

*Podklady  
pre Program  
na zlepšenie  
kvality ovzdušia*

*zóna  
Trenčiansky kraj*

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

*SHMÚ, Bratislava, september 2023*

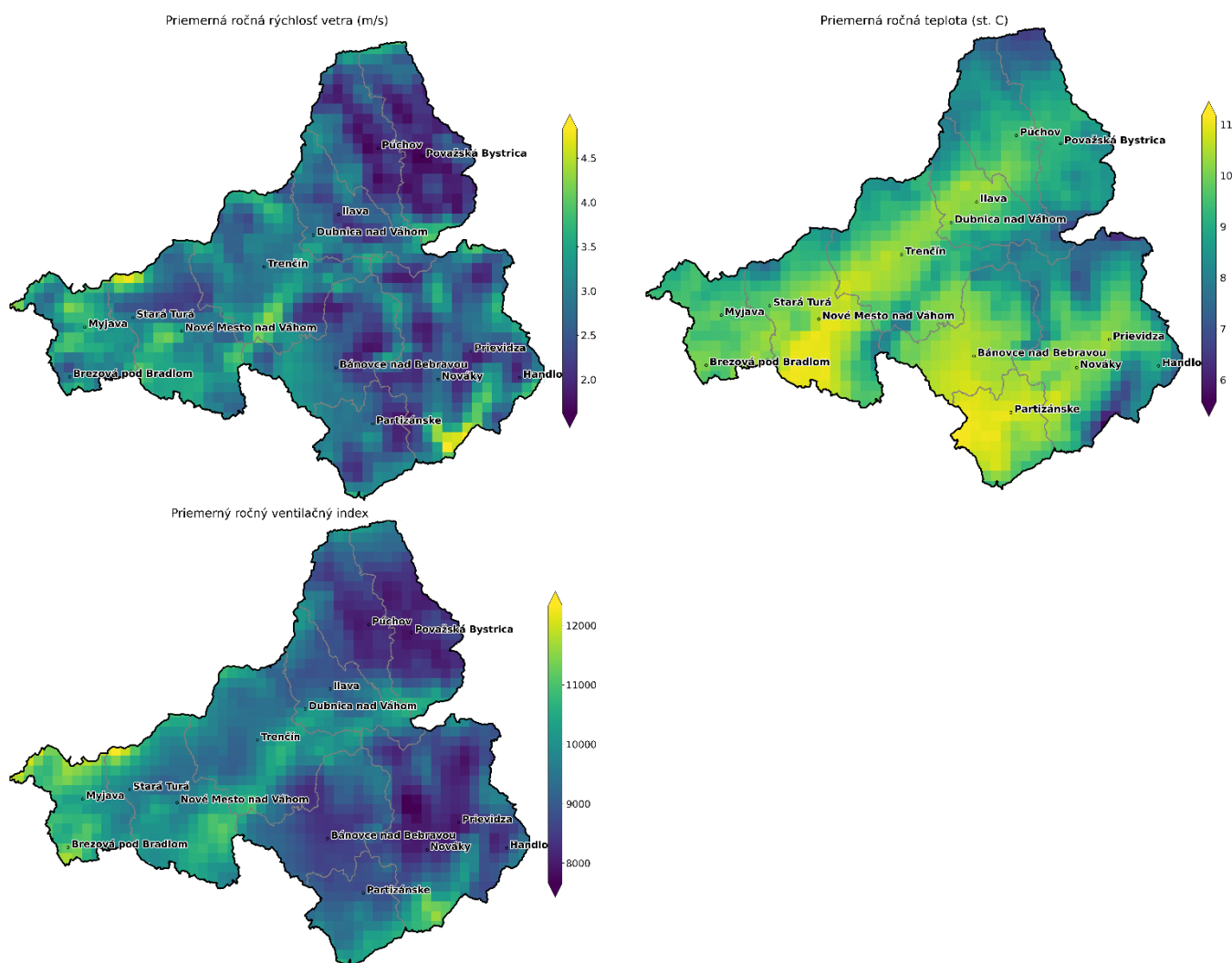
# Obsah

<b>3</b>	<b>ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE O ÚZEMÍ ZÓNY.....</b>	<b>2</b>
3.1	Charakteristiky ovplyvňujúce prúdenie vzduchu a rozptylové podmienky .....	2
3.2	Obyvateľstvo a ekosystémy .....	3
3.3	Zdroje emisií.....	3
3.3.1	Veľké a stredné zdroje znečisťovania (priemysel a energetika) .....	5
3.3.2	Cestná doprava .....	6
3.3.3	Vykurovanie domácností.....	6
<b>4</b>	<b>HODNOTENIE ZNEČISTENIA OVZDUŠIA V ZÓNE.....</b>	<b>8</b>
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 .....	9
	Analýza príspevkov jednotlivých skupín zdrojov k celkovým koncentráciám.....	13
	Projekcie možných opatrení na zníženie koncentrácií BaP a PM.....	13
	ANALÝZA SITUÁCIE - ZÁVERY .....	13

### 3 ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE O ÚZEMÍ ZÓNY

#### 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). Veterné pomery sú vo veľkej miere ovplyvňované členitosťou terénu. Povrch Trenčianskeho kraja je značne členitý, nachádzajú sa tu dve hlavné údolia orientované prevažne JZ – SV smerom: Považské údolie ohraničené Bielymi Karpatmi a Javorníkmi na jednej strane a Považským Inovcom, Strážovskými a Súľovskými vrchmi na druhej, a Hornonitrianska kotlina, prechádzajúca do výbežku Podunajskej pahorkatiny, na západnej strane ohraničená pohoriami Tribeč, Vtáčnik, Žiar a Kremnické vrchy. Z klimatologického hľadiska patria Podunajská pahorkatina a Hornonitrianska kotlina k teplej klimatickej oblasti. Ostatné územie prechádza s narastajúcou nadmorskou výškou do mierne teplej a chladnej klimatickej oblasti.



*Obr. 3.1 Rozloženie priemernej ročnej rýchlosti vetra (vľavo hore), teploty (vpravo hore) a ventilačného indexu<sup>1</sup> (dolu) v Trenčianskom kraji na základe výstupov modelu ALADIN.*

Prevládajúci smer vetra je na rôznych miestach v rámci zóny značne variabilný a závisí od interakcie základného veľkoročného prúdenia s lokálnym terénom. Merania na meteorologických staniciach v kraji, ako aj porovnanie s výstupom meteorologického modelu ALADIN na **Obr. 3.1** naznačujú, že zhoršené rozptylové podmienky sa môžu vyskytovať na strednom Považí (okresy Púchov a Považská Bystrica) a v Hornonitrianskej kotline (okres Prievidza).

<sup>1</sup> 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.

Veterné pomery sa budú v rôznych dolinách a kotlinách zóny meniť v závislosti od orientácie okolitého terénu. Rýchlosť vetra dosahuje najvyššie hodnoty na horských hrebeňoch.

