=oko_info_az). Územie Košického kraja zahŕňa aglomeráciu Košice (územie mesta Košice a obcí Bočiar, Haniska, Sokolany a Veľká Ida) a zónu Košický kraj (Košický kraj bez aglomerácie Košice).

Z hľadiska hodnotenia kvality ovzdušia podľa Zákona č. 146/2023 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov (ďalej len zákon o ovzduší) sú rozhodujúce merania koncentrácií znečisťujúcich látok na monitorovacích staniciach v sieti NMSKO. Poloha všetkých monitorovacích staníc je vyznačená na mape na **Obr. 3.3**. Ich merací program a ostatné relevantné údaje možno nájsť v Prílohe A k [Správe k správe o kvalite ovzdušia v Slovenskej republike](#). Napriek rozšíreniu siete NMSKO, ku ktorému došlo v posledných rokoch, nie je možné pokryť monitorovacími stanicami všetky oblasti, v ktorých hrozí riziko prekročovania limitných hodnôt niektorých znečisťujúcich látok. Z tohto dôvodu sa ukázalo vymedzenie oblastí riadenia kvality ovzdušia len na základe údajov z monitorovacích staníc ako nepostačujúce, keďže znevýhodňuje obyvateľov oblastí bez monitorovacích staníc v ich nároku na uplatnenie práva na čisté ovzdušie vo forme opatrení na zlepšenie kvality ovzdušia. Ministerstvo životného prostredia na základe konzultácií s SHMÚ preto rozhodlo vymedziť obce so zhoršenou kvalitou ovzdušia na základe metodiky², zahŕňajúcej okrem dát z NMSKO všetky dostupné údaje o kvalite ovzdušia a zdrojoch znečisťovania ovzdušia. Na základe tejto metodiky boli obce rozdelené podľa stupňa závažnosti na nerizikové (stupeň 0) a rizikové so stupňami závažnosti 1, 2 a 3.

Opatrenia na zníženie emisií musia byť vykonané vo všetkých obciach v zóne, či aglomerácii, ktorých rizikový stupeň je 2 alebo 3 takým spôsobom, aby nedošlo prekročovaniu limitných a cieľových hodnôt koncentrácií látok uvedených v nasledujúcej podkapitole. Mapa ohrozených obcí spolu s oblasťami, na ktorých bolo vykonané modelovanie s vysokým rozlíšením (popísané v 4.3), je na **Obr. 4.1**.

4.1 Relevantné znečisťujúce látky

Na základe zákona o ovzduší je kvalita ovzdušia hodnotená vzhľadom na limitné hodnoty koncentrácií nasledujúcich znečisťujúcich látok: suspendované častice PM₁₀, PM_{2,5}, oxid dusičitý, ozón, benzo(a)pyrén, benzén a oxid siričitý. Okrem týchto znečisťujúcich látok sa podľa zákona o ovzduší hodnotia aj ťažké kovy (olovo, arzén, kadmium a nikel). V **Tab. 4.1** sú uvedené limitné hodnoty, ktoré boli podľa európskej legislatívy implementované do legislatívy SR (Zákon č. 146/2023 Z. z. o ochrane ovzdušia, Vyhláška MŽP SR č. 250/2023 Z. z. o kvalite ovzdušia).

Tab. 4.1 Limitné a cieľové hodnoty pre jednotlivé znečisťujúce látky

	SO ₂	SO ₂	SO ₂ ^v	NO ₂	NO ₂	NO _x ^v	PM ₁₀	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	O ₃	BaP	benzén	Pb	As	Cd	Ni
Priemerované obdobie	1h	24h	1r, ^{v1}	1h	1r	1r	24h	1r	1r	8h (max.)	1r	1r	1r	1r	1r	1r	1r
Limitná hodnota* (µg.m ⁻³)	350 (24)	125 (3)	20	200 (18)	40	30	50 (35)	40	20	10 000	120 (25) v priemere za 3 roky	1**	5	500**	6**	5**	20**

¹ zimné obdobie (1. október – 31. marec)

* povolený počet prekročení je uvedený v zátvorkách, As, Ni, Cd, BaP a O₃ majú stanovenú cieľovú hodnotu

^v kritické úrovne pre ochranu vegetácie

**ng.m⁻³

Poznámka: Limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu PM_{2,5} je od roku 2020 znížená na 20 µg.m⁻³

4.2 Výsledky monitoringu kvality ovzdušia

Časové rady údajov nameraných v Košickom kraji sú na [web stránke](#).

V Aglomerácii Košice sú 4 monitorovacie stanice kvality ovzdušia. Stanica Košice, Štefánikova odráža vplyv cestnej dopravy, monitorovacia stanica Košice, Amurská charakterizuje mestské pozadové znečistenie. Monitorovacia stanica Košice, Ďumbierska charakterizuje predmestskú lokalitu, monitoruje iba prízemný ozón. Monitorovacia stanica vo

²Štefánik, D., Krajčovičová, J.: Metóda integrovaného posúdenia obcí vzhľadom na riziko nepriaznivej kvality ovzdušia. SHMÚ, 2023. dostupné: https://www.shmu.sk/File/oko/studie_analyzy/Metodika_final_v2.pdf

Veľkej Ide odráža vplyv priemyselnej činnosti a čiastočne aj vykurovanie domácností. Nachádza sa v blízkosti železničnej stanice na zatrávnenom otvorenom priestranstve na juhovýchodnom okraji obce. Severovýchodným smerom od stanice sa nachádza metalurgický komplex s výrobou železa, ocele a koksu (areál U. S. Steel), na juhovýchod od stanice je zväčša zatrávnená halda, ktorá je aktívne používaná pri zavážaní aj získavaní materiálu.

K prekročovaniu limitnej hodnoty pre PM dochádza na monitorovacej stanici vo Veľkej Ide. Okrem roku 2020 bola na tejto stanici každoročne prekročovaná limitná hodnota pre priemernú dennú koncentráciu PM₁₀, limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu PM_{2,5} a cieľová hodnota pre BaP.

V zóne Košický kraj sú štyri monitorovacie stanice. V Krompachoch je mestská dopravná stanica a stanica v Strážskom odráža mestské pozadové znečistenie. V roku 2020 pribudla predmestská pozadová monitorovacia stanica v Trebišove.

Regionálna (vidiecka) pozadová stanica na Kojšovskej holi sa nachádza pri radarovom pracovisku v nadmorskej výške 1232 m n. m.

V zóne Košický kraj je každoročne prekročovaná cieľová hodnota pre BaP na monitorovacej stanici v Krompachoch. Je pravdepodobné, že hoci je táto stanica kategorizovaná ako mestská dopravná, prejavuje sa týmto prípade najmä vykurovanie domácností.

Okrem spomenutých monitorovacích staníc, ktoré patria do siere NMSKO, sú v Košickom kraji monitorovacie stanice, ktoré prevádzkuje U.S Steel (v obciach Veľká Ida, Haniska a Poľov) a Slovenské elektrárne, a. s. (Leles). Poloha staníc je na **Obr. 3.3** (značky staníc vo Veľkej Ide na mape splývajú, monitorovacia stanica U. S. Steel je bližšie k priemyselnému komplexu).

Monitorovacie stanice sú málopočetné, pričom majú obmedzenú priestorovú reprezentatívnosť. Na základe rozmiestnenia emisných zdrojov, orografie, klimatických charakteristík a ďalších faktorov je zrejmé, že zhoršená kvalita ovzdušia sa vyskytuje aj na iných miestach, kde sa monitorovacie stanice nenachádzajú. Z uvedeného dôvodu je potrebné chrániť zdravie obyvateľov a ekosystémov aj na týchto miestach realizáciou príslušných opatrení na zníženie emisií. Merania z monitorovacích staníc navyše neobsahujú informáciu o príspevkoch jednotlivých skupín zdrojov, prípadne regionálneho pozadia. Hodnotenie kvality ovzdušia je preto nutné dopĺňať aj inými dostupnými metódami – matematickým modelovaním kvality ovzdušia.

