



EURÓPSKA ÚNIA
Európsky fond
regionálneho rozvoja



Integrovaný regionálny
operačný program
2014 - 2020



MINISTERSTVO
PŔOHOŠPODÁRSTVA
A ROZVOJA VIDIEKA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Technická správa 7

Správa o modelovaní produkcie emisií a spotreby energie z dopravy

Dátum spracovania: 31. 3. 2020

Názov výstupu	Technická zpráva 7: Zpráva o modelování produkce emisí a spotřeby energie z dopravy
Autori a organizácie	Eva Havlíčková, Zdeněk Hejkal, Ivoš Dostál, Libor Špička Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.
Schválené	
Dátum vydania	

Obsah

0	Úvod	3
1	Dátová základňa.....	4
2	Emisná produkcia z dopravy pre rok 2019	5
2.1	Vplyv vybraných modelovaných látok na zdravie obyvateľstva	5
	Oxidy dusíka (NO _x)	5
	Oxid uhoľnatý (CO)	5
	Oxid uhličitý (CO ₂)	5
	Oxid siričitý (SO ₂)	5
	Uhľovodíky (HC)	6
2.2	Metodika výpočtu emisného modelovania	6
2.2.1	Cestná doprava	6
2.2.2	Železničná doprava	9
2.3	Vyhodnotenie emisnej produkcie za rok 2019	9
3	Emisná produkcia z dopravy pre BAU 2030.....	11
3.1	Metodika výpočtu emisného modelovania	11
3.1.1	Cestná doprava	11
3.1.2	Železničná doprava	13
3.2	Vyhodnotenie emisnej produkcie pre BAU 2030	13
4	Spotreba energie z dopravy	15
5	Zdroje literatúry	20

o ÚVOD

Štúdia emisnej produkcie a spotreby energie z dopravy bola spracovaná ako jedna z častí **Plánu udržateľnej mobility funkčného územia krajského mesta Trenčín** (ďalej len PUM), ktorej zadávateľom je Mesto Trenčín. Súčasťou PUM je analýza zaťaženia mesta škodlivými emisiami s ich dopadmi na zdravie obyvateľov a životné prostredie a spotreby energie z dopravy, keďže prevádzka motorových vozidiel spotrebováva neobnoviteľné zdroje energie [1]. Cieľom tejto štúdie je vyhodnotenie emisnej produkcie a spotreby energie pre celé správne územie mesta Trenčín (Skalka nad Váhom, Trenčianska Teplá, Zamarovce, Kostolná-Záriečie, Soblahov, Velké Bierovce, Trenčianska Turná) z cestnej a železničnej dopravy pre rok 2019 a BAU 2030. Zákon č. 137/2010 Z. z. o ovzduší stanovuje zoznam znečisťujúcich látok pre účely hodnotenia a riadenia kvality ovzdušia a podľa vyhlášky č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia sú stanovené limitné hodnoty koncentrácií pre znečisťujúce látky, ktoré majú negatívny dopad na ľudské zdravie a životné prostredie. Preto je potreba tieto škodlivé látky sledovať a minimalizovať ich množstvo v ovzduší. Z hľadiska negatívnych dopadov dopravy na zdravie obyvateľov boli pre štúdiu emisnej produkcie vybrané nasledujúce škodlivé látky: NO_x, CO, SO₂, HC a skleníkový plyn CO₂. V kapitole 2.1 sú podrobnejšie popísané modelované škodlivé látky a ich dopad na zdravie obyvateľov.

1 DÁTOVÁ ZÁKLADŇA

Pre túto štúdiu boli použité podkladové dáta z:

- dopravného modelu mesta Trenčín vytvoreného Centrom dopravného výzkumu (CDV, v. v. i.)
- dátových podkladov traťových úsekov v blízkosti mesta Trenčín od Železníc Slovenskej republiky (ŽSR) na základe žiadosti CDV, v. v. i.
- smerových prieskumov cestnej dopravy vykonaných CDV, v. v. i.
- databázy evidencie vozidiel od Prezídia Policajného zboru, odbor dokladov a evidencií
- meteorologických údajov zo SHMÚ

Práce s podkladovými dátami pre čiastkové emisné modelovanie sú popísané v kapitole 2.

2 EMISNÁ PRODUKCIA Z DOPRAVY PRE ROK 2019

V tejto časti štúdie bola riešená emisná produkcia z dopravy cestnej a železničnej. V kapitole 2.2. je detailnejšie popísaná metodika emisného modelovania a v kapitole 2.3. je vyhodnotená produkcia emisií z dopravy cestnej a železničnej v meste Trenčín pre jednotlivé škodliviny: NO_x, CO, SO₂, HC a CO₂.

2.1 Vplyv vybraných modelovaných látok na zdravie obyvateľstva

Oxidy dusíka (NO_x)

Podľa [2] emisie oxidov dusíka sú spojené hlavne so spaľovaním fosílnych palív, ale aj biomasy. Primárnym zdrojom produkujúcim cca 35 % antropogénnych emisií NO_x sú aj napriek využívaniu katalyzátorov motorové vozidlá, v ktorých vznikajú pri vysokých teplotách spaľovaním zmesi paliva a vzduchu oxidáciou vzdušného dusíka kyslíkom. Dieselové motory produkujú viac NO_x, pretože pri spaľovaní je prebytok kyslíka a dochádza tak k výraznejšej oxidácii dusíka v porovnaní s benzínovými motormi. Medzi ďalšie možné antropogénne zdroje únikov oxidov dusíka je nutné zaradiť všetky chemické procesy, kde sú tieto oxidy prítomné a kde môže k ich úniku dôjsť, napríklad výroba kyseliny dusičnej. Oxid dusičitý spoločne s kyslíkom a prchavými organickými látkami (VOC) prispieva k tvorbe prízemného ozónu a vzniku tzv. fotochemického smogu a je spoločne s oxidmi síry súčasťou kyslých dažďov. NO_x má tiež zásadný negatívny vplyv na vegetáciu a ekosystémy.