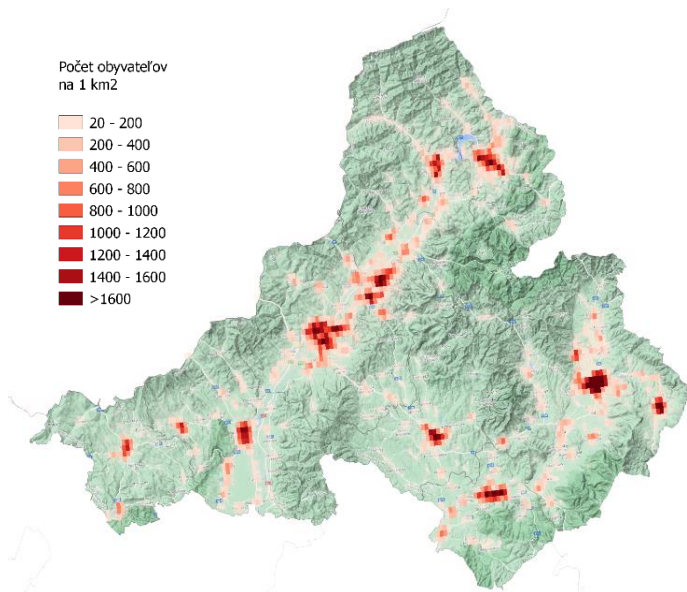
### 3.2 Obyvateľstvo a ekosystémy

Kvalitu ovzdušia posudzujeme z dôvodu ochrany zdravia obyvateľstva a ekosystémov.

Trenčiansky kraj je z hľadiska rozlohy tretím najmenším krajom na Slovensku, s rozlohou 4501,8 km<sup>2</sup> zaberá 9,2 % územia Slovenska.

Trenčiansky kraj má 570 675 obyvateľov (stav k 31.12.2022), ktorí obývajú 276 obcí, z toho 18 má štatút mesta. Najväčšími mestami sú Trenčín, Prievidza a Považská Bystrica. Približne polovica obyvateľstva kraja žije vo vidieckych sídlach.

**Obr. 3.2** znázorňuje relatívne priestorové rozloženie hustoty obyvateľstva na území zóny.



*Obr. 3.2 Rozloženie hustoty obyvateľstva v zóne Trenčiansky kraj (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<sub>x</sub> a SO<sub>2</sub>, ktoré spôsobujú acidifikáciu a eutrofizáciu prostredia, zmeny druhového zloženia vegetácie, stratu citlivých druhov, znižovanie schopnosti odolávania biotickému aj abiotickému stresu či homogenizáciu vegetácie. Medzi najcitlivejšie organizmy na depozíciu dusíka patria niektoré druhy lišajníkov. Depozícia dusíka je považovaná za hlavné riziko pre stratu biodiverzity na veľkom území v Európe (Nordin a kol., 2011, Dise a kol., 2011). Citlivé sú predovšetkým na živiny chudobné biotopy ako rašeliniská, vresoviská, slaniská či vodné ekosystémy.

Riziko pre rastliny závisí od schopnosti tolerancie (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<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub> z veľkých priemyselných zdrojov znečistenia.

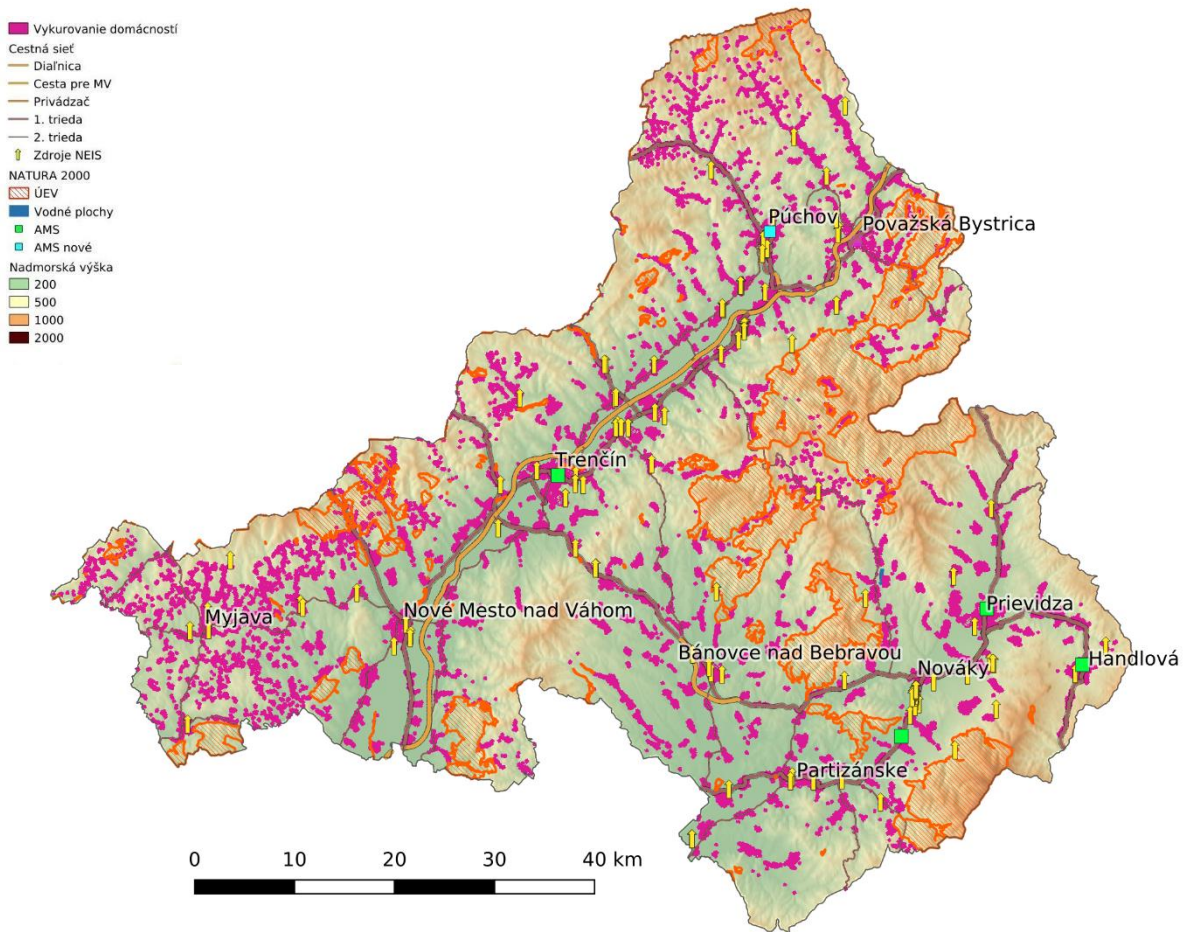
### 3.3 Zdroje emisií

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

Z hľadiska ochrany životného prostredia sú dôležité aj ložiská nerastných surovín a s nimi súvisiaca ťažobná činnosť. V oblasti hornej Nitry sa nachádzajú ložiská hnedého uhlia a lignitu v Handlovej a v Nováčkej hnedouhoľnej panve, v okolí Mojtiňa a Strážovských vrchov sú ložiská bauxitu a v okolí obce Zlatníky sa nachádzajú malé množstvá magnetitu. Z nerudných surovín sú to stavebné materiály ako dolomity, vápenec, stavebný kameň, vápenitý slieň, cementárska surovina, štrkopiesky, tehliarska hlina a dekoračný kameň. V Hornom Srtí sa nachádza významné ložisko cementárskych surovín (zdroj: Štatistický úrad SR). Vyťažené hnedé uhlie sa využíva v systémovej energetike, aj na vykurovanie domácností. Zo spomínaných nálezísk nerastných surovín malo oddávna práve hnedé uhlie najvýraznejší dopad na životné prostredie a aj na kvalitu ovzdušia.