4.3 Výsledky modelovania a analýza situácie

Celkové zhodnotenie zóny

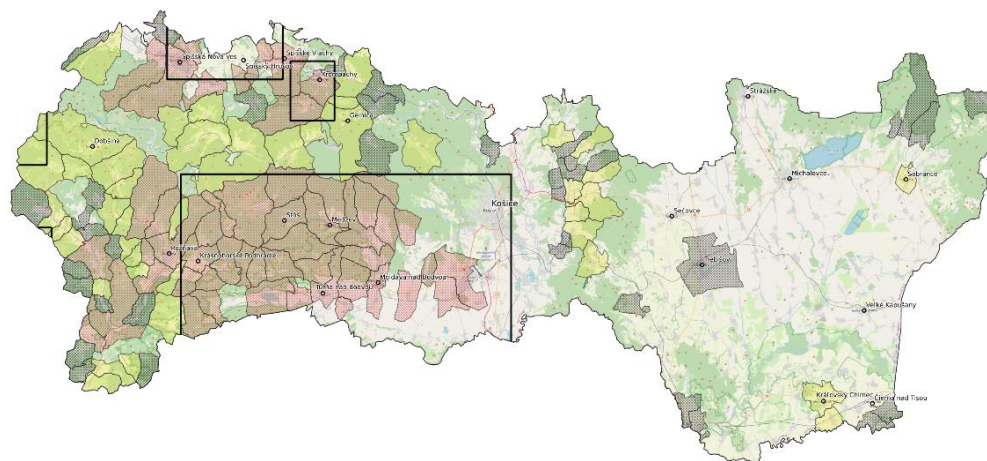
Pre každoročné zhodnotenie koncentrácií znečisťujúcich látok v rámci celej SR používame interpolačno-regresný model [RIO](#) následne upraveným metódou IDW-R. Koncentrácie a ich rozloženie sú však silne ovplyvnené klimatickou charakteristikou daného roka (priemerné a minimálne teploty v zime, charakter prúdenia daný prevládajúcimi tlakovými útvarmi, a pod). Modelovanie je navyše zaťažené vyššou neurčitosťou ako merania, čo je dané hlavne neistotami vo vstupných dátach (emisných a meteorologických). Modelovanie sa vykonáva pre územie celej SR s priestorovým rozlíšením 1 km, a preto nedokáže zachytiť priestorové maximá koncentrácií vyskytujúcich sa v tesnej blízkosti zdrojov emisií. Pri posudzovaní a zaraďovaní obcí do oblastí riadenia kvality ovzdušia výlučne na základe modelovania regionálnym modelom pre konkrétny rok by nevyhnutne dochádzalo k medziročným fluktuáciám. Za účelom určenia rizikových oblastí je preto vhodnejšie použiť kombináciu dát, zahŕňajúcich jednak výstupy regionálnych modelov, ale aj iných dát, ako sú napr. údaje o počte domov využívajúcich na vykurovanie tuhé palivo. Táto *metóda integrovaného posúdenia* je podrobne popísaná [tu](#), pričom výsledná mapa rizikových obcí pre zónu Košického kraja je na **Obr. 4.1**. Pre porovnanie, na **Obr. 4.2** je mapa prekročení jednej alebo viacerých znečisťujúcich látok len na základe modelovania modelom [RIO-IDWR](#) pre rok 2021. Ako vidno, mapa rizikových oblastí zahŕňa viac obcí a je teda konzervatívnejšia. Pre podrobnejšie overenie boli vybrané v rámci zóny 3 domény, v ktorých bolo vykonané modelovanie s vysokým priestorovým rozlíšením kombináciou modelov [CALPUFF](#) a [ATMOSTREET](#) pre rok 2021. Doména Spiš leží čiastočne na území Prešovského kraja. Doména Košice je netypicky veľká, z dôvodu možného vplyvu metalurgického komplexu na široké okolie, s prihliadnutím na charakter prevládajúceho prúdenia.

Model CALPUFF bol použitý pre modelovanie lokálnych kúrenísk a zdrojov NEIS, modelom ATMOSTREET, ktorý berie do úvahy aj obmedzený rozptyl v kaňonoch ulíc, bol vypočítaný príspevok cestnej dopravy. Pozadové hodnoty boli

použitie z modelu RIO-IDWR (pre PM_{10} , $PM_{2,5}$, NO_2). Pre BaP boli ako pozadie použité namerané hodnoty z regionálnej stanice EMEP Stará Lesná. Podrobné výsledky modelovania vo forme máp a grafov si možno pozrieť [tu](#).

Prekračovanie limitných hodnôt podľa legislatívy platnej v súčasnosti

Modelovanie regionálnym modelom RIO-IDWR pre rok 2021, ako aj pre predchádzajúce roky, indikuje ako najproblematickejšie znečisťujúce látky hlavne BaP, a potom PM_{10} a $PM_{2,5}$. Keďže počet staníc NMSKO merajúcich koncentrácie BaP je relatívne nízky v porovnaní so stanicami merajúcimi PM, mapy koncentrácií BaP z modelu RIO-IDWR sú zaťažené pomerne vysokou neistotou, obzvlášť v oblastiach so slabým pokrytím monitorovacích staníc.

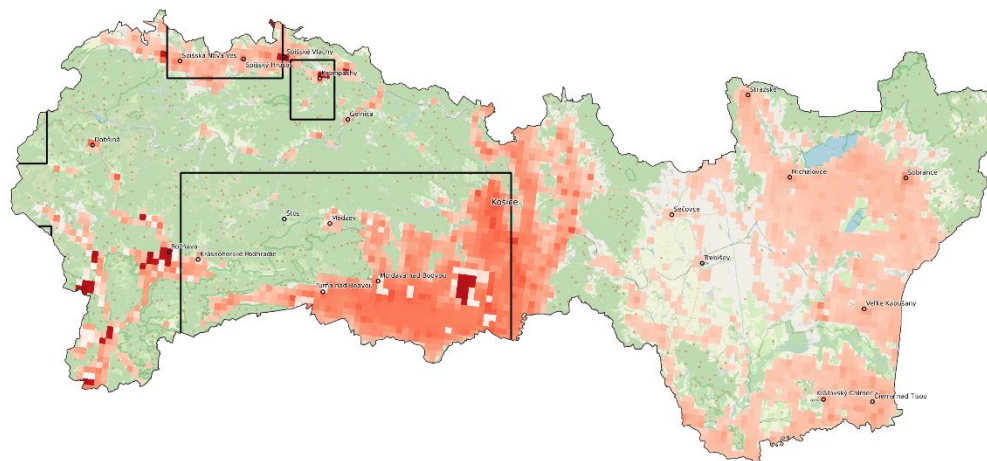


Domény³ zahrnuté do modelovania s vysokým priestorovým rozlíšením: Košický kraj: Košice Krompachy Spiš

Čiastočne sem zasahujú domény zo susediacich krajov

Stupne rizika zhoršenej kvality ovzdušia:
 1
 2
 3

Obr. 4.1 Košický kraj s vyznačenými katastrami obcí zaradených medzi oblasti riadenia kvality ovzdušia na základe metódy integrovaného posúdenia. Čiernymi obdĺžnikmi sú označené domény modelované modelmi s vysokým priestorovým rozlíšením.



Obr. 4.2 Oblasti prekročenia limitných hodnôt pre PM_{10} , $PM_{2,5}$ a BaP v zóne Košický kraj na základe modelovania regionálnym modelom RIO-IDWR pre rok 2021 (vyššia intenzita červenej indikuje relatívne vyššie prekročenie).

