

# LIFE CYCLE ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE AND INDIVIDUAL MODES OF TRANSPORT

## POSUDZOVANIE ENVIRONMENTÁLNYCH DOPADOV DOPRAVNEJ INFRAŠTRUKTÚRY A JEDNOTLIVÝCH DRUHOV DOPRÁV METÓDOU ŽIVOTNÉHO CYKLU

**Kristína Kováčiková**

Air Transport Department  
University of Žilina  
Univerzitná 8215/1  
010 26 Žilina  
Kovacikova33@stud.uniza.sk

**Antonín Kazda**

Air Transport Department  
University of Žilina  
Univerzitná 8215/1  
010 26 Žilina  
kazda@fpedas.uniza.com

### Abstract

The paper is focused on the assessment of the environmental impacts of transport infrastructure and individual types of transport using the life cycle assessment method. The paper contains a description of the basic terminology of the problem related to transport, the environment and methods of environmental impact assessment. The paper contains analysis on monitoring carbon dioxide emissions from a global perspective as well as from a regional perspective focused on Slovakia. The aim of the paper is to create a proposal for the assessment of environmental impacts of transport infrastructure, in the form of specification of areas of assessment for selected types of transport with a focus on carbon dioxide emissions. Using the knowledge and principles of the life cycle method, a proposal for relevant indicators and a proposal for a comprehensive assessment of the impacts of selected types of transport, focused on carbon dioxide emissions, is created in the paper.

### Keywords

Life cycle assessment, Environment, Transport infrastructure, Transport, Carbon dioxide emissions

## 1. Úvod

Životné prostredie je ovplyvňované činnosťou človeka, vo väčšine prípadov ide o priame, či nepriame negatívne zásahy, vplyvom rozvoja priemyslu, dopravy, energetiky, poľnohospodárstva. Preto sa stáva čoraz viac diskutovanou témou ochrana životného prostredia najmä eliminácia nepriaznivých dopadov na znečistenie ovzdušia, znečistenie vôd, eutrofizáciu vody, ohrozenie pôdy.

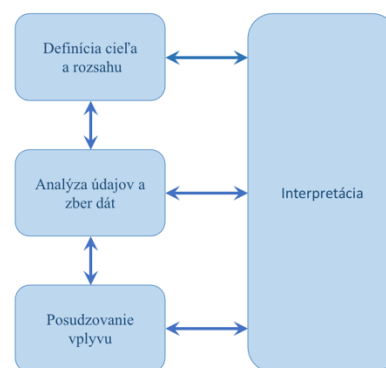
Jedným zo sektorov hospodárstva, ktorý ovplyvňuje životné prostredie je doprava. Znečisťovanie ovzdušia emisiami z dopravy prispieva ku celosvetovým environmentálnym problémom. V súčasnosti sú k dispozícii viaceré metódy pre posúdenie vplyvu na životné prostredie, no nepokrývajú celý životný cyklus. Pri posudzovaní vplyvu na životné prostredie je výhodná metóda posudzovania životného cyklu (LCA), ktorá berie do úvahy celý životný cyklus.

## 2. Metóda životného cyklu

Metóda posudzovania životného cyklu porovnáva environmentálne vplyvy produktov, výrobkov alebo služieb s ohľadom na ich životný cyklus. Metóda uvažuje so všetkými emisiami, do všetkých zložiek životného prostredia, počas výroby, používania aj zneškodňovania produktu. [1] Zahŕňa aj procesy získavania surovín, výroby materiálov a energie, pomocné procesy a subprocessy. Metódu posudzovania životného cyklu je možné definovať ako zhromažďovanie a

vyhodnocovanie vstupov, výstupov a dopadov na životné prostredie výrobného systému počas celého životného cyklu. [2]

Metóda posudzovania životného cyklu má pevne danú štruktúru podľa medzinárodných noriem radu ISO 14040. Metodika metódy životného cyklu pozostáva zo štyroch fáz, ktoré sa nachádzajú na Obrázku 1, a sú to: definícia cieľa, rozsah štúdie a určenie hraníc, analýza údajov a zber dát, posudzovanie vplyvu a interpretácia výsledkov.



Obrázok 1: Štyri fázy metódy životného cyklu. Zdroj: Autori podľa [3]

## 3. Emisie oxidu uhličitého vo svete

Emisie oxidu uhličitého sú hlavným dôvodom globálnych klimatických zmien. Aby sa zabránilo najhorším dopadom klimatickej zmeny, je potrebné znížiť emisie. Znižovanie emisií

bolo jednou z najväčších medzinárodných diskusií a zodpovednosť sa delí medzi regióny, krajiny i jednotlivcov.