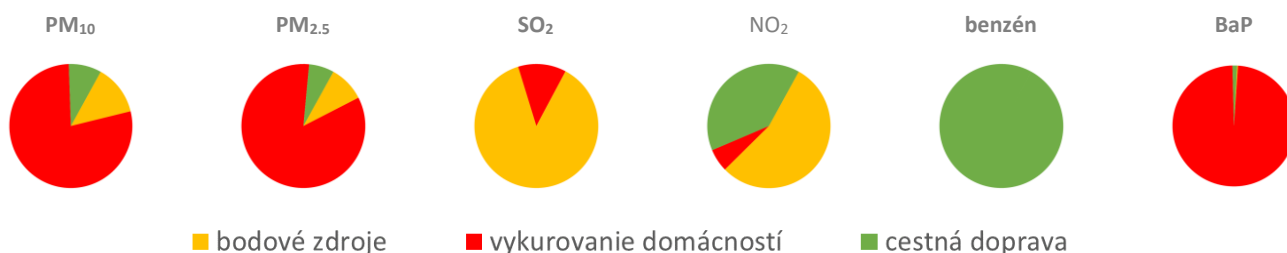
Obr. 3.3 Mapa kraja s relevantnými zdrojmi emisií, s vyznačenými veľkoplošnými chránenými územiami a automatickými monitorovacími stanicami kvality ovzdušia.

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, búracích a výkopových prác, atď. Pre nedostatok informácií o časovom a priestorovom rozložení týchto činností nie sú tieto zdroje zahrnuté v tejto analýze.

**Obr. 3.4** zobrazuje relatívne príspevky jednotlivých hlavných skupín zdrojov k emisiám jednotlivých znečisťujúcich látok. (Podrobné informácie o emisiách sú v [Správe o emisiách](#) (SHMÚ, 2022) a na [web stránke](#)).

V Trenčianskom kraji je hlavným zdrojom emisií **PM a benzo(a)pyrénu** vykurovanie domácností nepripojených na centrálné zdroje vykurovania a v menšej miere doprava, energetika a priemyselné zdroje. Naopak, hlavným zdrojom emisií **SO<sub>2</sub>** je systémovej energetika - Slovenské elektrárne, a.s. (o.z. Elektrárň Nováky, so sídlom v Zemianskych Kostoľanoch, ďalej ENO). Podielom viac ako 10% prispieva k emisiám **SO<sub>2</sub>** aj vykurovanie domácností tuhým palivom (v tomto regióne ide o drevo aj hnedé uhlie). Najvýznamnejším zdrojom **NO<sub>2</sub>** v zóne sú ENO. Vplyv cestnej dopravy sa prejavuje najmä vo väčších mestách, v exponovaných cestných úsekoch a pri parkoviskách. Cestná doprava má dominantný podiel na emisiách **benzénu** (príspevky ostatných sektorov sú v tejto oblasti zanedbateľné). V rozptyle

znečisťujúcich látok však hrá dôležitú úlohu aj výška, v ktorej sú emisie vypúšťané, a ďalšie parametre zdroja, preto nie je možné tieto príspevky k emisiám automaticky považovať aj za príspevky ku koncentráciám v dýchacej zóne. Z lokálneho hľadiska majú na koncentrácie v ovzduší väčší dopad priestorovo rozložené emisie vypúšťané do ovzdušia nízko nad zemou, než emisie z vysokých komínov.



Obr. 3.4 Príspevky rôznych zdrojov k celkovým emisiám jednotlivých znečisťujúcich látok v zóne Trenčiansky kraj (bodové zdroje označujú zdroje NEIS).

Spoločným problémom emisií z dopravy a lokálnych kúrenísk je vysoká neistota zahrnutá v odhadovaných emisných tokoch. Mapa s umiestnením hlavných zdrojov znečisťovania v zóne Trenčiansky kraj 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.

### 3.3.1 Veľké a stredné zdroje znečisťovania (priemysel a energetika)

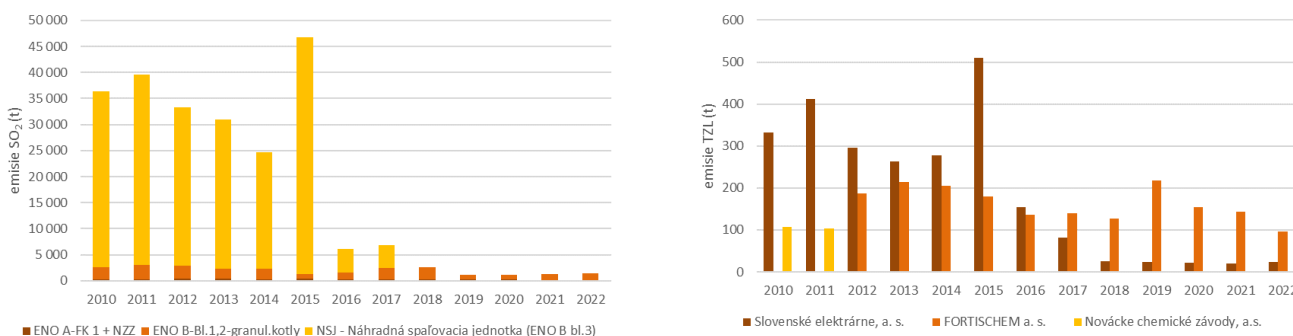
Ide o bodové zdroje, ktoré sú registrované v databáze NEIS. Možno ich rozdeliť na komíny, výduchy a fugitívne zdroje, (napr. úniky z netesností technologických rozvodov alebo nádrží, napr. pri čistení odpadových vôd).

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.

Problémom pri príprave emisných vstupov pre modelovanie kvality ovzdušia je aj nedostatok informácií o časovom priebehu emisií z veľkých a stredných zdrojov.

Na Obr. 3.5 je zobrazený vývoj emisií SO<sub>2</sub> Elektrárni Nováky (ENO) prevádzkovateľa Slovenské elektrárne, a.s. od roku 2010 do roku 2022 a vývoj emisií TZL - porovnanie emisií ENO a prevádzkovateľa FORTISCHEM, a.s. (do roku 2012 Novácke chemické závody, a.s.). Údaje za rok 2022 sú predbežné. Emisie ENO poklesli od roku 2015 po modernizácii blokov č. 1 a 2 ENO B a ukončení prevádzky blokov č. 3 a 4 ENO B (k 31. decembru 2015). Kým dominantným zdrojom emisií TZL je vykurovanie domácností, pre SO<sub>2</sub> sú dominantné veľké priemyselné zdroje a systémová energetika (Obr. 3.4). Na základe výsledkov monitorovania kvality ovzdušia môžeme konštatovať, že koncentrácie SO<sub>2</sub> v ovzduší neprekročili limitnú hodnotu od r. 2004, namerané hodnoty sú na úrovni medze stanovenia meracích prístrojov.

V zóne sa nachádzajú aj cementárne, ktoré sú zdrojom prašnosti, ide väčšinou pravdepodobne o hrubú veľkostnú frakciu.



Obr. 3.5 Vývoj emisií SO<sub>2</sub> prevádzkovateľa Slovenské elektrárne, a. s. (vľavo) a porovnanie emisií TZL prevádzkovateľov Slovenských elektrární a.s. a FORTISCHEM, a.s. (do r. 2012 Novácke chemické závody, a.s.)

### 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 enviromentálnou agentúrou v EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2016.