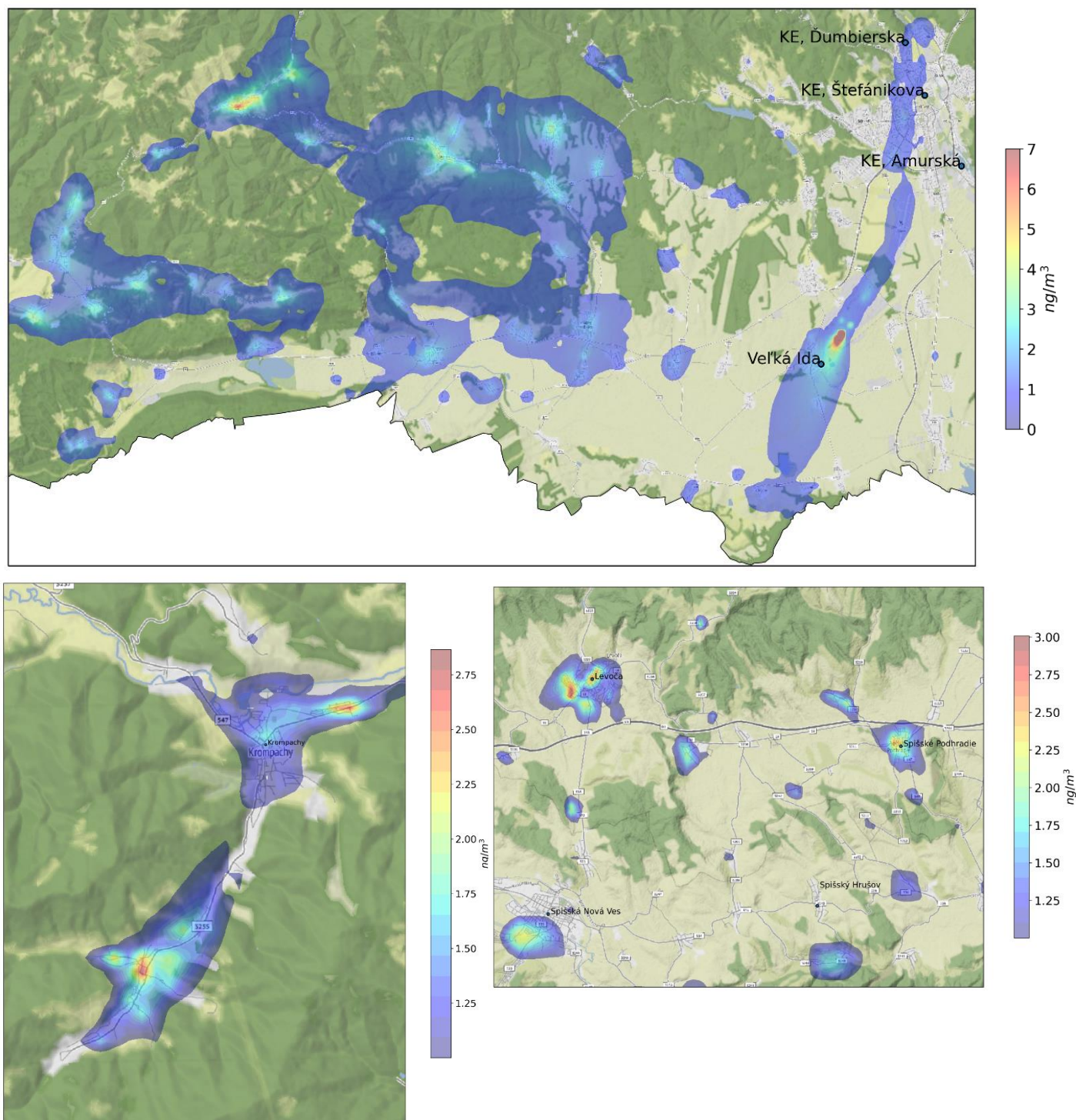
Ako vidno na Obr. 4.3, modelovanie s vysokým rozlíšením vo vybraných oblastiach potvrdzuje, že cieľová hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu BaP je prekračovaná na pomerne rozsiahlych územiach tam, kde sa vo vyššej miere využíva na vykurovanie tuhé palivo, ktorým je v prípade Košického kraja hlavne drevo. Takéto oblasti sa nachádzajú v každej z vybraných domén.

Limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu $PM_{2,5}$ je podľa výsledkov modelovania prekračovaná v aglomerácii Košice aj v zóne Košický kraj. Limitné hodnoty pre priemerné ročné koncentrácie PM_{10} ani NO_2 neboli

³ Doménou rozumieme výpočtovú oblasť pre modelovanie s vysokým rozlíšením modelom CALPUFF.

v posledných rokoch prekročené na žiadnej z monitorovacích staníc NMSKO. Modelovanie s vysokým rozlíšením indikuje prekročenia priemernej ročnej hodnoty NO₂ na územiach lokalizovaných v tesnej blízkosti hlavných cestných ťahov.

Podrobné mapy pre všetky modelované oblasti a znečisťujúce látky možno nájsť [tu](#). Modelovanie počtu prekročení denných limitných hodnôt je síce teoreticky možné, ale extrémne nepresné. Počet prekročení značne koreluje s priemernou ročnou koncentráciou PM na danom mieste, avšak parametre korelácie sú zvyčajne špecifické pre konkrétne miesto, resp. stanicu. V oblastiach s vysokými priemernými ročnými koncentraciami PM₁₀ a PM_{2,5} je preto aj predpoklad výskytu vysokého počtu prekročení denných hodnôt PM₁₀.



Obr. 4.3 Priemerné ročné hodnoty koncentrácií BaP presahujúce cieľovú hodnotu 1 ng.m⁻³ vo vybraných oblastiach zóny, modelovaných pomocou modelov s vysokým rozlíšením.

Na **Obr. 4.4** a **Obr. 4.5** sú zobrazené príspevky jednotlivých skupín zdrojov ku koncentráciám BaP a PM_{2,5} na staniciach NMSKO, spolu s nameranými hodnotami koncentrácií na staniciach. Vidno, že na všetkých staniciach dochádza k určitému podhodnoteniu koncentrácií modelom. K najvýraznejšiemu podhodnoteniu dochádza v prípade BaP na stanici Veľká Ida, kde sú zaznamenané najvyššie koncentrácie BaP v rámci celej NMSKO. Podhodnotenie BaP je však výrazné aj v Krompachoch. Najpravdepodobnejšou príčinou je podhodnotenie zdrojov emisií, hoci meteorologické vstupy a ich spracovanie modelom môžu mať tiež významný podiel na neurčitosti. Podhodnotenie vypočítaných koncentrácií znečisťujúcich látok, ktoré existuje v menšej či väčšej miere na všetkých staniciach NMSKO, indikuje predpoklad, že aj mapy koncentrácií sú pravdepodobne do istej miery podhodnotené a teda oblastí s prekročeniami je v skutočnosti viac, resp. môžu byť plošne výraznejšie.

V súčasnosti sa pripravuje nová európska [Smernica o kvalite ovzdušia](#), ktorá podstatne sprísňuje v súčasnosti platné limitné hodnoty pre väčšinu znečisťujúcich látok. Tieto prísnejšie limity bude potrebné splniť do roku 2030. Programy na zlepšenie kvality ovzdušia by mali preto počítať so sprísnením požiadaviek na kvalitu ovzdušia. Z toho dôvodu sme vyhodnotili modelované koncentrácie aj vzhľadom na navrhované nové limity. Mapy prekročení navrhovaných limitov, spolu s porovnaním prekračovania aktuálnych limitov pre všetky domény možno nájsť [tu](#).

Najmenej problematickou znečisťujúcou látkou pre budúcnosť sa javí NO₂, ktorého limitné hodnoty sú prekračované v súčasnosti len v tesnej blízkosti ciest pri hlavných ťahoch v Košiciach, v súvislosti so sprísnením limitnej hodnoty bude však tento problém o niečo výraznejší.