Oxid uhoľnatý (CO)

Podľa [3] je toxikologický význam CO prvoradý. Blokuje uvoľňovanie kyslíka a krvotvorbu karboxyhemoglobínu (COHb), a tým spôsobuje poruchy srdca, mozgu, zrakové a sluchové problémy, žalúdočnú nevoľnosť, bolesti brucha. Pri ťažkej otrave dochádza k bezvedomiu, smrť udusením nastáva pri koncentrácii nad 750 mg.m⁻³. V dieselových motoroch pristupuje k spaľovaniu viac kyslíka, takže sa uhlík lepšie spaľuje, a tak je produkcia CO nižšia z dieselových motorov než pri spaľovaní v benzínových motoroch. Tento efekt umocňuje vyššia spotreba benzínových motorov.

Oxid uhličitý (CO₂)

Oxid uhličitý patrí medzi najdôležitejšie skleníkové plyny, ktoré majú vplyv na klimatické zmeny (spôsobuje globálne otepľovanie). V dieselových motoroch pristupuje k spaľovaniu viac kyslíka, uhlík sa lepšie spaľuje, a tak je produkcia CO₂ nižšia z dieselových motorov než pri spaľovaní v benzínových motoroch. Tento efekt ešte umocňuje vyššia spotreba benzínových motorov.

Oxid siričitý (SO₂)

Podľa [3] je SO₂ toxický plyn s dráždivými účinkami spôsobujúci dýchacie problémy, zmeny pľúcnej kapacity a pľúcnych funkcií. V súčasnej dobe je však produkcia SO₂ zo spaľovania pohonných zmesí minimálna vzhľadom ku kvalitným palivám a postupnej legislatívnej regulácii obsahu síry v palivách od roku 2000.

Uhľovodíky (HC)

Uhľovodíky sú súhrnné označenie organických produktov nedokonalého spaľovania pri malom prísune kyslíka alebo nedostatočným prehorením zmesi. Niektoré uhľovodíky sú karcinogénne, niektoré majú vplyv na zmyslové orgány alebo dráždia dýchacie cesty [3].

2.2 Metodika výpočtu emisného modelovania

Modelové výpočty emisnej produkcie pre mesto Trenčín pre súčasný stav roku 2019 boli urobené z cestnej dopravy a motorovej trakcie železničnej dopravy. Modelované škodliviny sú NO_x, CO, SO₂, HC a CO₂. Emisný tok z cestnej dopravy bol vypočítaný na základe dopravného modelu od CDV, v. v. i. vytvoreného pre rok 2019, ktorý bol upravený pre potreby emisného modelovania. Emisný tok zo železničnej dopravy bol vypočítaný na základe dát získaných od Železníc Slovenskej republiky.

2.2.1 Cestná doprava

Emisné modelovanie cestnej dopravy bolo urobené na základe multimodálneho dopravného modelu vytvoreného Centrom dopravného výskumu, v. v. i. (CDV) pre rok 2019. Z dopravného modelu boli použité údaje o dopravnom prúde, t. j. priemerné denné intenzity, kapacitne závislé rýchlosti, plynulosť premávky a sklone komunikácie rozlíšené pre osobné vozidlá (OV), ľahké nákladné vozidlá (LNV), ťažké nákladné vozidlá (TNV) a autobusy (BUS). Dáta boli následne zhotoviteľom upravené v programe ArcGIS 10.6 a prevedené do 3D formátu pre potreby emisného modelovania. Na výpočet emisných tokov pre motorové vozidlá bol použitý program MEFA 13 (podľa metodického pokynu MŽP ČR pre vypracovanie rozptylových štúdií podľa § 32 odst. 1 písm. e) zákona č. 201/2012 Sb., o ochrane ovzdušia). Program MEFA vychádza zo stredoeurópskych priemerných hodnôt emisných faktorov motorových vozidiel (vydaných MŽP ČR), z programovej databázy modelu HBEFA a ďalších zahraničných metodík (napr. CORINAIR, COPERT).

2.2.1.1 Charakteristiky premávky

Charakteristiky premávky (plynulosť a rýchlosť dopravného prúdu) sú použité z dopravného modelu. Nižšie sú popísané spôsoby určenia charakteristík premávky:

Pozdĺžny sklon komunikácie – je generovaný na základe digitálneho modelu reliéfu DMR 5.0 poskytovaného Geodetickým a kartografickým ústavom Bratislava (GKÚ). Z DMR 5.0 je analýzou v GIS získaná informácia o nadmorskej výške úseku a potom vypočítaný jeho percentuálny pozdĺžny sklon. Vďaka modelovým nepresnostiam sa stáva, že niektoré hodnoty sklonu sú nereálne vysoké alebo nízke. Extrémne hodnoty boli preto zhladené za účelom zvýšenia presnosti.

Plynulosť – predstavuje veličinu, ktorá zohľadňuje vplyv jazdného režimu. Vyjadruje sa obvykle pomocou stupňa úrovne kvality dopravy. Na určenie plynulosti bol využitý pomer kapacity komunikácie a dopravnej intenzity a následne bol stupeň úrovne kvality dopravy prevedený na stupnicu používanú programom MEFA podľa [4].

Kapacitne závislá rýchlosť – je generovaná dopravným modelom v závislosti na kapacite komunikácie a reálnych dopravných intenzitách.

2.2.1.2 Dynamická skladba vozového parku pre rok 2019

Na stanovenie dynamickej skladby vozového parku (VP) boli použité údaje zo smerových prieskumov cestnej dopravy vykonaných CDV, v. v. i. a údaje z databázy evidencie vozidiel od Prezídia Policajného zboru. Zo smerových prieskumov boli vygenerované údaje o registračných značkách vozidiel, ktoré boli spárované s databázou evidencie vozidiel. Výstupom boli údaje o druhu a kategórii vozidiel, palive a dátume evidencie. Pre jednotlivé profily smerových prieskumov boli vytvorené dynamické skladby. V priemere bolo za všetky profily spárovaných 87 % vozidiel. Bola urobená analýza všetkých profilov a boli vytvorené tri dynamické skladby (pre diaľnicu a diaľničný privádzač, pre cesty I. a II. triedy, pre cesty III. triedy a miestne komunikácie). Dynamické skladby vozového parku (VP) pre mesto Trenčín boli rozdelené na kategórie osobných vozidiel – kategória M1 (OV), ľahkých nákladných automobilov – kategória N1 (LNV), ťažkých nákladných automobilov – kategórie N2, N3 (TNV) a autobusov – kategórie M2, M3 (BUS). Ďalej boli rozdelené podľa typu paliva a Euro noriem. Skladby autobusov PHD (diaľkové a medzimestské) a MHD (mestské) boli porovnané s údajmi z analýzy o vozovom parku dopravcov v regióne a SAD Trenčín, ktorá tiež zaisťuje MHD v Trenčíne.