### 3.3.3 Vykurovanie domácností

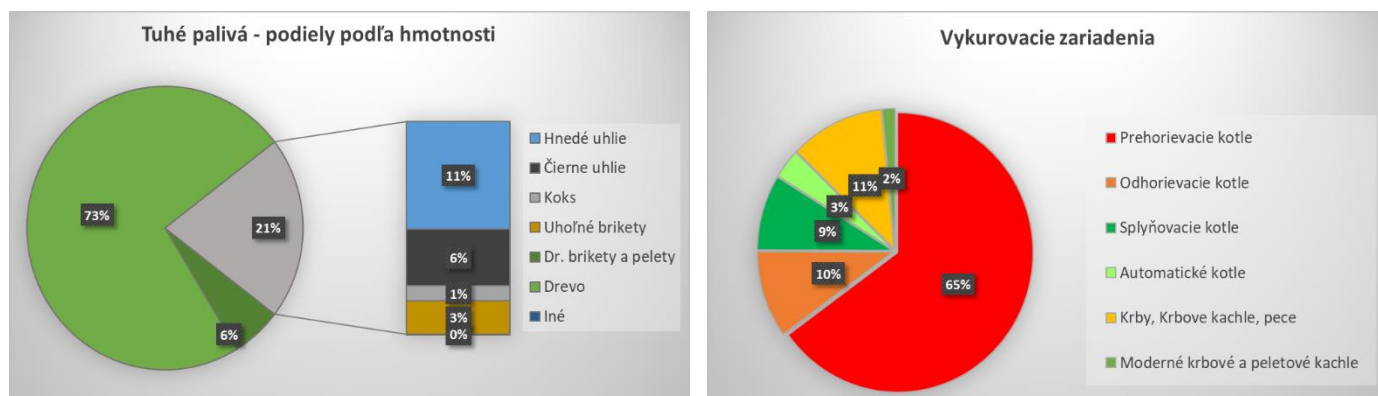
Emisie z vykurovania domácností sú vypočítané emisným modelom REM\_v2 (Krajčovičová a kol., 2020), ktorý počíta emisie s presnosťou na úrovni základných sčítacích jednotiek a priestorovo ich distribuuje na oblasti osídlené rodinnými a bytovými domami. Výsledným produktom sú zdroje emisií v štvorcoch 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). V uvedenej štatistike zo sčítania (SODB 2021) nie sú tuhé palivá bližšie špecifikované, ani neobsahuje údaje o použitých vykurovacích zariadeniach.

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.

Emisný model pre kúreniská počíta s predpokladom, že zloženie palivovej základne a využívaných vykurovacích zariadení je rovnaké ako priemerné zastúpenie palív a zariadení v Trenčianskom 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.

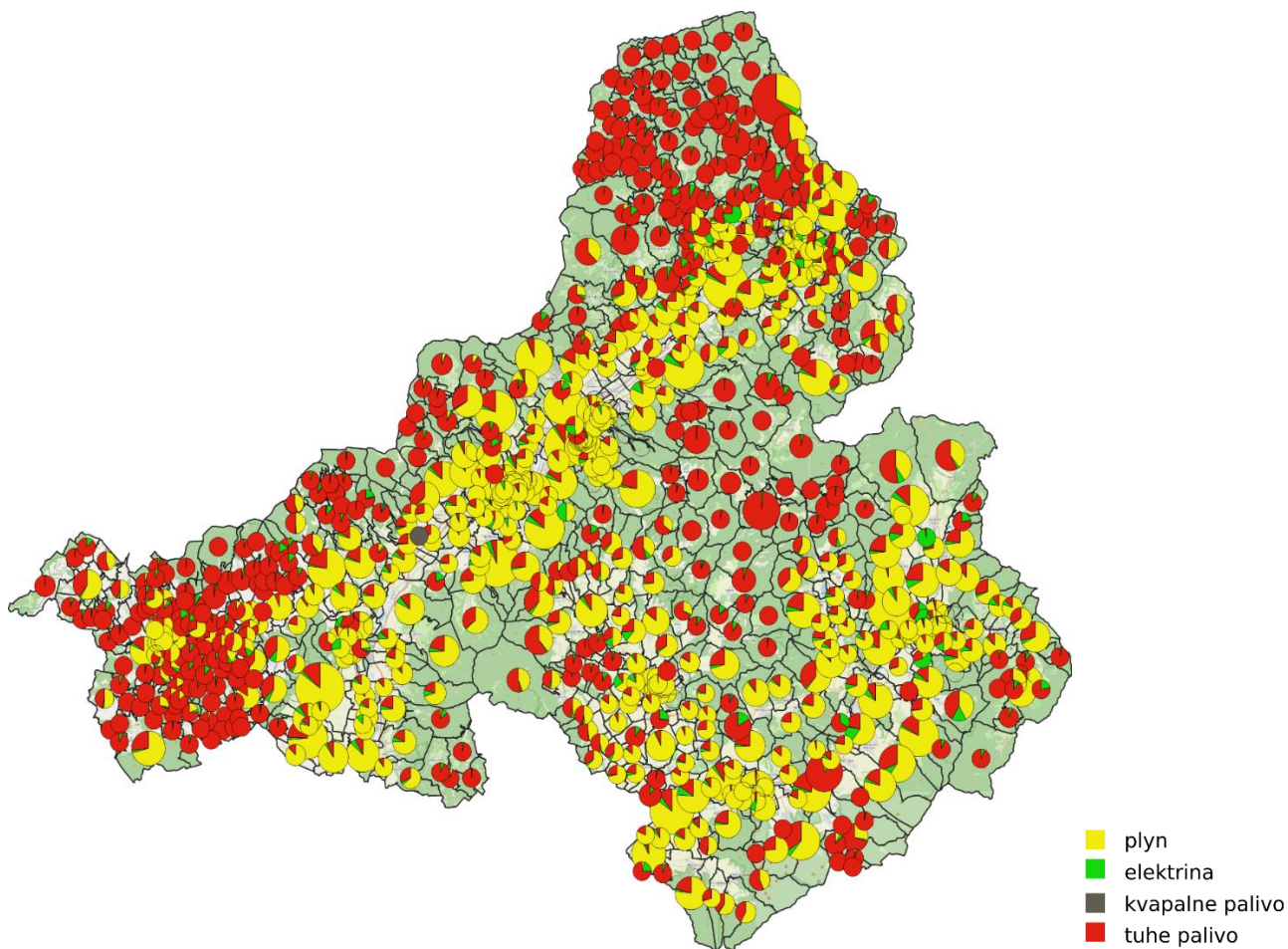
**Obr. 3.6** obsahuje zistené podiely palív a vykurovacích zariadení pre Trenčiansky kraj. V priemere tvorí takmer 80% tuhého paliva drevo a drevné produkty. Medzi spaľovacími zariadeniami sú v najväčšej miere zastúpené vysoko emisné vykurovacie zariadenia - prehorievacie a odhorievacie kotly, krbové kachle a pece.



Obr. 3.6 Zloženie tuhých palív a spaľovacích zariadení v Trenčianskom kraji podľa štatistického prieskumu v roku 2019.

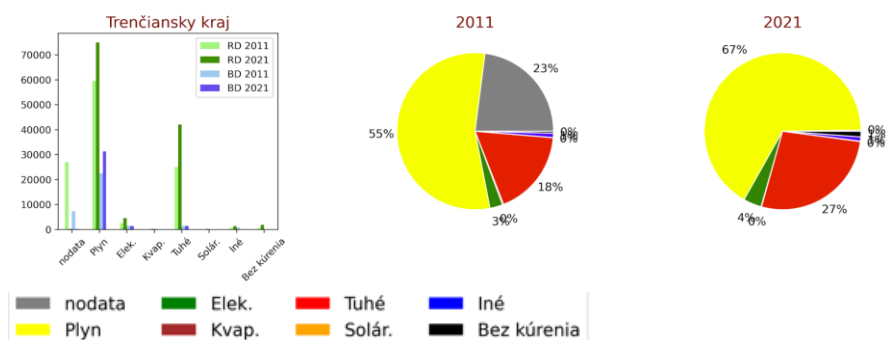
**Obr. 3.7** ukazuje podiely jednotlivých palív na vykurovaní rodinných domov za jednotlivé obce v zóne, pričom vidno, že priestorové rozloženie palivovej základne pre domáce kúreniská nie je geograficky homogénne. V súčte za celú zónu

v r. 2021 prevažovalo vykurovanie plynom (Obr. 3.8). V horských oblastiach na severe a západe kraja a v Strážovských vrchoch sa však vykuruje takmer výlučne tuhým palivom.