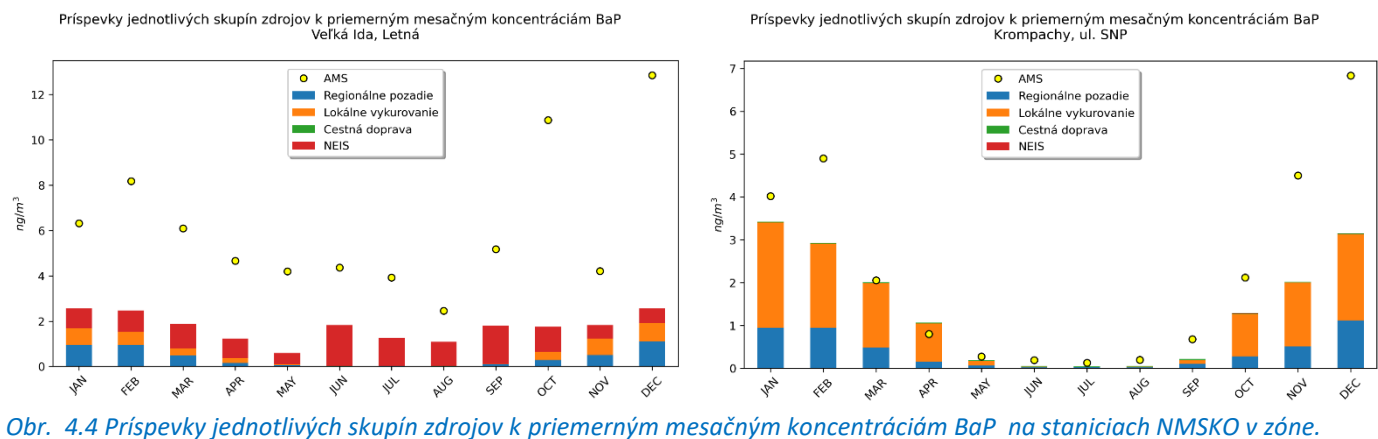
V prípade PM₁₀ a PM_{2,5} je už situácia značne odlišná. Zatiaľ čo súčasné priemerné ročné hodnoty koncentrácií PM₁₀ nie sú prekračované prakticky v žiadnej z modelovaných domén, o polovicu prísnejšia budúca limitná hodnota 20 µg.m⁻³ by bola prekročená v Krompachoch, obciach Turnianskej doliny, doliny rieky Bodvy, južného Spišu, Slovenského Krasu, ale aj v centre Košíc pri hlavných cestných ťahoch, a tiež v časti obce Veľká Ida. Priemerná ročná hodnota koncentrácií PM_{2,5} je v súčasnosti prekračovaná na relatívne obmedzených územiach hlavne v časti obcí vykurojúcich tuhými palivami. Nová navrhovaná limitná hodnota 10 µg.m⁻³ by bola prekročená prakticky na celom obývanom území Košického kraja.

Navrhovaná smernica tiež sprísňuje počet prekročení dennej limitnej koncentrácie PM₁₀ na 18 oproti súčasným 35 za rok, pričom priemernú dennú hodnotu koncentrácie znižuje z 50 na 45 µg.m⁻³. Zároveň zavádza aj limitnú hodnotu priemernej dennej koncentrácie PM_{2,5} 20 µg.m⁻³, ktorú tiež nebude možné prekročiť viac ako 18 krát za rok. Tieto nové limity bude veľmi ťažké splniť hlavne vo Veľkej Ide, kde stále dochádza k vysokému počtu prekročení už súčasnej dennej limitnej hodnoty PM₁₀.

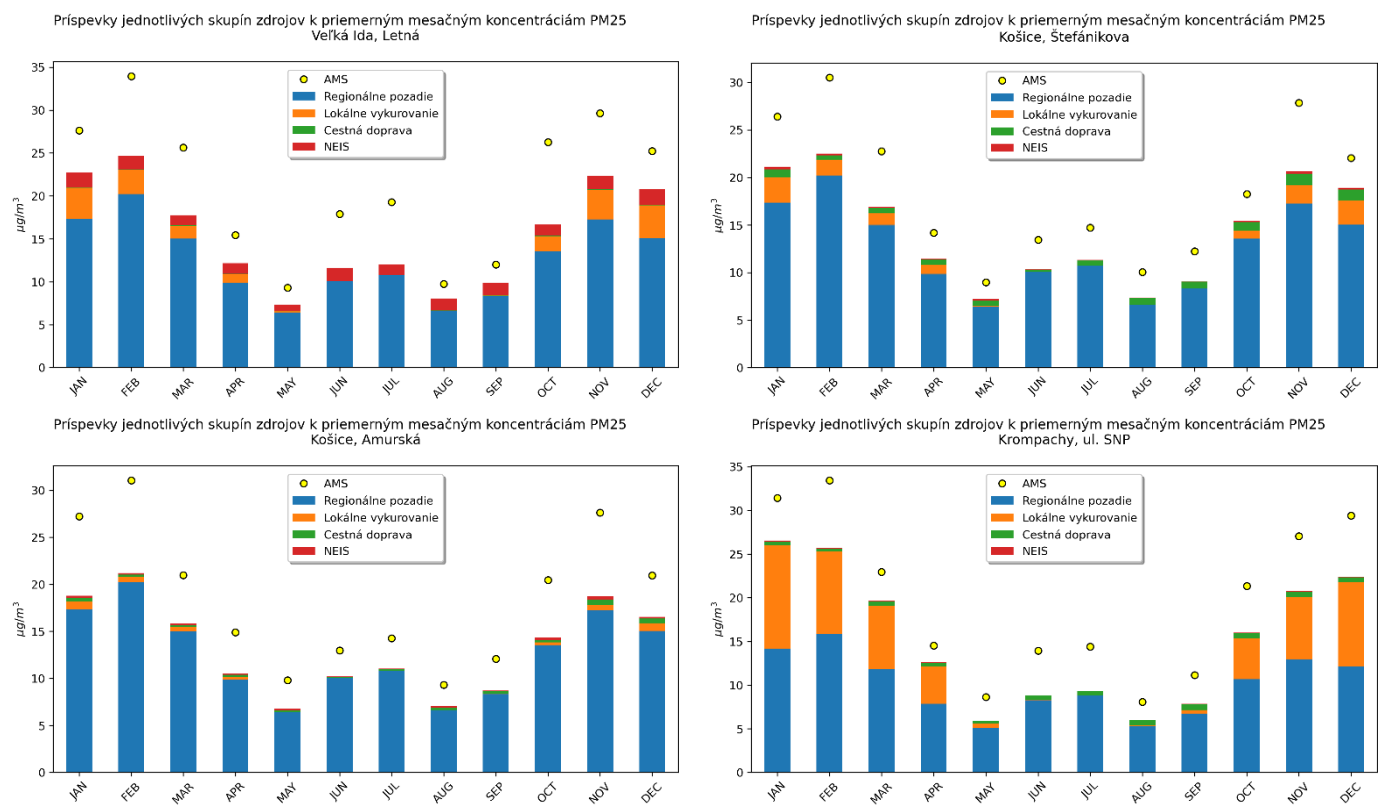
Analýza príspevkov jednotlivých skupín zdrojov k celkovým koncentráciám

Modelovanie s vysokým rozlíšením na priestorovo obmedzenej doméne logicky môže zahŕňať iba emisné zdroje nachádzajúce sa vo vnútri domény. Tzv. pozadie, ktoré prichádza do domény z jej blízkeho aj vzdialeného okolia je potrebné tiež nejakým spôsobom kvantifikovať, a tieto hodnoty pripočítať ku koncentráciám vypočítaným modelmi s vysokým rozlíšením. V našom prípade sme ako pozadie brali hodnoty priemerných denných koncentrácií vypočítaných regionálnym modelom RIO vo vybranom bode v bezprostrednej blízkosti hranice domény, ktorého poloha bola určená odborným odhadom na základe polohy domény a konfigurácie terénu a emisných zdrojov v jej okolí. V prípade BaP je model RIO zaťažený dosť veľkou neurčitosťou, preto sme ako pozadie uprednostnili namerané hodnoty koncentrácií na stanici EMEP Stará Lesná (tento prístup je možné použiť aj z toho dôvodu, že koncentrácie BaP sú na rozdiel od PM podmienené takmer úplne spaľovaním a na regionálnych staniciach sú ich hodnoty priestorovo relatívne homogénne). Keďže porovnávať s hodnotami koncentrácií nameraných na staniciach NMSKO môžeme len celkové koncentrácie (pozadie plus lokálne príspevky), nevieme žiadnym spôsobom overiť, či sú príspevky jednotlivých skupín zdrojov určené správne, resp. nakoľko je podhodnotený príspevok lokálnych zdrojov oproti pozadiu.