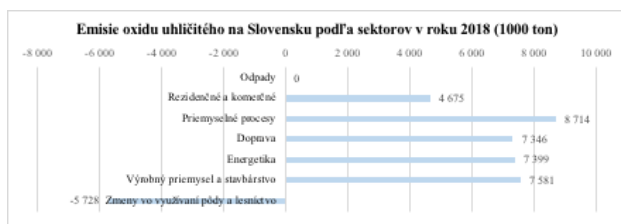


Obrázok 2: Nárast globálnych emisií oxidu uhličitého. Zdroj: Autori podľa [4].

Na Obrázku 2 je možné vidieť nárast globálnych emisií oxidu uhličitého od polovice 19. storočia až do roku 2019. Je možné pozorovať, že pred priemyselnou revolúciou boli emisie veľmi nízke. Rast emisií bol až do polovice 20. storočia stále relatívne pomalý. V roku 1950 svet emitoval niečo viac ako 5 miliárd ton oxidu uhličitého, zhruba rovnako ako Spojené štáty americké, či polovica emisií Číny v roku 2019. Do roku 1990 sa množstvo emisií štvornásobne zvýšilo na 22 miliárd ton. V roku 2019 emituje svet viac ako 36 miliárd ton emisií oxidu uhličitého. Počas posledných rokov sa rast emisií spomalil, ale predpokladá sa, že ešte stále nedosiahol svoj vrchol. [4]

#### 4. Emisie oxidu uhličitého na Slovensku

Podľa Slovenskej agentúry životného prostredia z decembra 2020 sú najnovšie inventúry skleníkových plynov v rámci sektorov Slovenska za rok 2018, stanovené k 14.4.2020. V roku 2018 predstavovali ročné emisie oxidu uhličitého na Slovensku 36,03 milióna ton. Množstvo emisií predstavuje 1,17% ročných emisií Európskej únie a 0,10% ročných svetových emisií. Emisie oxidu uhličitého sa delia do siedmych sektorov: odpad, rezidenčný a komerčný, priemyselné procesy, doprava, energetika, výroba a výstavba a zmeny využívania pôdy a lesníctvo. [4] Ročné emisie oxidu uhličitého na Slovensku podľa sektorov v roku 2018 sú zobrazené na Obrázku 3.



Obrázok 3: Ročné emisie oxidu uhličitého na Slovensku podľa sektorov v roku 2018. Zdroj: Autori podľa [4].

Priemyselné procesy sú sektorom s najvyššou produkciou emisií oxidu uhličitého, na druhom mieste je sektor výroby a výstavby. Priemyselné procesy majú výrazný vplyv na životné prostredie. Na vývoj produkcie emisií oxidu uhličitého z dopravy na Slovensku vplyva najmä cestná doprava, prevažne individuálna cestná doprava a nákladná doprava, a to z dôvodu zvyšovania spotreby paliva. [5] Emisie oxidu uhličitého sa v roku 2018 zvýšili v porovnaní s rokom 2000 o 73,46%. [6] Ročné emisie oxidu uhličitého z dopravy na Slovensku za vybrané roky sú uvedené v Tabuľke 1.

Tabuľka 1: Ročné emisie oxidu uhličitého z dopravy na Slovensku, stanovené na základe výfukových plynov. Zdroj: Autori podľa [6].

Rok	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Emisie CO <sub>2</sub> z dopravy [t]	4 234 755	6 272 138	6 569 274	7 008 247	7 141 252	7 243 642	7 345 644
Emisie CO <sub>2</sub> z cestnej dopravy [t]	4 077 900	6 159 740	6 481 490	6 913 650	7 046 400	7 151 180	7 255 460
Emisie CO <sub>2</sub> zo železničnej dopravy [t]	154 179	104 570	82 320	84 322	86 533	84 352	82 930
Emisie CO <sub>2</sub> z leteckej dopravy [t]	2 650	7 793	5 131	3 655	3 559	3 420	2 850
Emisie CO <sub>2</sub> z vodnej dopravy [t]	26	35	333	6 620	4 760	4 690	4 404

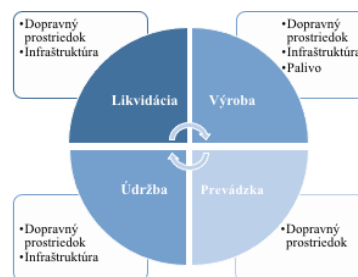
Emisie oxidu uhličitého z dopravy majú stúpajúcu tendenciu v rokoch 2000 - 2018. V roku 2018 vyprodukovala cestná doprava 98,77%, železničná doprava 1,13%, letecká doprava 0,04% a vodná doprava 0,06% emisií oxidu uhličitého. Emisie zo železničnej a leteckej dopravy majú v sledovaných rokoch celkovo klesajúcu tendenciu; na druhej strane emisie z cestnej a vodnej dopravy z roka na rok stúpajú.