Dynamické skladby boli ďalej upravené podľa dlhodobých poznatkov z emisných meraní, z porovnateľných zahraničných metodík i z aktuálnych poznatkov z meraní emisií priamo v dopravnej premávke [5]:

- Malá časť automobilov nie celkom plní emisné predpisy z dôvodu nevyhovujúceho technického stavu vozidla (napr. nefunkčný katalyzátor či filter častíc). Týmto automobilom bola priradená kategória „pred EURO“, ich podiel bol zhodne so štúdiou ŘSD [6] uvažovaný vo výške 2 %, a to pre všetky kategórie vozidiel.
- Časť vozidiel v zastúpení emisných predpisov EURO 4 – 6 produkuje v reálnej prevádzke na komunikácii vyššie množstvo emisií. V súlade s metodikou MŽP ČR [7] boli týmto vozidlám priradené emisné hodnoty zodpovedajúce úrovni EURO 3. Ich podiel je odhadnutý na 30 % z celkového počtu automobilov danej emisnej úrovne.

Dynamické skladby vozového parku pre rok 2019 sú uvedené v Tab. 1-3.

Tab. 1 Dynamická skladba vozového parku pre diaľnicu a diaľničný privádzač pre rok 2019 (%) (2020, analýza CDV)

Kategória vozidiel	Palivo	Euro 0	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6
Osobné vozidlá (OV)	Benzín	0,6422	0,0580	0,7946	10,4705	3,9278	4,7058	9,2773
	Nafta	1,3833	0,0803	1,3570	23,8367	8,4055	13,2144	19,3232
	LPG	0,0000	0,0091	0,0638	0,5967	0,6423	0,4783	0,5193
	CNG	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0319	0,0592	0,0683
	Elektro	0,0547						
Ľahké nákladné vozidlá (LNV)	Benzín	0,0956	0,0000	0,1395	1,8651	2,1760	0,2232	0,2790

	Nafta	1,9642	0,2590	0,6177	33,3355	18,5658	16,2364	24,2429
Ťažké nákladné vozidlá (TNV)	Nafta	2,2807	0,2807	1,4386	35,1860	12,2070	14,1719	34,4351
Autobusy PHD	Nafta	2,0000	1,7500	8,7500	49,5250	11,0250	6,1250	20,8250

Tab. 2 Dynamická skladba vozového parku pre cesty I. a II. triedy pre rok 2019 (%) (2020, analýza CDV)

Kategória vozidiel	Palivo	Euro 0	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6
Osobné vozidlá (OV)	Benzín	0,9916	0,2070	3,2547	15,8198	6,6647	5,4573	8,7834
	Nafta	1,1761	0,1470	2,3608	21,8870	9,0081	10,6858	10,3918
	LPG	0,0092	0,0031	0,1867	0,6703	0,7254	0,6183	0,7499
	CNG	0,0000	0,0000	0,0000	0,0061	0,0031	0,0673	0,0582
	Elektro	0,0673						
Ľahké nákladné vozidlá (LNV)	Benzín	0,3240	0,0369	0,4061	4,5133	3,7214	0,3101	0,4264
	Nafta	1,9506	0,7568	1,9751	34,1293	23,0131	13,8260	14,4979
	Elektro	0,1130						
Ťažké nákladné vozidlá (TNV)	Nafta	6,6425	2,0311	2,9016	36,7845	14,9285	13,8622	22,8497
Autobusy PHD	Nafta	2,0000	0,0000	2,8636	30,7682	12,5841	25,7250	26,0591
Autobusy MHD	Nafta	0,0000	0,0000	0,0000	50,0000	36,3636	11,3636	2,2727

Tab. 3 Dynamická skladba vozového parku pre cesty III. triedy a miestne komunikácie pre rok 2019 (%) (2020, analýza CDV)

Kategória vozidiel	Palivo	Euro 0	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6
Osobné vozidlá (OV)	Benzín	0,9976	0,2214	3,3376	17,0045	7,1927	6,4751	9,9365
	Nafta	1,0994	0,1271	1,9763	20,1941	7,8413	10,7890	9,6610
	LPG	0,0042	0,0000	0,1506	0,6360	0,7406	0,5272	0,8619
	CNG	0,0000	0,0000	0,0084	0,0042	0,0251	0,0544	0,0335
	Elektro	0,1004						
Ľahké nákladné vozidlá (LNV)	Benzín	0,3678	0,1446	0,4628	5,9992	4,7178	0,4252	0,4860
	Nafta	1,8046	0,9256	2,3430	34,1756	23,5079	12,1083	12,4727
	Elektro	0,0590						
Ťažké nákladné vozidlá (TNV)	Nafta	6,8088	0,6633	5,1404	38,8684	14,8575	13,0003	20,6613
Autobusy PHD	Nafta	2,0000	0,0000	1,5506	30,0203	51,0158	12,1570	3,2563
Autobusy MHD	Nafta	0,0000	0,0000	0,0000	50,0000	36,3636	11,3636	2,2727

Z prostredia GIS boli exportované údaje o prevádzke pre jednotlivé úseky a spoločne s dynamickou skladbou vozového parku boli importované do programu na výpočet emisií MEFA 13. Výpočet zahŕňa spaľovacie emisie NO_x, CO, SO₂ a HC. Takisto sú zohľadnené emisie zo studených štartov podľa metodiky MEFA 13 [8]. Priemerné mesačné teploty boli odčítané z dát publikovaných na webe SHMÚ pre Trenčiansky kraj a priemerná dĺžka jazdy odvodená z dopravného modelu. Výpočet emisií CO₂ bol urobený na základe emisných faktorov jednotlivých palív uvedených v metodike SEAP [9], pričom vstupom pre výpočet bola energia spotrebovaného paliva vo vozových parkoch za rok. Pri výpočte emisií CO₂ bol zohľadnený prídavok biopalív do benzínu a nafty (biopalivá nie sú zahrnuté do emisií CO₂).