Príspevky jednotlivých skupín zdrojov možno vyhodnotiť buď na nejakom konkrétnom mieste, napríklad v miestach staníc NMSKO, alebo vo forme máp príspevkov jednotlivých skupín zdrojov, ktoré sú uvedené pre každú oblasť [tu](#). Na tomto mieste možno tiež nájsť grafy príspevkov na staniciach NMSKO pre všetky znečisťujúce látky.



Obr. 4.4 Príspevky jednotlivých skupín zdrojov k priemerným mesačným koncentráciám BaP na staniciach NMSKO v zóne.



Obr. 4.5 Príspevky jednotlivých skupín zdrojov k priemerným mesačným koncentráciám PM_{2,5} na staniciach NMSKO v zóne.

Grafy pre BaP a PM_{2,5} sú tiež na Obr. 4.4 a Obr. 4.5 (grafy pre PM₁₀ majú veľmi podobný priebeh ako pre PM_{2,5}). Na monitorovacej stanici v Krompachoch majú v zimných mesiacoch vysoký príspevok ku koncentráciám BaP aj PM lokálne kúreniská. Z grafu vidno že dochádza k pomerne výraznému podhodnoteniu vypočítaných koncentrácií. V tomto prípade je možné, že je do určitej miery podhodnotený aj pozadie, keďže západne v tesnej blízkosti okraja domény sa nachádzajú Spišské Vlasy s vysokým zastúpením lokálnych kúrenísk na tuhé palivo. Je tiež pravdepodobné, že do určitej miery sú podhodnotený aj emisie z lokálnych kúrenísk priamo v Krompachoch.

Zložitejšia situácia je vo Veľkej Ide, kde sú konzistentne každoročne namerané vysoké koncentrácie BaP, a to nielen v zimných mesiacoch, ale počas celého roka. Už skutočnosť, že vysoké koncentrácie BaP sa merajú aj v letných mesiacoch, poukazuje na ďalší silný zdroj BaP okrem lokálneho vykurovania. Výpočty modelu CALPUFF s vysokým priestorovým rozlíšením zahŕňajú zdroje z dopravy, lokálnych kúrenísk a priemyselné zdroje s emisiami z databázy NEIS. Ako vidno z Obr. 4.4, koncentrácie BaP vypočítané modelmi sú vo Veľkej Ide silne podhodnotený. Toto podhodnotenie môže byť spôsobené z časti neurčitostami zahrnutými v samotnom modelovaní, väčšia časť je zrejme spôsobená podhodnotením emisií, a to najmä z priemyselných zdrojov nachádzajúcich sa v areáli US Steel. Podrobná analýza nameraných hodnôt v závislosti od prúdenia a lokálnych emisných zdrojov je uvedená v Prílohe. Vyplyva z nej, že emisie BaP, ale aj PM z areálu US Steel sú podhodnotený. V databáze NEIS nie sú zahrnuté niektoré zdroje prašnosti v podobe skládok materiálu vo vnútri areálu na JZ strane najbližšej k monitorovacej stanici, odkiaľ v prípade vyšších

rýchlostí vetra dochádza k veternej erózii a prenosu za hranice areálu k obci Veľká Ida. BaP z US Steel zdrojov uvedených v databáze NEIS pochádza z veľkej väčšiny z objektov koksárne. Spôsob kvantifikácie týchto emisií nemáme k dispozícii. Podľa SODB 2021 z celkových 565 domov v obci iba 94 využíva na vykurovanie tuhé palivo. Rozptylové podmienky v tejto oblasti sú relatívne priaznivé, a k epizodám veľmi vysokých koncentrácií BaP dochádza aj v letnej sezóne, kedy sa nevykuruje. Keďže sa v blízkom okolí nenachádza žiadny iný zdroj emisií BaP, všetky indície poukazujú na areál US Steel ako najpravdepodobnejší zdroj najviac prispievajúci k vysokým koncentráciám BaP a PM₁₀.

V rámci aglomerácie Košice sa nachádzajú ešte dve stanice monitorujúce PM priamo v meste na Štefánikovej ulici (klasifikovaná ako dopravná stanica) a na Amurskej ul. (mestská pozadová). Napriek klasifikácii Štefánikovej ako dopravnej stanice, podľa modelovania sa viac ako doprava podieľajú na koncentráciách PM lokálne kúreniská. Na oboch staniaciach sa podľa modelovania javí vplyv priemyselných zdrojov NEIS ako zanedbateľný. Vzhľadom na podhodnotenie vypočítaných koncentrácií, a už zmienené možné podhodnotenie emisií z areálu US Steel, je pravdepodobné, že príspevok z tohto komplexu je v realite vyšší. Na mapke priemerných ročných koncentrácií BaP na **Obr. 4.3**, ako aj na mapách zobrazujúcich PM a NO₂ publikovaných na webe je vidno, že mesto leží priamo vo vlečke z areálu US Steel.

Podiel jednotlivých skupín emisných zdrojov je v priestore premenlivý. V doménach Krompachy, južný Spiš aj v Turnianskej doline a v obciach Slovenského krasu vidíme hlavné maximá koncentrácií v miestach lokálnych kúrenísk. Veľká Ida je špecifická silným vplyvom areálu US Steel, ale aj nie zanedbateľným podielom lokálnych kúrenísk. V meste Košice je v okolí hlavných cestných ťahov pomerne silný vplyv dopravy a hlavne v severnej a západnej časti mesta vidno aj vplyv lokálnych kúrenísk.

Regionálne pozadie

Regionálne pozadie má najväčší vplyv v prípade PM. Súčasťou tohto pozadia je prenos zo susedných regiónov, ale aj vzdialenejších oblastí, príkladom čoho sú napr. epizódy prenosu prachu zo suchých oblastí (okrem prenosu prachu z oblasti Sahary sa vyskytla aj epizóda prenosu od Kaspického mora a v minulosti sa vyskytla aj epizóda súvisiaca s prenosom prachu z ukrajinskej černoze). Tieto situácie sa vyskytujú niekoľkokrát za rok v zimnom aj letnom období. V tomto prípade ide hlavne o hrubšiu frakciu PM₁₀. V južnej časti kraja môže dochádzať k cezhraničnému prenosu do Maďarska, ale aj naopak. Treba si však uvedomiť, že počas stagnujúcich inverzných situácií, kedy dochádza k veľmi slabej výmene vzduchu medzi znečistenou vrstvou pod inverziou a prevládajúcim prúdením vo vyšších vrstvách, efektívnemu regionálnemu prenosu v úzkych dolinách rieky Bodvy a južného Spiša zabraňujú okolité hrebene hôr. Podiel znečistenia pôvodom z iných regiónov na lokálnych koncentráciách PM je v takýchto situáciách nízky.

Projekcie možných opatrení na zníženie koncentrácií BaP a PM

Z predchádzajúcej analýzy vyplýva, že opatrenia je potrebné smerovať hlavne do dvoch sektorov: sektora lokálnych kúrenísk v prípade obcí a miest s vysokými koncentráciami BaP (Krompachy, južný Spiš, dolina rieky Bodvy, a pod) a do opatrení na zníženie emisií BaP a PM z areálu US Steel.