#### 5. Návrh komplexného posúdenia environmentálnych dopadov emisií oxidu uhličitého v doprave

Pri posudzovaní vplyvu dopravy na životné prostredie sa väčšina štúdií zameriava na emisie priamo spojené s prevádzkou vozidiel - spaľovanie pohonných látok v dopravných prostriedkoch ale v štúdiách nie sú zahrnuté energetické zdroje vstupov, či výstupy zo životných cyklov potrebných infraštruktúr, dopravných prostriedkov a palív. Aby bolo možné komplexne posúdiť environmentálne dopady jednotlivých druhov dopravy, je potrebné vykonať posúdenie celého životného cyklu, zahŕňajúceho aj ukazovatele, ktoré sú v súvislosti s posudzovaním emisií oxidu uhličitého v doprave nedocenené, opomínané.

Pre vytvorenie návrhu komplexného posúdenia environmentálnych dopadov emisií oxidu uhličitého v doprave, bola zvolená metóda životného cyklu a prístup „od kolísky po hrob“ („cradle-to-grave“), čo zahŕňa celkový cyklus dopravy, ktorý sa skladá zo štyroch fáz: výroba, prevádzka, údržba a likvidácia.

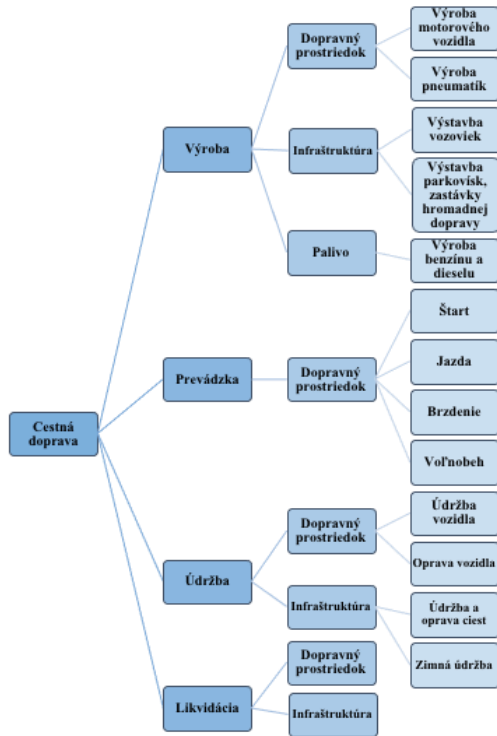
Na Obrázku 4 je zobrazený životný cyklus dopravy, skladajúci sa zo štyroch fáz, pričom v každej z fáz boli stanovené základné segmenty, ktoré je možné posudzovať pre rôzne typy dopravy. Každý zo segmentov (dopravný prostriedok, infraštruktúra, palivo/energia) má svoj vlastný životný cyklus. Pre potreby tohto návrhu sú vybrané z uvedených segmentov fázy životného cyklu, priamo vplyvajúce na produkciu emisií oxidu uhličitého a tým na environmentálny dopad dopravy.



Obrázok 4: Životný cyklus dopravy. Zdroj: Autori.

### 5.1. Životný cyklus cestnej dopravy

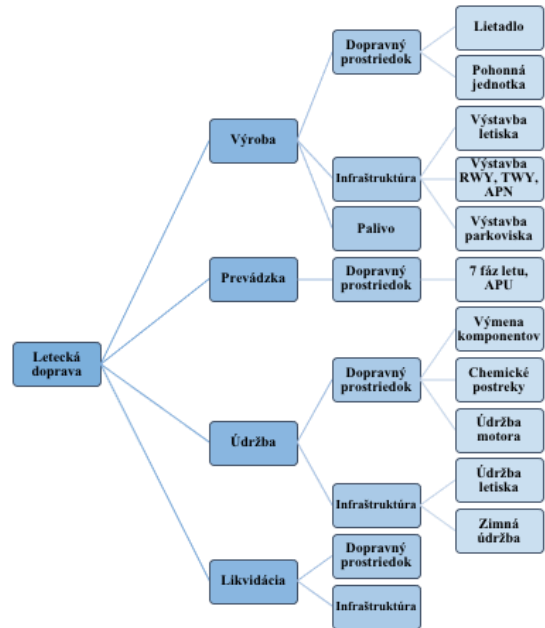
Environmentálny dopad cestnej dopravy nepozostáva len z dopadov pri prevádzke vozidla - zo spotreby paliva a tvorby emisií - výfukových plynov, ale aj tvorby emisií pri jeho výrobe a ďalej pri výstavbe oprave a údržbe dopravnej infraštruktúry a ďalších komponentov, ktoré sú potrebné na zabezpečenie cestnej dopravy a následne ich likvidácii. Pre stanovenie výšky produkcie emisií oxidu uhličitého cestnej dopravy metódou životného cyklu, je potrebné zohľadniť všetky ukazovatele, ktoré boli identifikované pri vypracovaní návrhu vzhľadom na životný cyklus. Na základe poznania a špecifikácie troch segmentov, ktoré vstupujú do životného cyklu dopravy, sme pre jednotlivé fázy navrhli ukazovatele zo segmentov, ktoré sú pre danú fázu dôležité. Na Obrázku 5 sa nachádza životný cyklus pre potreby LCA cestnej dopravy.