Výstupom sú súbory vypočítaných emisií pre jednotlivé úseky z cestnej dopravy pre rok 2019 na území mesta Trenčín.

2.2.2 Železničná doprava

Emisné modelovanie z motorovej trakcie železničnej dopravy vychádza z údajov od Železníc Slovenskej republiky (ŽSR). Na základe dostupných grafikonov boli rozčlenené intenzity vlakovej dopravy podľa druhu vlaku (nákladný/osobný) a podielu jednotlivých typov vlakov na celkovej intenzite motorovej trakcie. Na základe týchto dát s využitím údajov o hmotnosti každého vlaku a spotrebe paliva na 1000 hrtek bola pre každý traťový úsek vypočítaná priemerná spotreba paliva železničnej dopravy v l/deň/km. Podľa priemernej hustoty palív motorovej nafty (0,836 kg/l) [10] bola vypočítaná spotreba v kg/deň/km a tá násobená emisným faktorom uvádzaným v EIG [11] pre danú škodlivinu. V Tab. 4 sú uvedené priemerné spotreby nafty dieselovej trakcie železničnej dopravy.

Tab. 4 Priemerné spotreby nafty na železničných tratiach v roku 2019 (2020, analýza CDV)

Trať	l/deň/km
Dubnica nad Váhom- Výh. Nivy	55,0037
Trenčín- Mníchova Lehota	10,7533
Trenčianska Teplá- Nemšová	18,9125

2.3 Vyhodnotenie emisnej produkcie za rok 2019

Produkcia všetkých modelovaných emisií zo všetkých úsekov celého záujmového územia mesta Trenčín za rok 2019 z cestnej dopravy dosahuje 109 305 t, zo železničnej dopravy dosahuje 433 t. Hodnoty emisnej produkcie z cestnej dopravy niekoľkonásobne prevyšujú hodnoty z dopravy železničnej. V oboch módoch dopravy má najvyšší podiel na celkovej produkcii emisií skleníkový plyn CO₂. Ďalšími škodlivými látkami s vyššou emisnou produkciou sú NO_x a CO, najnižší podiel má SO₂. Celkové množstvo emisnej produkcie z cestnej a železničnej dopravy zo všetkých modelovaných úsekov pre mesto Trenčín je uvedené v Tab.5.

Tab. 5 Celkové množstvo emisnej produkcie z cestnej a železničnej dopravy v roku 2019 (2020, analýza CDV)

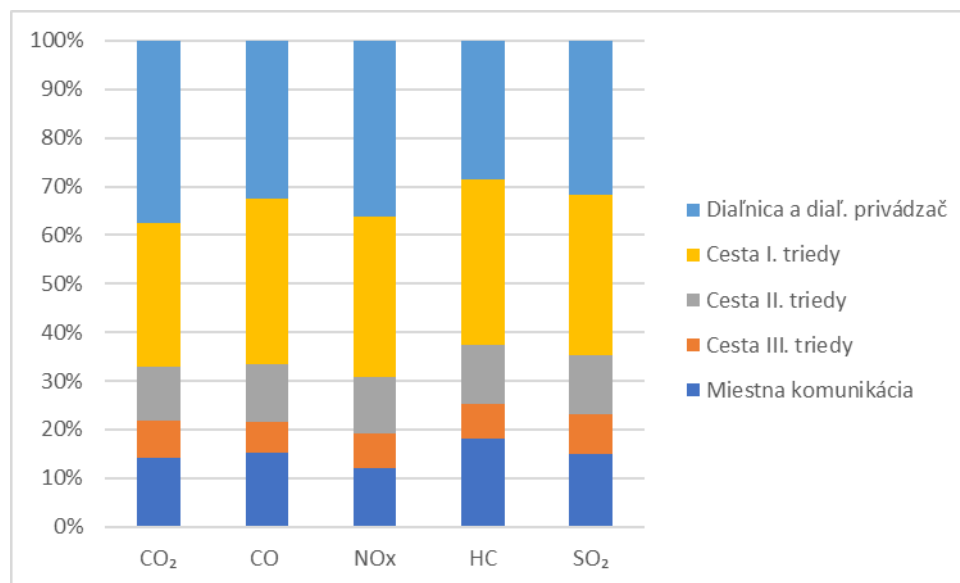
Modelované emisie	Emisná produkcia (t/rok)	
	Cestná doprava	Železničná doprava
NO _x	328,8420	7,0696
CO	443,6880	1,4436
SO ₂	2,0201	0,0027
HC	86,7883	0,6514
CO ₂	108 444,1880	423,6389

Emisná produkcia z cestnej dopravy v rozlíšení podľa kategórie pozemných komunikácií je uvedená v Tab. 6. Na diaľnici a ceste I. triedy s vysokým ADT (= priemerný denný počet vozidiel na komunikácii) dochádza k najväčšiemu podielu emisií, čo korešponduje s vyšším emisným tokom na ceste I/9, I/61,

I/61B, ul. Bratislavská, u. Belá, ul. Električná, ul. Gen. M.R. Štefánika, ul. Štefana Straku. Na miestnych komunikáciách je najvyšší emisný tok na ul. Rozmarínová, Námestí sv. Anny, ul. Legionárska, ul. Krajujevackých hrdinov, ul. Železničná, ul. Nám. SNP, ul. Martina Rázusa, ul. Palackého, ul. Kniežaťa Pribinu, ul. Soblahovská, ul. Generála L. Svobodu. Na Grafe 1 je znázornený podiel celkovej emisnej produkcie z cestnej dopravy v závislosti na kategórii pozemných komunikácií. Grafické znázornenie emisných tokov NO_x, CO, SO₂, HC a CO₂ na modelovanom území mesta Trenčín pre rok 2019 je zobrazené v Prílohe 1-5.