Obr. 3.7 Podiely rodinných domov využívajúce jednotlivé druhy palív (SODB 2021). V grafoch nie sú zahrnuté podiely solárnych a iných palív, vzhľadom na ich zanedbateľný počet.

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



## 4 HODNOTENIE ZNEČISTENIA OVZDUŠIA V ZÓNE

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 sa preto po konzultáciách s SHMÚ rozhodlo vymedziť obce so zhoršenou kvalitou ovzdušia na základe metodiky, 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, ktorých rizikový stupeň je 2 alebo 3 takým spôsobom, aby nedošlo k prekročovaniu limitných a cieľových hodnôt koncentrácií látok uvedených v nasledujúcej podkapitole. Mapa ohrozených obcí je na [web stránke](#).

### 4.1 Relevantné znečisťujúce látky

Na základe zákona o ovzduší je kvalita ovzdušia hodnotená vzhľadom na limitné hodnoty koncentrácií nasledujúcich znečisťujúcich látok: suspendované častice PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, 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 ovzduší, v znení neskorších predpisov, Vyhláška MŽP SR č. 250/2023 Z.z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov).

Tab. 4.1 Limitné a cieľové hodnoty pre jednotlivé znečisťujúce látky.

	SO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub> <sup>v</sup>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub> <sup>v</sup>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	CO	O <sub>3</sub>	BaP	benzén	Pb	As	Cd	Ni
Priemernované obdobie	1h	24h	1r, <sup>v1</sup>	1h	1r	1r	24h	1r	1r	8h (max.)	1r	1r	1r	1r	1r	1r	1r
Limitná hodnota* (µg.m <sup>-3</sup> )	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**

<sup>1</sup> zimné obdobie (1. október – 31. marec)

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

<sup>v</sup> kritické úrovne pre ochranu vegetácie  
\*\*ng.m<sup>-3</sup>

Poznámka: Limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu PM<sub>2,5</sub> je od roku 2020 znížená z 25 na 20 µg.m<sup>-3</sup>

### 4.2 Výsledky monitoringu kvality ovzdušia

Časové rady údajov nameraných v zóne Trenčianskeho kraja sú na [web stránke](#). V hodnotenom období monitorovalo kvalitu ovzdušia v zóne päť automatických monitorovacích staníc (AMS). V okrese Prievidza bola poloha monitorovacích staníc vybraná tak, aby bolo možné zachytiť vplyv elektrární, je tu predmestská pozadňová stanica Bystričany, Rozvodňa SSE a mestské pozadňové stanice Handlová, Morovianska cesta a Prievidza, Malonecpalská (táto stanica bola v roku 2007 z prevádzkových dôvodov presťahovaná z pôvodnej polohy na Hollého ulici v Prievidzi). V Trenčíne je dopravná monitorovacia stanica na ulici Hasičská. V októbri 2021 pribudla v zóne nová monitorovacia stanica v Púchove na ulici 1. mája.

Koncentrácie základných znečisťujúcich látok od začiatku meraní v druhej polovici dvadsiateho storočia poklesli. SO<sub>2</sub> nepredstavovalo problém už ani pri príprave predchádzajúceho Programu na zlepšenie kvality ovzdušia<sup>2</sup>, ktorý bol vypracovaný v roku 2013. Ak by sme hodnotili koncentrácie PM<sub>10</sub> v období od roku 2005 (časové rady sú na [web stránke](#)), najvyššie hodnoty boli zaznamenané v rokoch 2005 - 2006 v Prievidzi a Bystričanoch. Vysoké hodnoty v rokoch 2011 – 2012 v Trenčíne, Bystričanoch aj v Prievidzi boli čiastočne podmienené aj meteorologickými podmienkami daných rokov. Posledné zaznamenané prekročenie limitnej hodnoty pre PM<sub>10</sub> v zóne bolo namerané

<sup>2</sup>[https://www.minv.sk/swift\\_data/source/verejna\\_sprava/obu\\_trencin/informacie\\_pre\\_obcanov/o\\_zivot/2014/ovzdušie/programy\\_na\\_zlepsenie\\_kvality\\_ovzdušia/PZKO\\_Prievidza\\_2013.pdf](https://www.minv.sk/swift_data/source/verejna_sprava/obu_trencin/informacie_pre_obcanov/o_zivot/2014/ovzdušie/programy_na_zlepsenie_kvality_ovzdušia/PZKO_Prievidza_2013.pdf)

v roku 2018 na dopravnej stanici v Trenčíne. Cieľová hodnota pre BaP bola prekročená v Prievidzi v rokoch 2020 aj 2021. Vysoké hodnoty v zimných mesiacoch boli namerané aj v roku 2022, kvôli technickej poruche vzorkovača však nie je pre hodnotenie BaP v roku 2022 v Prievidzi dostatok údajov. V roku 2021 začali merania na novej monitorovacej stanici v Púchove na ulici 1.mája. Vysoké koncentrácie BaP boli namerané už v zimných mesiacoch roku 2021, v roku 2022 prekročila priemerná ročná koncentrácia BaP podľa meraní v Púchove cieľovú hodnotu.

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.

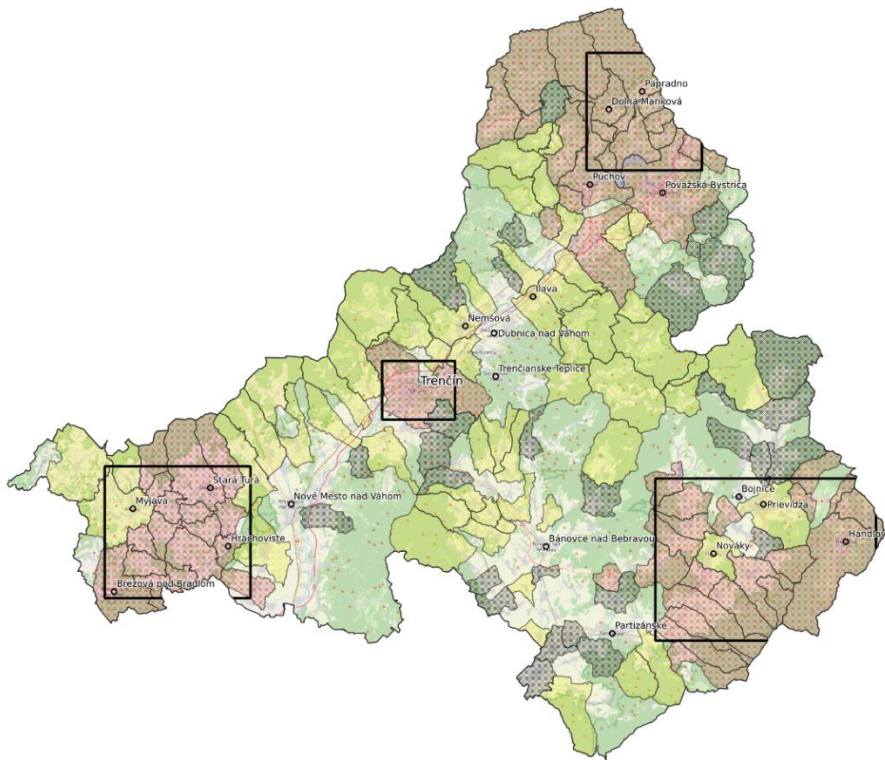
### 4.3 Výsledky modelovania a analýza situácie