Obrázok 5: životný cyklus cestnej dopravy. Zdroj: Autori.

### 5.2. Životný cyklus leteckej dopravy

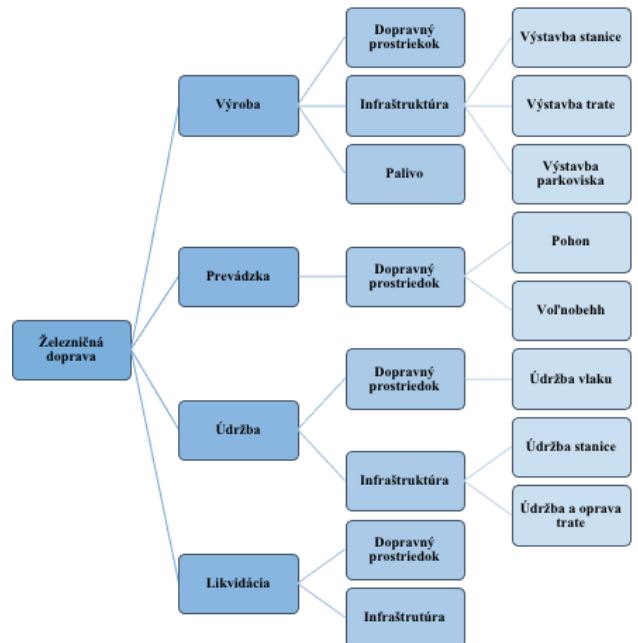
Tak ako u cestnej dopravy, environmentálny dopad leteckej dopravy nepozostáva len z výfukových plynov. Životný cyklus leteckej dopravy, zobrazený na Obrázku 6, sa skladá z troch hlavných segmentov: dopravný prostriedok, infraštruktúra a palivo.



Obrázok 6: Životný cyklus leteckej dopravy. Zdroj: Autori.

### 5.3. Životný cyklus železničnej dopravy

Pri životnom cykle železničnej dopravy je dôležité, sa zamerať rovnako ako pri cestnej a leteckej doprave, aj na segment infraštruktúry a paliva, nielen výlučne na dopravný prostriedok. Obrázok 7 zobrazuje návrh životného cyklu železničnej dopravy pre posúdenie environmentálnych dopadov emisií oxidu uhličitého.



Obrázok 7: Životný cyklus železničnej dopravy. Zdroj: Autori.

## 6. Posúdenie environmentálnych dopadov dopravnej infraštruktúry

Posúdenie environmentálnych dopadov dopravnej infraštruktúry, najmä výstavby a opráv, považujeme za jednu z najdôležitejších častí z pohľadu posudzovania jednotlivých druhov dopravy metódou životného cyklu. Predpokladáme, že dopad jednotlivých druhov dopravy na životné prostredie bude výrazne ovplyvnený v prípade, že bude zohľadnený aj samotný dopad infraštruktúry, nie len prevádzky dopravných prostriedkov, ako je to v súčasnosti vyhodnocované v dostupných publikovaných štatistikách.

Pre potreby stanovenia dopadu dopravnej infraštruktúry na Slovensku za obdobie rokov 2010-2019, budeme spracovávať v prípade cestnej dopravy výstavbu a opravy bitúmenových vozoviek na diaľniciach, rýchlostných cestách a cestách prvej triedy, v prípade leteckej dopravy výstavbu a opravy letiskových pohybových plôch a v prípade železničnej dopravy výstavbu a opravy železničných tratí. Z pohľadu emisií údržba infraštruktúry, či už cestnej, leteckej alebo železničnej dopravy môže byť pre potreby tohto článku zanedbaná, pretože predstavuje veľmi nízke hodnoty, ktoré by boli pravdepodobne takmer rovnaké pre všetky druhy dopravy.