Zníženie emisií z lokálnych kúrenísk je možné dosiahnuť viacerými spôsobmi, najúčinnnejšie z nich sú zmena palivovej základne a výmena zastaraných vysoko-emisných vykurovacích zariadení za moderné nízko-emisné. Zmena palivovej základne môže nastať prechodom na iný zdroj energie – napríklad plyn alebo elektrinu, alebo využitím kvalitných palív s nižšími emisiami, ako sú dôkladne vysušené palivové drevo, drevené pelety alebo brikety. Ďalším efektívnym opatrením môže byť zníženie energetickej náročnosti domácností. Prvý spôsob prechodu na plyn alebo elektrinu je v súčasnej situácii finančne náročný a najmenej realistický, keďže vyžaduje okrem počiatočnej investície do nových zariadení aj permanentne vyššie poplatky za samotný zdroj energie. Preto sme sa pri analýze možných opatrení zamerali na ďalšie dve spomenuté možnosti – výmenu zariadení a palív.

Modelovanie sme vykonali pre dva scenáre:

- Scenár 1 - ("realistický") - výmena polovice odhorievacích a prehorievacích kotlov za splyňovacie, pri zachovaní podielu použitých palív. Tento scenár navyše počíta s tým, že všetko palivové drevo bude vysušené (na rozdiel od referenčného stavu, ktorý zahŕňal podiel mokrého a suchého dreva v pomere 45% a 55%).
- Scenár 2 - ("ideálny") - výmena všetkých prehorievacích a odhorievacích kotlov za automatické a náhrada všetkých tuhých palív za suché drevo (resp. drevné pelety alebo brikety).

Tieto scenáre boli zvolené pre ilustráciu maximálneho efektu na koncentrácie znečisťujúcich látok, ktorý opatrenie tohto typu môže priniesť.

Koncentrácie znečisťujúcich látok vypočítané z týchto scenárov sme porovnali s koncentráciami referenčného scenára, ktorý predstavuje súčasný stav, resp. súčasný stav tak, ako ho poznáme. Výsledky možno nájsť [tu](#). Z výsledkov je zjavné,

že takéto opatrenia znížia nielen maximálne koncentrácie BaP, ale aj plochy zasiahnuté prekročeniami limitných hodnôt, avšak ani scenár 2 nie je postačujúci na úplný pokles BaP pod limitnú hodnotu na všetkých miestach.

Slabou stránkou modelovania takto navrhnutých projekcií je, že zastúpenie jednotlivých vykurovacích zariadení použité v modelovaní je pre celý kraj jednotné (Obr. 3.5), keďže sme vychádzali zo štatistického prieskumu, v ktorom zahrnutá štatistická vzorka domácností nedovoľovala presnejšie geografické rozdelenie zistených dát. Toto zastúpenie sa však môže líšiť v závislosti od lokality. V chudobnejších oblastiach bude zrejme zastúpenie starších prehorievacích a odhorievacích kotlov vyššie, a tak ich výmena môže viesť k väčšiemu efektu, ako bolo namodelované v našich scenároch.

Scenár, ktorý by zahŕňal znižovanie energetickej náročnosti zatepľovaním, sme nemodelovali z dôvodu nedostatočných informácií o aktuálnej miere zateplenia, obzvlášť v prípade starých domov. Jeho efekt je však viac-menej priamo úmerný energetickej úspore: napr. pri úspore 30% možno očakávať približne rovnakú redukciu emisií.

4.4 ZHRNUTIE HODNOTENIA

Táto štúdia je hlavne cielená na vyhodnotenie rozsahu znečistenia ovzdušia v zóne a aglomerácii Košice, na zistenie miery vplyvu rôznych skupín zdrojov emisií na koncentrácie znečisťujúcich látok v dýchacej zóne a ich priestorové rozloženie, aby bolo možné zamerať opatrenia na zníženie emisií tam, kde je to najviac potrebné a kde to zároveň prinesie najvyšší efekt. Metóda, ktorá je na posúdenie použitá, zahŕňa simulovanie rozptylu znečisťujúcich látok zo zdrojov emisií v 3 vybraných doménach na území Košického kraja pomocou deterministického matematického modelu CALPUFF pre modelovanie zdrojov NEIS a lokálnych kúrenísk, a modelov IFDM/OSPM pre modelovanie cestnej dopravy vrátane cestných kaňonov. Z výsledkov lokálneho modelovania zároveň berúc do úvahy výsledky regionálneho modelu pre celú zónu možno vyvodiť nasledujúce závery:

- Výsledky modelovania s vysokým priestorovým rozlíšením vo vybraných doménach zóny poukazujú na pomerne rozsiahle oblasti prekračovania cieľovej hodnoty pre priemerné ročné koncentrácie BaP, a to vo všetkých doménach, na mnohých miestach sú prekročenia mnohonásobné. V miestach monitorovacích staníc model koncentrácie BaP značne podhodnocuje.
- Systematické podhodnocovanie všetkých modelovaných znečisťujúcich látok v miestach monitorovacích staníc v prípade modelovania s vysokým priestorovým rozlíšením naznačuje, že koncentrácie sú podhodnotené celoplošne a skutočná situácia je skôr horšia, než sa javí z výsledkov modelovania.
- Prekračovanie aktuálnych limitných hodnôt priemerných ročných koncentrácií $PM_{2,5}$ a PM_{10} sa vyskytuje menej často a na menších územiach ako v prípade BaP. V miestach monitorovacích staníc model koncentrácie PM podhodnocuje.
- Limitná hodnota priemernej ročnej koncentrácie NO_2 nie je prekračovaná ani podľa meraní, ani podľa modelovania.
- Očakávané navrhované sprísnenie limitných hodnôt v rámci EÚ prinesie podstatné zhoršenie situácie v zmysle zväčšenia plochy oblastí s prekročením limitných hodnôt.
- Najvyšší podiel na vysokých koncentráciách BaP majú v celej zóne okrem aglomerácie Košice (zahŕňajúcej aj obec Veľká Ida) lokálne kúreniská na tuhé palivo. V prípade $PM_{2,5}$ a PM_{10} je tiež podiel lokálnych kúrenísk vysoký, ale v tesnej blízkosti silne zaťažených ciest má vysoký podiel aj cestná doprava. V prípade aglomerácie Košice má silný podiel na koncentráciách BaP, PM aj NO_2 areál US Steel. Jeho emisie, a preto aj vplyv vypočítaný matematickým modelom, je značne podhodnotený obzvlášť v jeho bezprostrednom okolí.
- Opatrenia na zníženie emisií z lokálnych kúrenísk budú mať vplyv nielen na redukciu koncentrácií BaP, ale aj na PM. Opatrenia modelované podľa Scenára 1 (výmena polovice prehorievacích a odhorievacích zariadení za nízko emisné kotle na suché drevo a drevné pelety), ani podľa Scenára 2 (výmena všetkých takýchto zariadení) pravdepodobne nebudú dostatočné na celoplošnú elimináciu všetkých prekročení. Prinesú však aspoň zníženie koncentrácií (pri maximách približne na polovičnú hodnotu) a väčšinou podstatnú redukciu zasiahnutých území. Ďalšou možnosťou je znižovanie energetickej náročnosti domácností podporou kompletného zatepľovania. Zníženie emisií potrebných na vykurovanie, a tým aj koncentrácií emitovaných ZL v ovzduší, je viac-menej priamo úmerné energetickej úspore. Na dosiahnutie výraznejšieho efektu bude zrejme potrebná kombinácia všetkých možných opatrení, vrátane podpory odklonu od tuhých palív.