#### *Celkové zhodnotenie zóny*

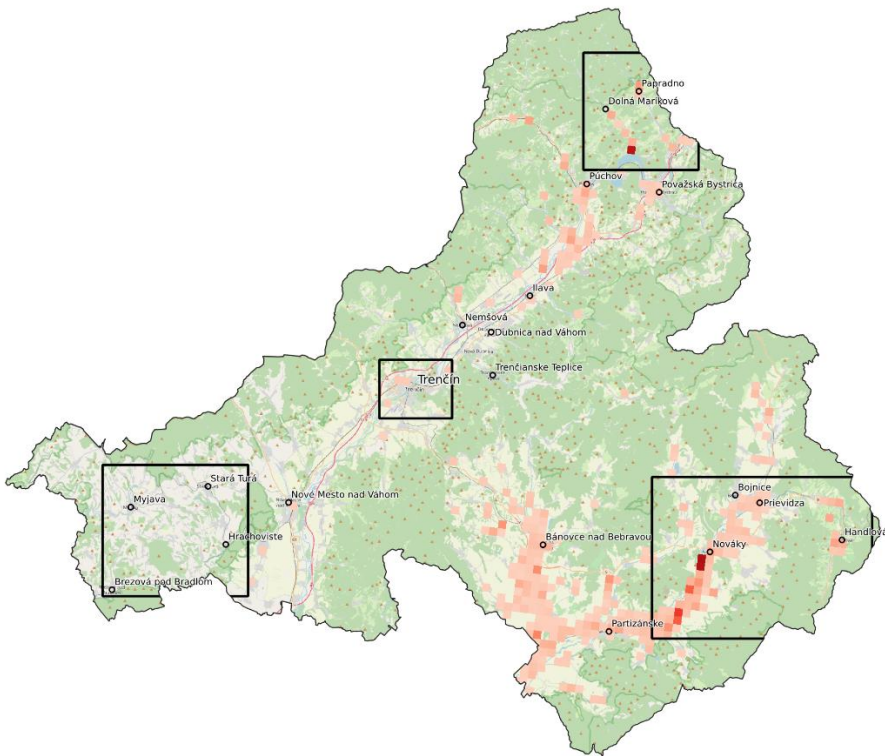
Pre každoročné zhodnotenie koncentrácií znečisťujúcich látok v rámci celej SR používame interpolačno-regresný model [RIO](#) s následným postprocesingom pomocou metódy IDW-R. Koncentrácie a ich rozloženie sú však silne ovplyvnené klimatickou charakteristikou daného roka (priemerné a minimálne teploty v zime, charakter prúdenia daný prevládajúcimi tlakovými útvarmi v danom roku, a pod). Modelovanie je navyše zaťažené vyššou neurčitou 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 Trenčianskeho 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 4 výpočtové oblasti, v ktorých bolo vykonané modelovanie s vysokým priestorovým rozlíšením kombináciou modelov [CALPUFF](#) a [ATMOSTREET](#) pre rok 2021. 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 použité z modelu RIO-IDWR (pre PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>). 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<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>. 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 bez monitorovacích staníc.



Obr. 4.1 Zóna Trenčiansky 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 Trenčiansky kraj na základe modelovania regionálnym modelom RIO-IDWR pre rok 2021 (vyššia intenzita červenej indikuje relatívne vyššie prekročenie).

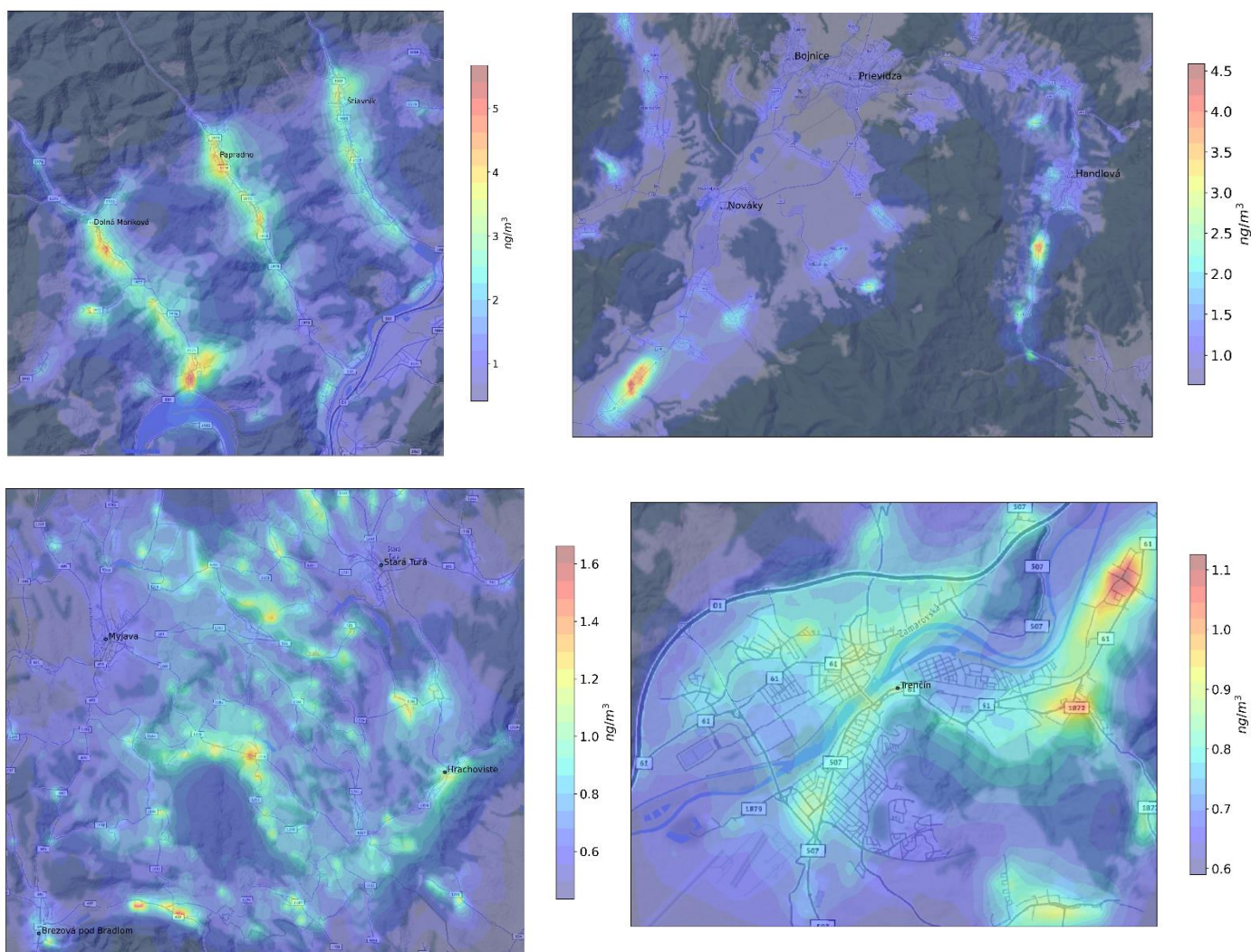
Ako vidno na **Obr. 4.3**, modelovanie s vysokým rozlíšením vo vybraných oblastiach potvrdzuje, že **cieľová hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu BaP** je prekračovaná na mnohých miestach tam, kde sa vo vyššej miere využíva na vykurovanie tuhé palivo, čo je v prípade Trenčianskeho kraja hlavne drevo. Takéto oblasti sa nachádzajú v každej z vybraných domén, najviac však v dolinách Marikovského potoka a Papradnianky v Javorníkoch až po ich ústie v údolí Váhu, a v Hornonitrianskej kotline – konkrétne v južnej časti (Bystričany, Čereňany, Oslany a ďalšie menšie obce na úpätí Vtáčnika), v Rudnianskej kotline a v doline mesta Handlová. V okolí Myjavy sa javia z pohľadu BaP ako

problematické skôr malé obce a lazy než centrá miest. V Trenčíne je podľa výsledkov modelovania prekročená cieľová hodnota pre BaP iba v izolovanej časti mesta (Opatová, Kubra).