Tab. 6 Emisná produkcia z cestnej dopravy podľa kategórie pozemných komunikácií v roku 2019 (2020, analýza CDV)

Komunikácia	NO _x	CO	SO ₂	HC	CO ₂
Diaľnica a diaľničný privádzač	118,9116	144,3467	0,6427	24,6694	40 614,8279
Cesta I. triedy	108,9964	150,4963	0,6634	29,6030	32 055,8400
Cesta II. triedy	37,7874	52,7944	0,2489	10,5716	12 183,4052
Cesta III. triedy	23,0890	28,6075	0,1640	6,2318	8 356,3789
Miestna komunikácia	40,0576	67,4431	0,3012	15,7125	15 233,7361



Graf 1 Podiel emisnej produkcie podľa kategórie pozemných komunikácií v roku 2019 (2020, analýza CDV)

3 EMISNÁ PRODUKCIA Z DOPRAVY PRE BAU 2030

V tejto časti štúdie bola riešená emisná produkcia z dopravy cestnej a železničnej pre scenár BAU 2030. V kapitole 3.1. je detailnejšie popísaná metodika emisného modelovania a v kapitole 3.2. je vyhodnotená emisná produkcia z dopravy cestnej a železničnej pre územie mesta Trenčín pre jednotlivé modelované látky.

3.1 Metodika výpočtu emisného modelovania

Modelové výpočty emisnej produkcie pre územie mesta Trenčín pre BAU 2030 boli urobené z cestnej dopravy a motorovej trakcie železničnej dopravy. Modelované škodliviny sú NO_x, CO, SO₂, HC a CO₂. Emisný tok z cestnej dopravy bol vypočítaný na základe dopravného modelu od CDV, v. v. i. vytvoreného pre scenár BAU 2030, ktorý bol upravený pre potreby emisného modelovania. Emisná produkcia zo železničnej dopravy bola prevzatá z roku 2019, keďže v scenári BAU 2030 nie sú v predmetnom území plánované žiadne železničné stavby.

3.1.1 Cestná doprava

Emisné modelovanie cestnej dopravy bolo urobené na základe multimodálneho dopravného modelu vytvoreného Centrom dopravného výskumu, v. v. i. (CDV) pre BAU 2030. Z dopravného modelu boli použité údaje o dopravnom prúde, t. j. priemerné denné intenzity, kapacitne závislé rýchlosti, plynulosť premávky a sklone komunikácie rozlíšené pre osobné vozidlá (OV), ľahké nákladné vozidlá (LNV), ťažké nákladné vozidlá (TNV) a autobusy (BUS). Dáta boli následne zhotoviteľom upravené v programe ArcGIS 10.6 a prevedené do 3D formátu pre potreby emisného modelovania. Na výpočet emisných tokov pre motorové vozidlá bol použitý program MEFA 13 (podľa metodického pokynu MŽP ČR pre vypracovanie rozptylových štúdií podľa § 32 odst. 1 písm. e) zákona č. 201/2012 Sb., o ochrane ovzdušia. Program MEFA vychádza zo stredoeurópskych priemerných hodnôt emisných faktorov motorových vozidiel (vydaných MŽP ČR), programovej databázy modelu HBEFA a ďalších zahraničných metodík (napr. CORINAIR, COPERT).

3.1.1.1 Dynamická skladba vozového parku pre BAU 2030

Na stanovenie dynamickej skladby vozového parku pre scenár BAU 2030 boli použité dynamické skladby vozového parku pre rok 2019, ktoré boli upravené s použitím výhľadových modelových grafov firmy ATEM s. r. o. [6], s prognózou vývoja dynamickej skladby pre rok 2030, ktoré rešpektujú prognózu Vízie cestnej dopravy v roku 2030 a Národného plánu čistej mobility. Dynamické skladby boli ďalej upravené podľa Návrhu národného politického rámca pre rozvoj trhu s alternatívnymi palivami, Návrhu Akčného plánu rozvoja elektromobility v Slovenskej republike, Strategického plánu rozvoja dopravy SR do roku 2030, Stratégie Doprava 2050 a Bielej knihy: Plán jednotného európskeho dopravného priestoru - Vytvorenie konkurencieschopného dopravného systému efektívne využívajúceho zdroje, kde jedným z prioritných cieľov je presun k ekologickejšim vozidlám a palivám v mestskej doprave. Do roku 2030 by malo dôjsť k 50% zníženiu podielu vozidiel na konvenčné palivá a do roku 2050 k ich postupnému vyradeniu z miest. Pri stanovení skladby autobusov pre rok 2030 boli zohľadnené zámery Mesta Trenčín, ktoré plánuje nákup 100 % autobusov MHD na CNG pohon a v súčasnej

dobe jedná o vybudovaní plničky CNG. Dynamické skladby vozového parku pre BAU 2030 sú uvedené v Tab. 7-9.

Tab. 7 Dynamická skladba vozového parku pre diaľnicu a diaľničný privádzač pre BAU 2030 (%) (2020, analýza CDV)

Kategória vozidiel	Palivo	Euro 0	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6
Osobné vozidlá (OV)	Benzín	0,5602	0,1098	0,1501	0,3487	0,8143	2,2744	24,6753
	Nafta	1,2125	0,1527	0,2576	0,7976	1,7510	6,4172	51,6412
	LPG	0,0000	0,0185	0,0130	0,0214	0,1432	0,2486	1,8552
	CNG	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0071	0,0308	1,9954
	Elektro	4,500						
Ľahké nákladné vozidlá (LNV)	Benzín	0,0874	0,0000	0,0822	0,0657	0,3018	0,1291	0,9435
	Nafta	1,7974	0,2976	0,3642	1,1743	2,5750	9,3941	81,9877
	Elektro	0,800						
Ťažké nákladné vozidlá (TNV)	Nafta	2,600	0,300	0,4000	0,900	1,500	3,800	90,5000
Autobusy PHD	Nafta	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	100,0000

Tab. 8 Dynamická skladba vozového parku pre cesty I. a II. triedy pre BAU 2030 (%) (2020, analýza CDV)