- Modelovanie kvality ovzdušia je spojené s pomerne vysokou neurčitosťou vyplývajúcou z matematickej formulácie modelu, jeho priestorového rozlíšenia, ale hlavne z kvality vstupných meteorologických a obzvlášť emisných dát.
 - Emisné dáta zahrnuté v modelovaní sú založené na dátach zo SODB 2021, ktoré zahŕňajú aj neobývané byty, čo má za následok mierne nadhodnotenie emisií z vykurovania domácností. Tieto dáta neboli získané priamym zisťovaním z domácností tak, ako to bolo v predchádzajúcom sčítaní, ale boli dodané jednotlivými obcami. Je otázne s akou presnosťou obce dokázali tieto dáta dodať, obzvlášť v prípade starých domov, pretože nemohli použiť priame zisťovanie z domácností.
 - Zisťovanie zastúpenia vykurovacích zariadení a jednotlivých druhov tuhých palív nebolo v SODB 2021 vykonávané. Pomerné zastúpenie použité v modelovaní pochádza zo štatistického zisťovania na obmedzenej vzorke domácností (Zemko a kol., 2020) a je dostupné v rozlíšení na jednotlivé kraje. Skutočné lokálne zastúpenie sa však môže líšiť v závislosti od ekonomickej situácie a vekového zastúpenia domov v danej lokalite.
 - Z uvedeného vyplýva, že na efektívnu aplikáciu opatrení v konkrétnej oblasti by bolo vhodné upresniť aktuálnu situáciu, a to najmä reálne pomerné zastúpenie využívaných palív a vykurovacích zariadení v danej oblasti a mieru zateplenia domov. Podľa týchto aktualizovaných informácií bude možné navrhnúť vhodnú kombináciu opatrení na dosiahnutie čo najväčšej redukcie emisií z lokálnych kúrenísk.

POUŽITÁ LITERATÚRA

CMAQv5.2, 2017: Operational Guidance Document <https://www.cmascenter.org/cmaq/>

Dise N.B., Ashmore M., Belyazid S., Bleeker A., Bobbink R., De Vries W., Erisman J.W., Spranger T., Stevens C.J. & Van den Berg L. 2011. Nitrogen as a threat to European terrestrial biodiversity. In *The European Nitrogen Assessment* (eds M.A. Sutton, C. Howard, J.W. Erisman, G. Billen, A. Bleeker, P. Greenfelt, H. van Grinsven & D.B. Grizzetti). Cambridge University Press, Cambridge.

EMEP/EEA, 2016, Air pollutant emission inventory guidebook.

[Online] <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016>. Posledný prístup: 25.9.2023

Gadsdon R. S. and Power A. S. 2009. Quantifying local traffic contributions to NO₂ and NH₃ concentrations in natural habitats. *Environmental Pollution* 157: 2845-2852

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

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 19.8.20.

Krajčovičová, J., Štefánik, D.: Metóda integrovaného posúdenia obcí vzhľadom na riziko nepriaznivej kvality ovzdušia. SHMÚ, 2023. dostupné: https://www.shmu.sk/File/oko/studie_analyzy/Metodika_final_v2.pdf, posledný prístup 6.6.2023.

Lefebvre, Wouter & Van Poppel, Martine & Maiheu, Bino & Janssen, Stijn & Dons, Evi., 201: Evaluation of the RIO-IFDM-street canyon model chain. *Atmospheric Environment*. 77. 325–337. 10.1016/j.atmosenv.2013.05.026.

Nordin, A., Sheppard, L.J., Strengborn, J., Bobbink, R., Gunnarsson, U., Hicks, W.K. & Sutton, M.A. 2011. New science on the effects of nitrogen deposition and concentrations of Natura 2000 sites. In *Nitrogen Deposition and Natura 2000: Science and practice in determining environmental impacts*. COST729/Nine/ESF/CCW/JNCC/SEI Workshop proceedings. COST (eds W.K. Hicks, C.P. Whitfield, W.J. Bealey & M.A. Sutton). Available from: <http://cost729.ceh.ac.uk/n2kworkshop>

Scire J.S., Robe F.R., Fernau M.E., Yamartino R.J.: *A User's Guide for the CALMET Meteorological Model*. Earth Tech, Inc., Concord, MA (2000a)

Scire, J.S., Strimaitis, D.G., Yamartino, R.J.: *A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model*, Earth Tech, Inc. Concord, MA. (2000b)

SHMÚ, 2022, Správa o emisiách, dostupné: <https://oeab.shmu.sk/app/cmsSiteBoxAttachment.php?ID=107&cmsDataID=0>, posledný prístup 6.6.2022

Štátna ochrana prírody SR: <http://www.sopsr.sk/natura/index1.php?p=4&sec=5&kod=SKUEV0295>. Posledný prístup: 9.10.2020

Will-Wolf, S., 1981: Structure of corticolous lichen communities before and after exposure to emissions from a "clean" coal-fired generating station. *Bryologist*, 83: 281–295 (1981).

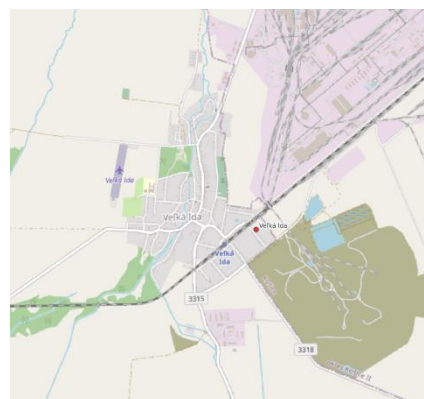
WHO air quality guidelines for Europe, 2nd edition, 2000: Effects of sulfur dioxide on vegetation: critical levels (<https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2009/who-air-quality-guidelines-for-europe,-2nd-edition,-2000-cd-rom-version>)

Zemko, M., Jonáček, Z., Szemesová, J., Zetochová, L., 2020: Závěry a výsledky z grantového projektu: Zlepšenie kvality účtov emisií do ovzdušia a rozšírenie poskytovaných časových radov so zameraním na vykurovanie domácností. *Meteorologický časopis Ročník 23, číslo 1, ISSN 1335-339X*, dostupné: <http://www.shmu.sk/sk/?page=31>, posledný prístup 19.8.20.

Príloha : Hodnotenie kvality ovzdušia vo Veľkej Ide

1. Úvod

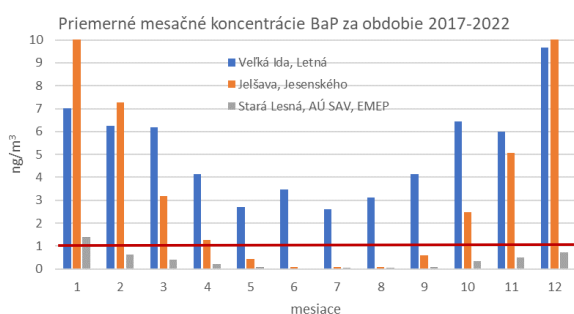
Najbližšia monitorovacia stanica kvality ovzdušia k areálu USS je stanica v obci Veľká Ida. Stanica je umiestnená v západnej časti obce v tesnej blízkosti južnej hranice areálu USS a severozápadnej hranice poľnej skládky USS. Na stanici sú dlhodobo prekračované limitné hodnoty počtu prekročení denných koncentrácií PM₁₀ (2019, 2021, 2022), priemernej ročnej koncentrácie PM_{2,5} (2019, 2021, 2022) a priemernej ročnej koncentrácie BaP (2009 –2022). Z toho dôvodu je obec zaradená medzi oblasti riadenia kvality ovzdušia s najvyšším rizikovým stupňom 3.



2. Relevantné zdroje emisií v okolí stanice

Vzhľadom na povahu znečisťujúcich látok, ktoré prekračujú limitné hodnotu, prichádzajú v okolí stanice do úvahy dva hlavné zdroje znečisťovania: areál USS a lokálne kúreniská na tuhé palivo. Podľa posledného sčítania obyvateľov, domov a bytov (SODB 2021) sa v obci nachádzalo 565 rodinných domov, z ktorých väčšina využívala na vykurovanie plyn (445 domov), iba 94 domov využívalo tuhé palivo. Emisie z lokálnych kúrenísk nie sú známe, sú odhadované pomocou emisného modelu REM_v2. Emisie USS sú reportované prevádzkovateľom v databáze NEIS (TZL, BaP a ďalšie znečisťujúce látky), kde sa následne dopočítavajú emisie PM₁₀ a PM_{2,5} na základe emisných faktorov jednotlivých technológií. Dopad emisií z cestnej dopravy je vzhľadom na vzdialenosť monitorovacej stanice od hlavných cestných ťahov málo významný. Potenciálny dopad by mohli mať emisie z dieselových lokomotív neďalekej železnice, analýzou časových radov sme však nezaznamenali výskyt krátkodobých peakov v nameraných koncentráciách ktoré by mohli súvisieť s prejazdami lokomotív.