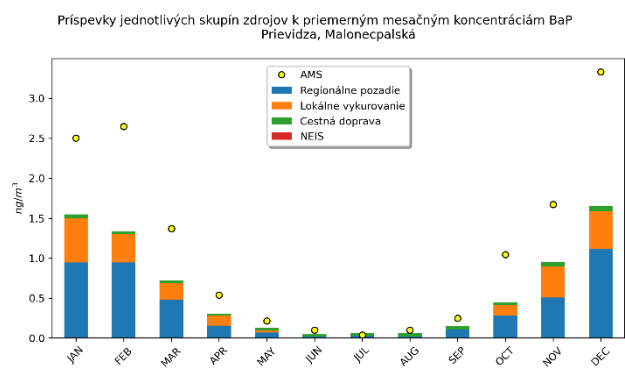
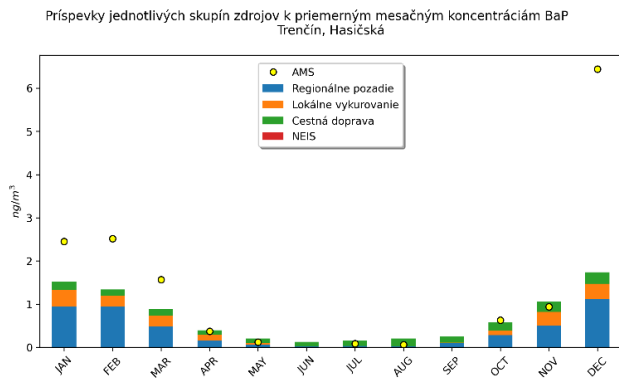
**Limitná hodnota pre priemerné ročné koncentrácie PM<sub>2,5</sub>** je podľa výsledkov modelovania s vysokým rozlíšením prekračovaná na menších územiach, a to v Hornonitrianskej kotline (Čereňany, Osľany) a v Handlovej.

Podrobné mapy pre všetky modelované oblasti a znečisťujúce látky možno nájsť [tu](#).

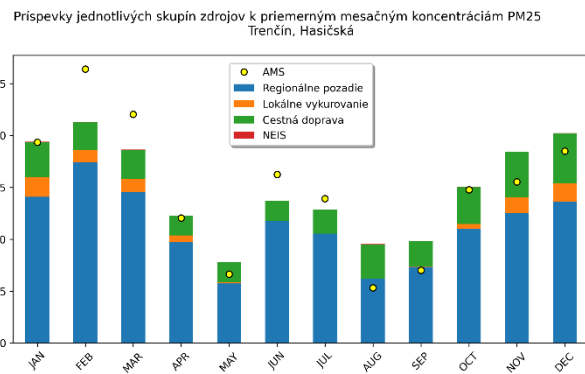
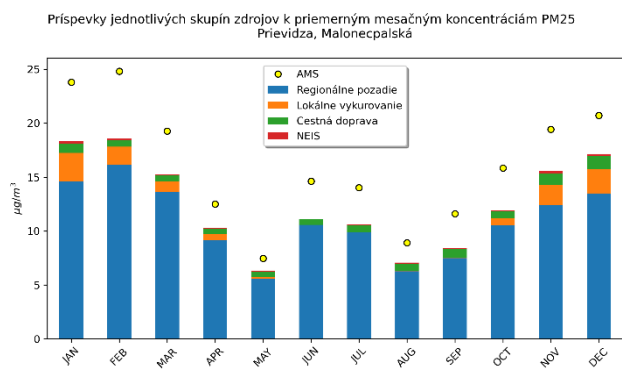
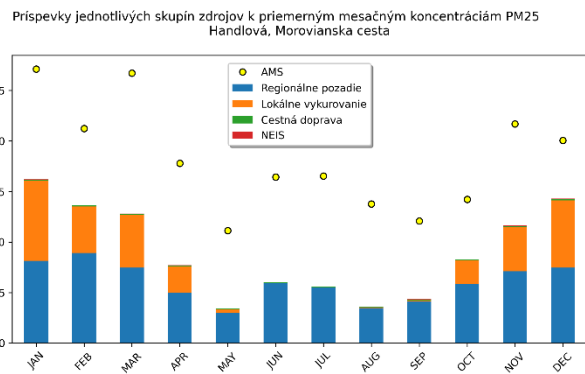
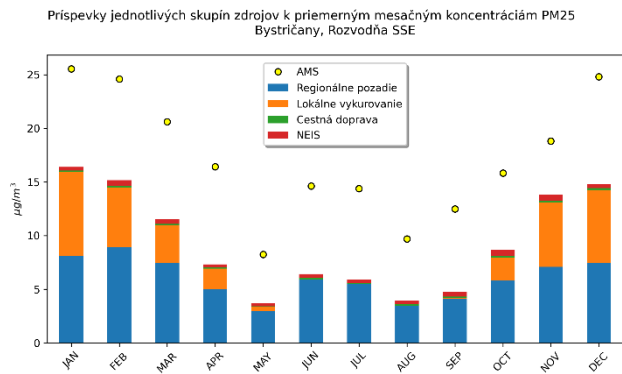
Na **Obr. 4.4** a **Obr. 4.5** sú zobrazené príspevky jednotlivých skupín zdrojov ku koncentráciám BaP a PM<sub>2,5</sub> na staniách NMSKO, spolu s nameranými hodnotami koncentrácií na staniách. Vidno, že na všetkých staniách dochádza k značnému podhodnoteniu koncentrácií modelom. V prípade BaP je podhodnotenie výraznejšie v zimných mesiacoch v Prievidzi aj v Trenčíne (na monitorovacej stanici v Prievidzi bolo v 2021 zaznamenané prekročenie cieľovej hodnoty pre priemernú ročnú koncentráciu BaP, na AMS v Trenčíne nebol v roku 2021 dosiahnutý dostatok platných meraní potrebných na hodnotenie). Príčiny tohto podhodnotenia budeme bližšie skúmať, predpokladáme, že k podhodnoteniu najviac prispieva podhodnotenie emisií zo zdrojov znečisťovania, v týchto prípadoch, keďže ide o BaP, z lokálnych kúrenísk (napríklad môže ísť o vyšší podiel uhlia v skutočnosti v porovnaní s použitými vstupnými dátami). Pri PM<sub>2,5</sub> sa prejavuje výrazné podhodnotenie celoročne na staniách Prievidza, Handlová aj Bystričany, čo by naznačovalo skôr podhodnotené emisie celoročného zdroja. Všetky spomenuté podhodnotenia nám indikujú, že aj mapy koncentrácií vypočítané modelom sú pravdepodobne podhodnotené a oblasti s prekročeniami BaP, ale aj PM<sub>2,5</sub> je v skutočnosti viac, resp. sú plošne výraznejšie.



Obr. 4.3 Priemerné ročné hodnoty koncentrácií BaP vo vybraných oblastiach zóny, modelovaných pomocou modelov s vysokým rozlíšením.