Kategória vozidiel	Palivo	Euro 0	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6
Osobné vozidlá (OV)	Benzín	0,8128	0,1633	0,2371	0,4838	1,1067	2,9237	34,3930
	Nafta	0,9604	0,1155	0,1713	0,6668	1,4901	5,7028	40,5355
	LPG	0,0080	0,0026	0,0145	0,0218	0,1283	0,3527	3,1268
	CNG	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0005	0,0384	2,0425
	Elektro	4,5008						
Ľahké nákladné vozidlá (LNV)	Benzín	0,2699	0,0139	0,0765	0,1456	0,4026	0,2098	2,3672
	Nafta	1,6250	0,2853	0,3722	1,1010	2,4896	9,3516	80,4843
	Elektro	0,8070						
Ťažké nákladné vozidlá (TNV)	Nafta	2,600	0,300	0,4000	0,900	1,500	3,800	90,5000
Autobusy PHD	Nafta	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	60,0000
	CNG	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	40,0000
Autobusy MHD	CNG	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	100,0000

Tab. 9 Dynamická skladba vozového parku pre cesty III. triedy a miestne komunikácie pre BAU 2030 (%) (2020, analýza CDV)

Kategória vozidiel	Palivo	Euro 0	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6
Osobné vozidlá (OV)	Benzín	0,8465	0,1788	0,2575	0,5271	1,2389	3,2672	37,8690
	Nafta	0,9299	0,1023	0,1520	0,6240	1,3463	5,4266	36,7022
	LPG	0,0038	0,0000	0,0124	0,0210	0,1359	0,2835	3,5003
	CNG	0,0000	0,0000	0,0007	0,0001	0,0046	0,0292	2,0359
	Elektro	4,5038						
Ľahké nákladné vozidlá (LNV)	Benzín	0,3192	0,0402	0,0737	0,1852	0,4811	0,3217	3,1113
	Nafta	1,5664	0,2575	0,3729	1,0553	2,3970	9,1611	79,8575
	Elektro	0,800						
Ťažké nákladné vozidlá (TNV)	Nafta	2,600	0,300	0,4000	0,900	1,500	3,800	90,5000

Autobusy PHD	Nafta	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	60,0000
	CNG	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	40,0000
Autobusy MHD	CNG	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	100,0000

Z prostredia GIS boli exportované údaje o premávke pre jednotlivé úseky a spoločne s dynamickou skladbou vozového parku boli importované do programu na výpočet emisií MEFA 13. Výpočet zahŕňa spaľovacie emisie NO_x, CO, SO₂ a HC. Takisto sú zohľadnené emisie zo studených štartov podľa metódy MEFA 13 [8]. Priemerné mesačné teploty boli odčítané z dát publikovaných na webe SHMÚ pre Trenčiansky kraj a priemerná dĺžka jazdy odvodená z dopravného modelu. Výpočet emisií CO₂ bol urobený na základe emisných faktorov jednotlivých palív uvedených v metodike SEAP [9], pričom vstupom pre výpočet bola energia spotrebovaného paliva vo vozových parkoch za rok. Pri výpočte emisií CO₂ bol zohľadnený prídavok biopalív do benzínu a nafty (biopalivá nie sú zahrnuté do emisií CO₂). Výstupom sú súbory vypočítaných emisií pre jednotlivé úseky z cestnej dopravy pre BAU 2030 na území mesta Trenčín.

3.1.2 Železničná doprava

Vzhľadom k tomu, že v scenári BAU 2030 nie sú v predmetnom území plánované žiadne železničné stavby, zostáva stav rovnaký ako v scenári súčasnom (rok 2019).

3.2 Vyhodnotenie emisnej produkcie pre BAU 2030

Produkcia všetkých modelovaných emisií zo všetkých úsekov celého záujmového územia mesta Trenčín pre BAU 2030 z cestnej dopravy dosahuje 121 863 t, zo železničnej dopravy dosahuje 433 t. Hodnoty emisnej produkcie z cestnej dopravy niekoľkonásobne prevyšujú hodnoty z dopravy železničnej. V oboch módoch dopravy má najvyšší podiel na celkovej produkcii emisií skleníkový plyn CO₂. Ďalšími škodlivými látkami s vyššou emisnou produkciou sú NO_x a CO, najnižší podiel má SO₂. Celkové množstvo emisnej produkcie z cestnej a železničnej dopravy zo všetkých modelovaných úsekov pre mesto Trenčín je uvedené v Tab.10

Tab. 10 Celkové množstvo emisnej produkcie z cestnej a železničnej dopravy pre BAU 2030 (2020, analýza CDV)

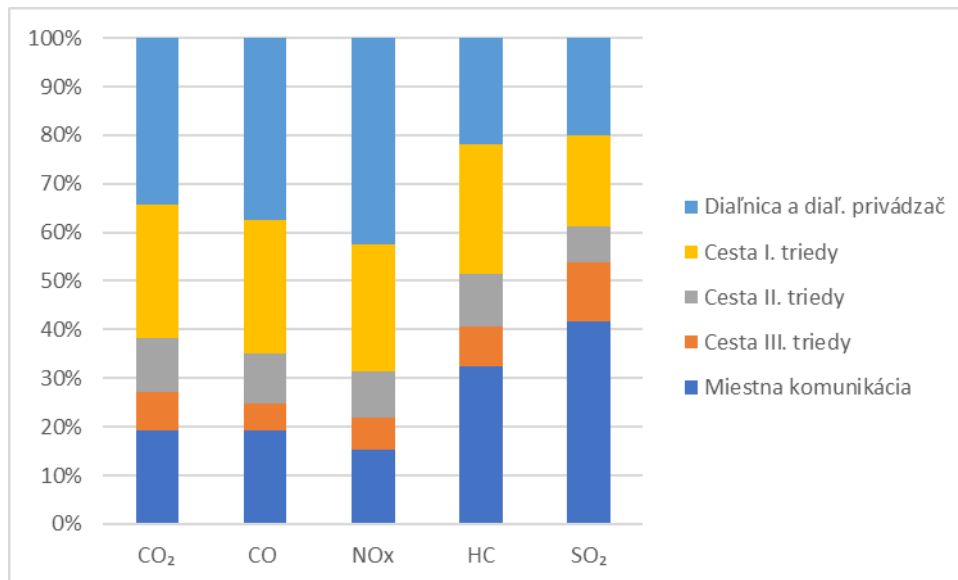
Emisná produkcia (t/rok)		
Modelované emisie	Cestná doprava	Železničná doprava
NO _x	187,3816	7,0696
CO	357,4992	1,4436
SO ₂	3,1140	0,0027
HC	66,5062	0,6514
CO ₂	121 248,0679	423,6389