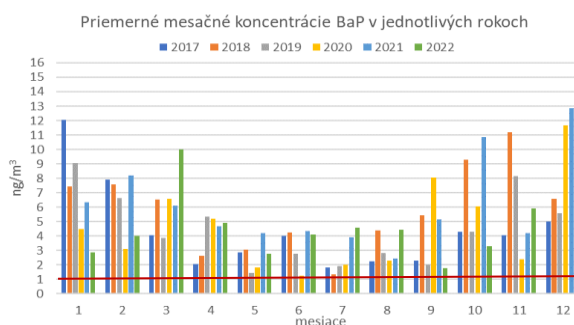
3. Analýza nameraných koncentrácií na monitorovacej stanici



Na obrázku vľavo je ročný chod priemerných mesačných koncentrácií BaP za posledných 6 rokov, pre porovnanie na 3 špecifických staniách. V Jelšave je prakticky jediným zdrojom BaP lokálne vykurovanie, kde až polovica (258) z celkového počtu rodinných domov (507) kúri tuhým palivom. Tomu nasvedčuje aj typický ročný chod s nízkymi koncentraciami BaP mimo vykurovacej sezóny. Hoci v Jelšave sú neporovnateľne horšie rozptylové podmienky ako vo Veľkej Ide, priemerná ročná koncentrácia BaP je tam nižšia. Vo Veľkej Ide sú zaznamenávané

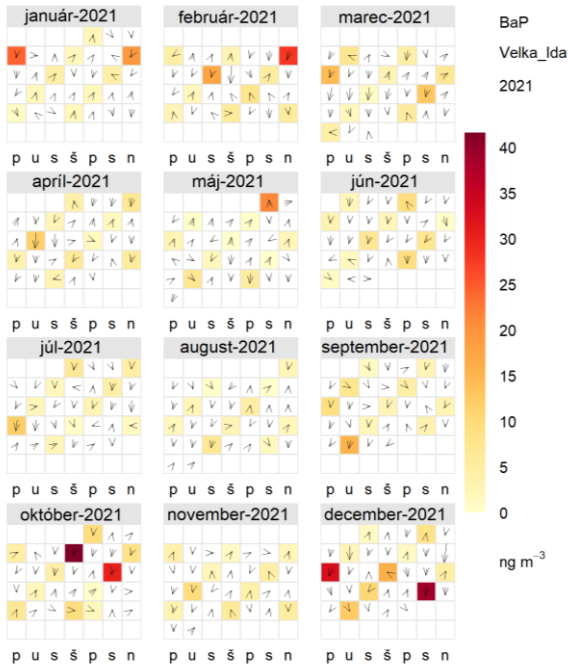
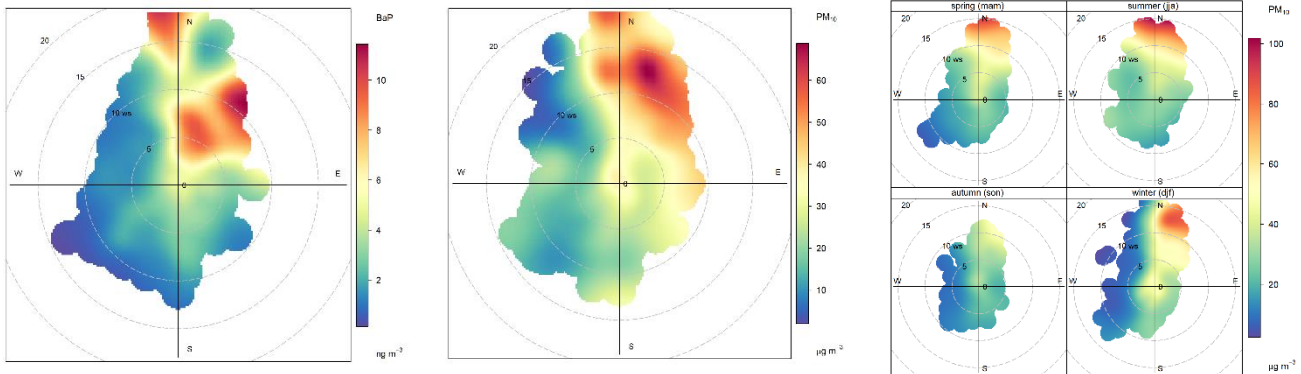
vysoké koncentrácie BaP aj mimo vykurovacej sezóny. Graf vpravo zobrazuje priemerné mesačné koncentrácie vo Veľkej ide počas jednotlivých rokov. Aj tie najnižšie priemerné mesačné koncentrácie presahujú každoročne ročnú limitnú hodnotu.

	Počet prekročení PM ₁₀	Priem. ročná koncentrácia PM _{2,5} [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	Priem. ročná koncentrácia BaP [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$]
2017	62	25	4,3
2018	63	24	5,8
2019	45	21	4,5
2020	22	19	4,6
2021	56	21	6,1
2022	68	22	5,4



Tabuľka obsahuje koncentrácie znečisťujúcich látok s prekročeniami limitných hodnôt za roky 2017-2022.

Prekročenia sú zobrazené červenou farbou. Ako vidno, iba rok 2020, ktorý bol najviac poznačený pandémiou COVID19 vykazuje značný pokles v počte prekročení denných hodnôt PM₁₀, kedy aj v USS došlo k poklesu výroby.



Na obrázkoch hore sú zobrazené hodinové koncentrácie BaP (vľavo) a PM₁₀ (v strede) počas rokov 2017-2022 v závislosti od smeru a rýchlosti vetra. Ako vidno, maximá koncentrácií sa v oboch prípadoch vyskytujú pri prúdení zo severných až severozápadných smerov, teda od areálu USS, hlavne pri stredných až vyšších rýchlostiach vetra. Druhé o dosť nižšie maximum sa vyskytuje pri nízkych rýchlostiach vetra z rôznych smerov, a to hlavne v zime (obr. vpravo, zobrazujúci sezónne rozloženie koncentrácií za rok 2022). V tomto maxime sú vo väčšej miere zastúpené príspevky z lokálnych kúrenísk v obci.

Na obrázku vľavo sú priemerné koncentrácie BaP za jednotlivé dni roku 2021 spolu s prevládajúcim vetrom v danom dni. Ako vidno, prakticky všetky významnejšie koncentrácie boli namerané pri prevládajúcom prúdení zo severu až severozápadu, potvrdzujúce konštatovanie z predchádzajúceho odstavca.

4. Modelovanie kvality ovzdušia

Na zistenie priestorového rozloženia koncentrácií bol použitý model CALPUFF s vysokým priestorovým rozlíšením. Ako vstupné emisné dáta boli použité vyššie uvedené zdroje. Emisie z cestnej dopravy boli vypočítané externým dodávateľom. Meteorologické vstupné polia boli získané z modelu ALADIN. Koncentrácie vypočítané v mieste monitorovacej stanice boli porovnané s nameranými hodnotami koncentrácií. Modelové hodnoty podhodnocovali namerané koncentrácie v prípade BaP o 75%, PM₁₀ o cca 40% a PM_{2,5} o približne štvrtinu hodnoty. I keď matematické modely sú spojené s neurčitostami vyplývajúcimi nielen z odhadu vstupných emisií, v tomto prípade aj s prihliadnutím na analýzu dát z monitorovacej stanice, sa prikláňame k záveru, že podhodnotenie emisií z USS je hlavnou príčinou nesúlady meraných a modelovaných dát.