Obr. 4.4 Príspevky jednotlivých skupín zdrojov k priemerným ročným koncentráciám BaP na staniách NMSKO v zóne.



Obr. 4.5 Príspevky jednotlivých skupín zdrojov k priemerným mesačným koncentráciám PM<sub>2,5</sub> na staniách NMSKO v zóne.

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 prekročenia navrhovaných limitov, spolu s porovnaním prekračovania aktuálnych limitov pre všetky domény možno nájsť [tu](#).

Najmenej problematickou znečisťujúcou látkou je NO<sub>2</sub>, ktorého limitné hodnoty nie sú prekračované v žiadnej z modelovaných oblastí, a ani v rámci regionálneho modelovania modelom RIO-IDWR. V prípade PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> je už situácia značne odlišná. Zatiaľ čo v súčasnosti platné limitné hodnoty pre priemerné ročné hodnoty koncentrácií PM<sub>10</sub> nie sú prekračované v žiadnej z oblastí, o polovicu prísnejšia budúca limitná hodnota 20 µg.m<sup>-3</sup> by bola prekročená vo všetkých doménach, najviac v Trenčíne v pomerne rozsiahlych častiach mesta. Prekročenia navrhovanej limitnej hodnoty 10 µg.m<sup>-3</sup> by zasahovali väčšinu územia vo všetkých doménach okrem okresu Prievidza, kde je prekračovanie obmedzené na izolované oblasti jednotlivých obcí. Navrhovaná smernica tiež sprísňuje počet prekročení dennej limitnej koncentrácie PM<sub>10</sub> na 18 oproti súčasným 35, pričom priemernú dennú hodnotu koncentrácie znižuje z 50 na 45 µg.m<sup>-3</sup>. Zároveň zavádza aj limitnú hodnotu priemernej dennej koncentrácie PM<sub>2,5</sub> 25 µg.m<sup>-3</sup>, ktorú tiež nebude možné prekročiť viac ako 18 krát.

### **Analyza príspevkov jednotlivých skupín zdrojov k celkovým koncentráciám**

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 staniách NMSKO pre všetky znečisťujúce látky. Grafy pre BaP a PM<sub>2,5</sub> sú na **Obr. 4.4** a **Obr. 4.5**. (Grafy pre PM<sub>10</sub> majú veľmi podobný priebeh ako pre PM<sub>2,5</sub>). Na všetkých staniách zóny okrem Trenčína tvoria v zimných mesiacoch najvyšší príspevok ku koncentráciám PM lokálne kúreniská, na stanici v Trenčíne, ktorá je dopravného charakteru, tvorí najvyšší podiel cestná doprava. Príspevok ENO ku priemerným ročným koncentráciám v miestach monitorovacích staníc je pre všetky modelované znečisťujúce látky na AMS v Prievidzi aj Handlovej veľmi nízky, nepatrne vyšší je na AMS Bystričany.

Podiel jednotlivých skupín emisných zdrojov je však v priestore premenlivý. Pri skúmaní priestorového rozloženia na mapkách je potrebné všímať si jednak polohu maxim celkových koncentrácií, a v miestach, kde sú koncentrácie relatívne vysoké, preskúmať na mapkách príspevkov lokálnych kúrenísk, NEIS a cestnej dopravy, ktorý sektor má v miestach týchto vysokých koncentrácií relevantný podiel. Oblasti s vyšším príspevkom ENO k priemerným ročným koncentráciám PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> sú iba v areáli elektrární a v ich tesnej blízkosti. V súčasnosti platné limitné hodnoty tu nie sú prekročené. Vo všetkých doménach zóny okrem Trenčína vidíme hlavné maximá koncentrácií v miestach lokálnych kúrenísk. V Trenčíne je vplyv dopravy v blízkosti ciest vyšší ako vplyv kúrenísk. Ako už však bolo podotknuté vyššie, vplyv kúrenísk je pravdepodobne podhodnotený nielen na monitorovacej stanici. Berúc toto do úvahy, vplyv kúrenísk je v skutočnosti pravdepodobne porovnateľný s vplyvom dopravy aj v blízkosti ciest v Trenčíne.

### **Projekcie možných opatrení na zníženie koncentrácií BaP a PM**

Z predchádzajúcej analýzy vyplýva, že opatrenia je potrebné smerovať hlavne do sektora lokálnych kúrenísk. 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 počiatkovej 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. drevené pelety alebo brikety).

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 maximálne koncentrácie BaP aj plochy zasiahnuté prekročeniami limitných hodnôt, avšak, s výnimkou Trenčína, 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. 3.6**), 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.

### **ANALÝZA SITUÁCIE - ZÁVERY**

Táto štúdia je hlavne cielená na vyhodnotenie rozsahu znečistenia ovzdušia v zóne, 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 4 vybraných doménach na území zóny Trenčianskeho kraja pomocou deterministického matematického modelu

CALPUFF pre modelovanie zdrojov NEIS a lokálnych kúrenísk, a modelov IFDM/OSPM pre modelovanie cestnej dopravy vrátane uličných 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 početné oblasti prekračovania priemerných ročných limitných hodnôt BaP a to vo všetkých doménach. V miestach monitorovacích staníc model koncentrácie BaP podhodnocuje.
- Prekračovanie aktuálnych limitných hodnôt priemerných ročných koncentrácií PM<sub>2,5</sub> sa vyskytuje menej často a na menších územiach ako v prípade BaP. Priemerné ročné koncentrácie PM<sub>10</sub> nie sú v súčasnosti prekračované. V miestach monitorovacích staníc model koncentrácie PM väčšinou podhodnocuje.
- Limitné hodnoty priemernej ročnej koncentrácie NO<sub>2</sub> nie sú prekračované ani podľa meraní ani podľa modelovania.
- 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.
- Najvyšší podiel na vysokých koncentráciách BaP, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>10</sub> majú v celej zóne lokálne kúreniská na tuhé palivo, v Trenčíne a na hlavných cestných ťahoch aj cestná doprava (PM).
- Opatrenia na zníženie emisií z lokálnych kúrenísk budú mať vplyv nielen na redukcii koncentrácií BaP, ale aj na PM. Opatrenia modelované podľa Scenáru 1 (výmena polovice prehorievacích a odhorievacích zariadení za nízkoemisné kotle na suché drevo a drevné pelety) sa zdajú dostatočné pre mesto Trenčín, avšak je tam už spomínaná neistota v modelovom podhodnotení koncentrácií BaP. V ostatných doménach ani opatrenia podľa Scenáru 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 redukcii zasiahnutých území. Ďalšou možnosťou je znižovanie energetickej náročnosti domácností podporou kompletného zatepfovania. Zníženie emisií z vykurovania, a tým aj koncentrácií emitovaných ZL v ovzduší, viac-menej zodpovedá percentuálnej hodnote energetickej úspory. 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 neurčitostou 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. 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 zatepfenia 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/emepeea-guidebook-2016>. Posledný prístup: April 27, 2020.

Gadsdon R. S. and Power A. S. 2009. Quantifying local traffic contributions to NO<sub>2</sub> and NH<sub>3</sub> 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 19.8.2021.

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/Methodika\\_final\\_v2.pdf](https://www.shmu.sk/File/oko/studie_analyzy/Methodika_final_v2.pdf), posledný prístup 6.6.2023.

Lefebvre, W., Van Poppel, M., Maiheu, B., & Janssen, S., Dons, E.,: Evaluation of the RIO-IFDM-street canyon model chain. *Atmospheric Environment*. 77. 325–337. 10.1016/j.atmosenv.2013.05.026.

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>

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

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.

ŠÚ SR, 2011: Sčítanie obyvateľov, domov a bytov.

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>)

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).

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.