Predpokladáme, že môžu vzniknúť odchýlky vo výsledných výpočtoch v porovnaní so skutočným stavom. Nakoľko vstupné parametre výpočtov hodnoty emisií z produkcie materiálov budú totožné pre všetky sledované typy infraštruktúry, tieto odchýlky budú zanedbateľné z pohľadu samotných výstupov. Skutočný stav dopadov dopravnej infraštruktúry na Slovensku nebol, podľa dostupných informácií, do 5/2021 vykonaný žiadnym iným subjektom. V súčasnosti neexistuje univerzálne kritérium pre hodnotenie emisií skleníkových plynov pri výstavbe bitúmenových vozoviek. Na základe štúdie vykonanej v roku 2016 pomocou procesnej metódy hodnotenia životného cyklu sú pre potreby tejto práce stanovené hodnoty pre výpočet množstva emisií, ktoré vznikli v rokoch 2010-2019 na Slovensku z výstavby, opravy a údržby cestných komunikácií, diaľnic, rýchlostných ciest a ciest 1. triedy. [7]

Výstavba bitúmenovej vozovky má významné dopady na životné prostredie. Emisie skleníkových plynov sa hodnotili a počítali pre prípadovú štúdiu, ktorá bola vykonaná v Číne vrátane fázy výroby, miešania, prepravy, pokladania, zhutňovania a vytvrdzovania surovín. [7] Celkové emisie oxidu uhličitého z 20 km dlhého projektu výstavby štvorprúdovej bitúmenovej vozovky boli 52 264 916,06 kg. [7]

Pre stanovenie hodnoty emisií z výstavby a opravy bitúmenových vozoviek sme vychádzali z hodnôt, ktoré boli zistené v spomínanej štúdiu, ktorá bola vykonaná v Číne. Finančné prostriedky vynaložené na výstavbu, opravu a údržbu a dĺžku vybudovaných diaľnic a ciest 1. triedy za obdobie rokov 2010-2019 sme určili na základe analýzy výročných správ NDS a SSC. V prípade výstavby vozovky sme stanovili hodnotu emisií oxidu uhličitého na 2 613 245,80 kg na 1 kilometer štvorprúdovej cesty (1 306 622,90 kg na 1 kilometer dvojprúdovej cesty) a v prípade opravy vozovky sme stanovili hodnotu emisií na 130 263,67 kg na 1 kilometer štvorprúdovej cesty (65 131, 83 kg na 1 kilometer dvojprúdovej cesty). Za opravu vozovky budeme pre potreby tohto článku uvažovať vyfrézovanie povrchovej vrstvy vozovky a jej následné obnovenie.

Tabuľka 2: Vyhodnotenie NDS a SSC 2010-2019. Zdroj: Autori.

	Dĺžka v km	Hodnota emisií CO <sub>2</sub> (t)	Náklady (€)
NDS - výstavba	184,37	288 965,53	3 101 856 000
NDS - oprava	483,92	17 435,89	22 076 767
SSC - výstavba+oprava	869,73	28 323,72	473 404 445
<b>Spolu</b>	<b>1538,02</b>	<b>334 725,14</b>	<b>3 597 337 212</b>

V Tabuľke 9 sa nachádza prehľad a zhodnotenie získaných údajov za obdobie rokov 2010-2019. Ako je možné vidieť v tabuľke, spolu bolo spoločnosťami NDS a SSC vystavaných alebo opravených viac ako 1 500 kilometrov vozoviek pri celkových nákladoch viac ako 3,5 miliardy eur. Pri danej hodnote počtu kilometrov tak predpokladáme, že vzniklo takmer 335 tisíc ton emisií.

V prípade letiskových pohybových plôch na regionálnych letiskách na Slovensku môžu byť letiskové pohybové plochy bitúmenového charakteru, cementobetónového charakteru, prípadne kombinovaného charakteru. Na Slovensku je šesť verejných medzinárodných letísk: Košice, Bratislava, Žilina, Piešťany, Poprad-Tatry a Sliač. Na letiskách sa nachádza spolu: 7 RWY, 29 rolovacích dráh a 8 odbavovacích plôch. Pri RWY a rolovacích dráhach výrazne prevláda cementobetónová konštrukcia. [8] Letiskové dráhy a odbavovacie plochy bitúmenového charakteru sú zastúpené v najmenšom počte pri všetkých typoch vozoviek. [8]

V období rokov 2010-2019 boli na slovenských regionálnych letiskách vykonávané minimálne opravy a za dané obdobie sa nekonala výstavba letiskových pohybových plôch ani na jednom regionálnom letisku. Preto, tak ako pri cestnej infraštruktúre, kde sme zanedbali hodnotu emisií z minimálnych opráv a údržby vozovky, zanedbáme tieto činnosti aj pri leteckej infraštruktúre. Z toho dôvodu, pri posúdení environmentálnych dopadov dopravnej infraštruktúry na Slovensku za obdobie rokov 2010-2019 bude hodnota emisií za letiskové pohybové plochy nulová.