Emisná produkcia z cestnej dopravy v rozlíšení podľa kategórie pozemných komunikácií je uvedená v Tab. 11. Na diaľnici a ceste I. triedy s vysokým ADT (= priemerný denný počet vozidiel na komunikácii) dochádza k najväčšiemu podielu emisií, čo korešponduje s vyšším emisným tokom na ceste I/61,

I/61B, ul. Bratislavská, u. Belá, ul. Električná, ul. Hasičská, ul. Gen. M.R. Štefánika. Na miestnych komunikáciách je najvyšší emisný tok na ul. Rozmarínová, ul. Legionárska, ul. Palackého, ul. Generála L. Svobodu. Na Grafe 2 je znázornený podiel celkovej emisnej produkcie z cestnej dopravy v závislosti na kategórii pozemných komunikácií. Grafické znázornenie emisných tokov NO_x, CO, SO₂, HC a CO₂ na modelovanom území mesta Trenčín pre BAU 2030 je zobrazené v Prílohe 6-10.

Tab. 11 Emisná produkcia z cestnej dopravy podľa kategórie pozemných komunikácií pre BAU 2030 (2020, analýza CDV)

Komunikácia	NO _x	CO	SO ₂	HC	CO ₂
Diaľnica a diaľničný privádzač	79,3977	133,8811	0,6245	14,5746	41 636,2742
Cesta I. triedy	48,9888	98,6226	0,5826	17,7577	33 220,7914
Cesta II. triedy	18,0193	36,3809	0,2275	7,1324	13 489,6027
Cesta III. triedy	12,3507	19,8317	0,3783	5,5373	9 611,6163
Miestna komunikácia	28,6251	68,7828	1,3011	21,5041	23 289,7832



Graf 2 Podiel emisnej produkcie podľa kategórie pozemných komunikácií pre BAU 2030 (2020, analýza CDV)

4 SPOTREBA ENERGIE Z DOPRAVY

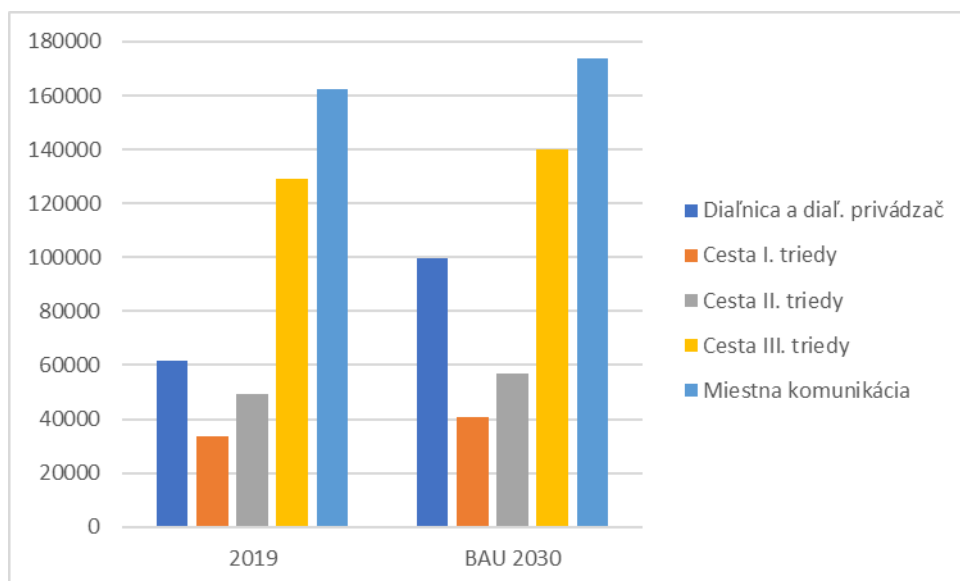
Vstupom pre výpočet spotreby energie z cestnej dopravy boli údaje z dopravného modelu o dopravnom prúde, t. j. priemerné denné intenzity, kapacitne závislé rýchlosti rozlíšené pre osobné vozidlá (OV), ľahké nákladné vozidlá (LNV), ťažké nákladné vozidlá (TNV), autobusy (BUS) MHD a PHD a dynamická skladba vozidiel na komunikáciách na území mesta Trenčín. Na stanovenie spotreby energie boli použité vzťahy pre výpočet rýchlostne závislých faktorov spotreby jednotlivých emisných kategórií vozidiel a paliva podľa metodiky EMEP/EEA [11]. Pri výpočte spotreby energie boli sledované samostatne fosílné časti benzínu a nafty a prídavok príslušných biopalív. Pre scenár BAU 2030 bol podiel biozložiek pri nafte i pri benzíne navýšený na 10 % v súlade s predpokladaným zavádzaním motorových palív E10 a B10 do bežného predaja. Východiskovým podkladom pre výpočet spotreby energie zo železničnej dopravy boli údaje o spotrebe pohonných hmôt. Táto spotreba PHM bola prepočítaná na spotrebovanú energiu pomocou konverzných faktorov pre naftu. Pri výpočte spotreby energie bola sledovaná samostatne fosílna časť nafty a prídavok príslušného biopaliva. Pre scenár BAU 2030 bol podiel biozložky pri nafte navýšený na 10 % v súlade s predpokladaným zavádzaním motorových palív E10 a B10 do bežného predaja. Výsledky výpočtov spotreby energie boli vyjadrené súhrnne v Tab. 12. Spotreba energie z cestnej dopravy v rozlíšení podľa kategórie pozemných komunikácií je uvedená v Tab. 13 a grafické znázornenie v Grafe 3.