Železničnú trať tvorí železničný spodok a železničný zvršok. Železničný zvršok tvoria koľajnice, podvaly, upevňovadlá a štrkové lôžko, na ktorom ležia všetky tri zvyšné komponenty. Ťažbu a spracovanie štrku, ktorý tvorí štrkové lôžko, považujeme za najvýznamnejšiu z pohľadu produkcie emisií oxidu uhličitého. Na základe predpokladu, že produkcia a spracovanie štrku tvoria najväčší podiel množstva emisií pri výstavbe a oprave železničnej trate zanedbáme pre potreby tejto práce výrobu a spracovanie ostatných materiálov a budeme pracovať so všeobecne stanovenou šírkou a výškou štrkového lôžka – 400cm x 50cm jednokoľajovej trate.

Pre potreby výpočtov množstva materiálu (štrku) sme si určili šírku a výšku štrkového podlažia. Tretiu premennú, dĺžku, sme stanovili na základe analýzy výročných správ ŽSR. Na základe analýzy sme zistili, koľko kilometrov železničnej trate bolo vybudovaných a vyžadovalo údržbu za obdobie rokov 2010-2019, taktiež sme zistili, koľko finančných prostriedkov bolo vynaložených na dané práce. Empiricky sme si stanovili predpoklad, že finančnú odmenu za každú zmluvu, ktorá bola uzatvorená na výstavbu alebo údržbu, tvorí 50% cena za prácu a 50% cena za materiál. V prípade výstavby a opravy železničnej trate sme stanovili jednotnú hodnotu emisií na 19 853,52 kg na 1 kilometer. Vyplýva to z hustoty štrku z hutného kameňa 1 600 kg / m<sup>3</sup> [9] a hodnoty emisií z ťažby a spracovania štrku, kde na 1 kg štrku pripadá 0,005839 kg emisií CO<sub>2</sub>.

Výsledné hodnoty dopadov dopravnej infraštruktúry sa nachádzajú v Tabuľke 3. Môžeme pozorovať, že za obdobie rokov 2010-2019 bola výstavba a oprava cestnej infraštruktúry najvyššia, spomedzi posudzovaných druhov dopravy, viac ako 1500 kilometrov. Na výstavbu a opravu cestnej infraštruktúry boli vynaložené najvyššie náklady. Taktiež, pri cestnej infraštruktúre môžeme pozorovať najvyššiu hodnotu vyprodukovaných emisií, viac ako 330 000 ton za sledované obdobie.

Výstavbou a opravou železničnej infraštruktúry sa na dĺžku 422 kilometrov vyprodukovalo takmer 13 000 ton emisií, v pomere k cestnej infraštruktúre to predstavuje výrazne menej na 1 kilometer. Výstavba a oprava železničnej infraštruktúry je však oproti cestnej infraštruktúre, približne o 43% nákladnejšia v prepočte na kilometer.

Letecká infraštruktúra, ako už bolo spomenuté, za obdobie 2010-2019 nezaznamenala výstavbu alebo výraznú opravu letiskových pohybových plôch na regionálnych letiskách na Slovensku, preto vo výslednej tabuľke má nulové hodnoty.

Tabuľka 3: Dopady dopravnej infraštruktúry 2010-2019. Zdroj: Autori.

	Dĺžka v km	Náklady (€)	Hodnota emisií CO <sub>2</sub> (t)
Cestná infraštruktúra – bitúmenové vozovky	1538,02	3 597 337 212	334 725,14
Letisková infraštruktúra – letiskové pohybové plochy	0	0	0
Železničná infraštruktúra – železničné trate	422,00	2 243 634 000	12 646,69

Tabuľka 4 predstavuje komparáciu hodnôt emisií zo sledovaných druhov dopravy v roku 2018. Ako prvé sú uvedené hodnoty produkovaných emisií CO<sub>2</sub>, ktoré sú emisiami výfukových plynov dopravných prostriedkov. V treťom stĺpci Tabuľky 4 sú uvedené hodnoty emisií CO<sub>2</sub> vrátane emisií pri výstavbe dopravnej infraštruktúry, ktoré vychádzajú z našich výpočtov. V Tabuľke 4 môžeme pozorovať nárast oproti publikovaným hodnotám u cestnej aj u železničnej dopravy. Pokiaľ spriemerujeme hodnoty emisií z výstavby a opravy dopravnej infraštruktúry z pozorovaných rokov, môžeme povedať, že pri cestnej doprave sa hodnota emisií navýši každý rok približne o 3%, pri železničnej doprave o 1,5% a pri leteckej doprave o 0%.

Tabuľka 4: Emisie oxidu uhličitého za rok 2018 so zahrnutím dopravnej infraštruktúry. Zdroj: Autori.

	Produkované emisie CO <sub>2</sub> za rok 2018 (t)	Emisie CO <sub>2</sub> vrátane dopravnej infraštruktúry (t)
Cestná doprava	7 255 460	7 260 032,78
Letecká doprava	2 850	2 850
Železničná doprava	82 930	84 438,87

Z nášho posúdenia environmentálnych dopadov dopravnej infraštruktúry za sledované obdobie vyplýva, že v prípade cestnej a železničnej dopravy, je potrebné hodnotiť vyprodukované množstvo emisií nie len na základe výfukových plynov, ale do takéhoto hodnotenia zahrnúť aj vplyv dopravnej infraštruktúry.

Pri cestnej a železničnej doprave je rozširovanie dopravnej infraštruktúry nevyhnutné a je potrebné vykonávať opravy v krátkych intervaloch. Napríklad v prípade slovenskej cestnej infraštruktúry je výstavba, opravy a údržba vozoviek stále vo všeobecnosti nedostatočná a ak by sa vykonávala vo vyššej

miere, rástli by aj hodnoty emisií oxidu uhličitého. V železničnej doprave sa neustále pracuje na rekonštrukciách starých tratí, zvyšovaní dostupnosti a elektrifikácií tratí, pôsobí to na zvyšovanie hodnoty emisií zo železničnej infraštruktúry. Aj v železničnej doprave je však objem vykonávanej výstavby, rekonštrukcii a modernizácii dopravných ciest vykonávané v podstatne nižšom rozsahu oproti aktuálnym potrebám. Platí preto predpoklad, že hodnoty emisií dopravnej infraštruktúry by v podmienkach dostatočných zdrojov rástli, rovnako ako v cestnej doprave.

Naopak pri leteckej doprave je infraštruktúra priestorovo obmedzená, bez častých potrieb rozširovania sa. Z toho dôvodu emisie oxidu uhličitého, ktoré sa vyprodukujú z leteckej infraštruktúry, nikdy neprevýšia emisie, produkované či cestnou alebo železničnou infraštruktúrou.

Zhodnotením výsledkov porovnania merateľných ukazovateľov vybraných druhov dopravy sme dospeli k návrhu, aby boli pre merateľné ukazovatele prispôsobené, resp. rozšírené štatistické zisťovania. Je zrejme, že v prípade presnejšieho sledovania merateľných ukazovateľov, podstatných pre tvorbu emisií je možné zaviesť efektívne porovnanie dopadov druhov dopravy na životné prostredie v celom ich životnom cykle. Všetky rozhodujúce merateľné ukazovatele by bolo vhodné zaviesť do povinných štatistických hlásení. Príkladom môžu byť realizované dĺžky dopravných ciest vo vzťahu k spotrebe jednotlivých druhov materiálov významných z pohľadu tvorby emisií pri ich primárnej výrobe. V rámci Plánu obnovy, reformy a investície v oblasti zelenej ekonomiky tvoria najväčšiu časť, až 2,17 miliardy eur. Myslíme si, že by bolo vhodné, aby boli preukázateľné prínosy aj prostredníctvom metódy posudzovania životného cyklu, pretože by vďaka tomu bola dokázaná účelnosť finančných prostriedkov.

## 7. Záver

Téma ochrany životného prostredia a eliminácie negatívnych vplyvov je v súčasnom období vysoko diskutovaná na regionálnych i globálnych úrovniach. Dôležitým aspektom pri posudzovaní environmentálnych vplyvov je sektor dopravy. V tejto súvislosti je väčšina štúdií zameraná na prevádzku vozidiel - spaľovanie pohonných látok v dopravných prostriedkoch. V rámci výstupov štúdií však absentujú skupiny ukazovateľov ako sú energetické zdroje vstupov, či výstupy zo životných cyklov potrebných infraštruktúr, dopravných prostriedkov a palív. Aby bolo možné komplexne posúdiť environmentálne dopady jednotlivých druhov dopravy, je potrebné vykonať komplexné posúdenie celého životného cyklu, zahŕňajúceho nielen prevádzku vozidiel, ale aj ostatné súvisiace zdroje emisií, ktoré sú v súvislosti s posudzovaním napríklad emisií oxidu uhličitého a iných plynov v doprave zanedbávané aj keď ich dopad môže byť významný. Ak chceme posúdiť komplexný environmentálny vplyv jednotlivých druhov dopravy, je nutné do hodnotenia zahrnúť aj dopad dopravnej infraštruktúry prislúchajúcej danému typu dopravy a produkciu, údržbu a likvidáciu dopravných prostriedkov.