Tab. 12 Celková spotreba energie z cestnej a železničnej dopravy pre rok 2019 a BAU 2030 (2020, analýza CDV)

	2019	BAU 2030
Cestná doprava	435 877,2373	511 386,7185
Železničná doprava	1 609,9648	1 607,3826

Tab. 13 Spotreba energie z cestnej dopravy podľa kategórie pozemných komunikácií (2020, analýza CDV)

Komunikácia	2019	BAU 2030
Diaľnica a diaľničný privádzač	162 364,4398	173 810,0469
Cesta I. triedy	129 091,8573	140 145,0110
Cesta II. triedy	49 120,0203	57 044,2149
Cesta III. triedy	33 752,1324	40 831,8242
Miestna komunikácia	61 548,7875	99 555,6215



Graf 3 Podiel produkcie energie z cestnej dopravy podľa kategórie pozemných komunikácií (2020, analýza CDV)

Zoznam tabuliek

Tab. 1 Dynamická skladba vozového parku pre diaľnicu a diaľničný privádzač pre rok 2019 (%) (2020, analýza CDV)	7
Tab. 2 Dynamická skladba vozového parku pre cesty I. a II. triedy pre rok 2019 (%) (2020, analýza CDV)	8
Tab. 3 Dynamická skladba vozového parku pre cesty III. triedy a miestne komunikácie pre rok 2019 (%) (2020, analýza CDV)	8
Tab. 4 Priemerné spotreby nafty na železničných tratiach v roku 2019 (2020, analýza CDV)	9
Tab. 5 Celkové množstvo emisnej produkcie z cestnej a železničnej dopravy v roku 2019 (2020, analýza CDV)	9
Tab. 6 Emisná produkcia z cestnej dopravy podľa kategórie pozemných komunikácií v roku 2019 (2020, analýza CDV)	10
Tab. 7 Dynamická skladba vozového parku pre diaľnicu a diaľničný privádzač pre BAU 2030 (%) (2020, analýza CDV)	12
Tab. 8 Dynamická skladba vozového parku pre cesty I. a II. triedy pre BAU 2030 (%) (2020, analýza CDV)	12
Tab. 9 Dynamická skladba vozového parku pre cesty III. triedy a miestne komunikácie pre BAU 2030 (%) (2020, analýza CDV)	12
Tab. 10 Celkové množstvo emisnej produkcie z cestnej a železničnej dopravy pre BAU 2030 (2020, analýza CDV)	13
Tab. 11 Emisná produkcia z cestnej dopravy podľa kategórie pozemných komunikácií pre BAU 2030 (2020, analýza CDV)	14
Tab. 12 Celková spotreba energie z cestnej a železničnej dopravy pre rok 2019 a BAU 2030 (2020, analýza CDV)	15
Tab. 13 Spotreba energie z cestnej dopravy podľa kategórie pozemných komunikácií (2020, analýza CDV)	15

Zoznam grafov

Graf 1 Podiel emisnej produkcie podľa kategórie pozemných komunikácií v roku 2019 (2020, analýza CDV).....	10
Graf 2 Podiel emisnej produkcie podľa kategórie pozemných komunikácií pre BAU 2030 (2020, analýza CDV) ...	14
Graf 3 Podiel produkcie energie z cestnej dopravy podľa kategórie pozemných komunikácií (2020, analýza CDV)	16

Zoznam príloh

- Príloha č.1 Emisný tok oxidov dusíka, cestná a železničná doprava, súčasný stav (rok 2019)
- Príloha č.2 Emisný tok oxidu uhoľnatého, cestná a železničná doprava, súčasný stav (rok 2019)
- Príloha č.3 Emisný tok oxidu uhličitého, cestná a železničná doprava, súčasný stav (rok 2019)
- Príloha č.4 Emisný tok oxidu siričitého, cestná a železničná doprava, súčasný stav (rok 2019)
- Príloha č.5 Emisný tok uhľovodíkov, cestná a železničná doprava, súčasný stav (rok 2019)
- Príloha č.6 Emisný tok oxidov dusíka, cestná a železničná doprava, scenár BAU-B 2030
- Príloha č.7 Emisný tok oxidu uhoľnatého, cestná a železničná doprava, scenár BAU-B 2030
- Príloha č.8 Emisný tok oxidu uhličitého, cestná a železničná doprava, scenár BAU-B 2030
- Príloha č.9 Emisný tok oxidu siričitého, cestná a železničná doprava, scenár BAU-B 2030
- Príloha č.10 Emisný tok uhľovodíkov, cestná a železničná doprava, scenár BAU-B 2030

5 ZDROJE LITERATURY

- [1] JORDOVÁ, R., SPERAT, Z., FOLTÝNOVÁ, H., MARTINEK, J. Metodika pro přípravu plánů udržitelné mobility měst České republiky. Brno : Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., 2015.
- [2] ŠPIČKA, L. et al. Environmentální a ekonomické posouzení opatření podpory čistých vozidel ve městech. Závěrečná zpráva. CDV. Brno. 2011. 104 s.
- [3] ADAMEC, V. et al. Doprava, zdraví a životní prostředí. GRADA. Praha. 2008. 160 s.
- [4] EDIP (2009): Dopravně inženýrská data pro kvantifikaci vlivů automobilové dopravy na životní prostředí. EDIP, Liberec, 48 s. ISBN 978-80-87394-00-7.
- [5] KAREL, J. et al. (2017): Předběžné stanovisko k předpokládaným dopadům k zavedení nízkoemisní zóny na emisní a imisní situaci na území hl. m. Prahy. ATEM. Praha. 18 s
- [6] KAREL, J. et al. (2016): Zjištění aktuální dynamické skladby vozového parku v roce 2015. Prognóza skladby vozového parku do roku 2040. ATEM. Praha. 211 s.
- [7] MÁČA V. a kol. (2014): Metodika pro hodnocení emisí zdravotně rizikových látek ze cestní dopravy a externích nákladů v důsledku jejich působení na lidské zdraví. TA ČR, COŽP UK.
- [8] ATEM (2013): MEFA 13 – Uživatelská příručka. ATEM, s.r.o. Praha. 51 s.
- [9] SEAP (2010). How to develop a sustainable energy action plan (SEAP) - Guidebook. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 120 s. Dostupný na [www: https://www.eumayors.eu/IMG/pdf/seap_guidelines_en.pdf](https://www.eumayors.eu/IMG/pdf/seap_guidelines_en.pdf).
- [10] MATĚJOVSKÝ, Vladimír. Automobilová paliva. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-0350-5.
- [11] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 [online]