Pri využití metódy LCA sme do komplexného posúdenia zaradili doteraz zanedbávanú kategóriu – dopravnú infraštruktúru. Následne sme vytvorili návrh súboru komponentov pre špecifikáciu posúdenia environmentálnych vplyvov dopravnej infraštruktúry jednotlivých typov dopravy. Ide o kategóriu, ktorá

nebola do súčasnosti v rámci posudzovania vplyvov dopravy na životné prostredie realizovaná.

Pri celkovom zhodnotení je možné konštatovať, že v rámci prvého návrhu sme zahrnutím ukazovateľov pre jednotlivé segmenty dopravy vytvorili rozsiahlu škálu možností pre komplexné posudzovanie environmentálnych vplyvov pre jednotlivé druhy dopravy. Posúdenie environmentálnych dopadov dopravnej infraštruktúry – druhý návrh, považujeme za jednu z najdôležitejších častí z pohľadu posudzovania jednotlivých druhov dopravy metódou životného cyklu. V súvislosti s druhým návrhom je možné vyvodiť konštatovanie, že v leteckej doprave je infraštruktúra územne ohraničená, bez častých potrieb rozširovania sa. Z toho dôvodu emisie oxidu uhličitého, ktoré sa vyprodukujú z leteckej infraštruktúry, nikdy neprevýšia emisie, produkované či cestnou alebo železničnou infraštruktúrou. Je však dôležité upozorniť na to, že ide o posudzovanie vplyvov dopravnej infraštruktúry. Jednotlivé druhy dopravy by pre rôznorodosť ich environmentálneho vplyvu mali byť využívané z pohľadu ich užívateľov čo najefektívnejšie vzhľadom na minimálne čiastočnú elimináciu nepriaznivých vplyvov na životné prostredie tým aký typ dopravy je zvolený pre akú vzdialenosť, resp. pohyb v mestskom ohraničenom priestore.

Záverom je možné vysloviť podnet pre spracovanie problematiky na vyšších úrovniach, v rámci konzultácií s regionálnymi i európskymi a celosvetovými štatistickými úradmi vytvoriť priestor pre komunikáciu a vytvorenie nových databáz zahŕňajúcich potrebné dáta pre jednoduchšie posúdenie environmentálnych vplyvov aj s využitím v práci navrhovaných ukazovateľov a metódy LCA. Zavedením sledovania zdrojov a podielu emisií od výroby primárnych materiálov po ich spotrebu v dopravnej infraštruktúre bude tiež možné vytvoriť podľa metódy LCA rámcový základ pre vyhodnocovanie efektívneho nakladania s investíciami vo vzťahu k životnému prostrediu a záťaže, ktorú doprava ako celok predstavuje z pohľadu emisií. Aktuálne výzvy pre realizáciu reforiem v súlade s plánom obnovy by bolo možné uplatnením merateľného posudzovania dopadov na životné prostredie efektívne vyhodnocovať v oblasti všetkých druhov dopravy.

## Referencie

- [1] Fath, B. (2019). Encyclopedia of Ecology (ISBN:978-0-444-64130-4. vyd.). Elsevier.
- [2] Envi-pak. (2016). Posudzovanie životného cyklu - LCA. Cit. December 2020. Dostupné na Internet: <https://envipak.sk/clanok/Posudzovanie-zivotneho-cyklu-LCA>
- [3] ISO. (2006). ISO 14040:2006(en) Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework. Dostupné na Internet: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:en>
- [4] Ritchie, H., & Roser, M. (2020). CO2 and Greenhouse Gas Emissions. In: Our World in Data. Cit. Január 2021. Dostupné na Internet: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>
- [5] Korenova, L. (2020). Emisie skleníkových plynov z dopravy. Cit. Január 2021. Dostupné na Internet: <https://www.enviroportal.sk/indicator/detail?id=1081>
- [6] SHMU, & MZP SR. (2020). NATIONAL INVENTORY REPORT OF THE SLOVAK REPUBLIC 2020 (ISBN 978-80-99929-06-8. vyd.)
- [7] Feng, M., Aimin, S., Ruiyu, L., Yue, H., & Chao, W. (2016). Greenhouse Gas Emissions from Asphalt Pavement Construction: A Case Study in China. Dostupné na Internet: International Journal of Environmental Research and Public Health, 13(3), 351. doi:10.3390/ijerph13030351
- [8] Kováčiková, K. (2019). *Komparácia cementobetónových a bitúmenových letiskových vozoviek pre potreby regionálnych letísk*. Dostupné na Internet: <https://opac.crzp.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=967BFBEA3819CAA82A425FC5726>
- [9] Materiálová kalkulačka. (2020). Dostupné na Internet: <http://anteco.sk/materialova-kalkulacka/>