

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA PODNIKOVÉHO MANAŽMENTU**

Evidenčné číslo: 104002/D/2023/36097107837206020

**MODELY ENVIRONMENTÁLNEJ EKONÓMIE A
ICH VYUŽITIE V ROZHODOVANÍ FIRIEM**

Dizertačná práca

2023

Ing. Radka Repiská

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA PODNIKOVÉHO MANAŽMENTU**

**MODELY ENVIRONMENTÁLNEJ EKONÓMIE A
ICH VYUŽITIE V ROZHODOVANÍ FIRIEM**

Dizertačná práca

Študijný program: ekonomika a manažment podniku

Študijný odbor: 3.3.16. ekonomika a manažment podniku

Školiace pracovisko: Katedra podnikovohospodárska

Školiteľ: doc. Ing. Grisáková Nora, PhD.

Bratislava 2023

Ing. Radka Repiská

Čestné vyhlásenie

Svojim podpisom čestne vyhlasujem, že som predkladanú dizertačnú prácu „Modely environmentálnej ekonómie a ich využitie v rozhodovaní firiem“ vypracovala samostatne a uviedla všetku použitú literatúru.

Dátum:

.....

Ing. Radka Repiská

Pod'akovanie

Touto cestou by som chcela vyjadriť úprimné pod'akovanie mojej školiteľke, doc. Ing. Nore Grisákovej, PhD., za jej cenné rady, odborné vedenie, trpezlivosť a ochotu pri vypracovaní dizertačnej práci.

V tomto smere by som tiež rada pod'akovala všetkým členom Katedry podnikovohospodárskej, ktorí boli počas môjho štúdia vždy nápomocní a postarali sa o vytvorenie dobrého kolektívu a kvalitných podmienok na prácu.

Veľká vďaka patrí aj mojej rodine, blízkym a priateľom, za ich veľkú podporu, povzbudenie, pomoc a trpezlivosť počas celého môjho doktorandského štúdia.

ABSTRAKT

REPISKÁ, Radka: *Modely environmentálnej ekonómie a ich využitie v rozhodovaní firiem* – Ekonomická univerzita v Bratislave. Fakulta podnikového manažmentu; Katedra podnikovohospodárska. – Školiteľka: doc. Ing. Nora Grisáková, PhD. – Bratislava: FPM EU, 2023, 164 strán

Hlavným cieľom dizertačnej práce je analyzovať a porovnať efektívnosť vybraných priemyselných podnikov pôsobiacich na Slovensku použitím environmentálnych modelov a metód so zámerom na možnosti zavedenia takých premenných do modelov rozhodovania, ktoré zohľadňujú ochotu firiem správať sa v súlade s ochranou životného prostredia. Práca je rozdelená do piatich kapitol a obsahuje 37 grafov, 17 tabuliek, 8 obrázkov a 10 príloh. Prvá, úvodná kapitola je venovaná súčasnému stavu riešenej problematiky doma a v zahraničí. Venuje sa vymedzeniu konceptu trvalo udržateľného rozvoja cez vzájomné prepojenie vzťahu ekonómie a životného prostredia do významu environmentálnej ekonómie s identifikovaním environmentálnych modelov a metód. Túto časť uzatvára vysvetlenie pojmu efektívnosť z pohľadu ekonomickej teórie, prehľad metód analýzy efektívnosti a predstavenie neparametrickej metódy DEA s modelovým vyjadrením a environmentálnymi premennými. Druhá kapitola vymedzuje hlavný cieľ dizertačnej práce so stanovenými čiastkovými cieľmi a tretia kapitola uvádza metodologické postupy a charakteristiku vybraných objektov skúmania. Výsledky práce sú obsahom štvrtej kapitoly, ktorá ponúka analýzu súčasného stavu životného prostredia v rámci emisií CO₂, priemyselného odvetvia, environmentálnych indexov ESG a SDG v prostredí krajín EÚ-27 a Slovenskej republiky. Posledná analýza je zameraná na zhodnotenie výsledkov meraní environmentálnej efektívnosti 22 priemyselných podnikov za rok 2021 pomocou metódy DEA pri zohľadnení sociálno-ekonomických a environmentálnych oblastí. Pri zistení neefektívnosti jednotlivých podnikov sú navrhnuté odporúčania, pri ktorých by dané podniky dosiahli efektívnosť. Výsledkom riešenia danej problematiky je obohatenie empirických výskumov, vychádzajúcich z konceptu environmentálnej ekonómie, o získané závery a navrhnutie odporúčaní pre environmentálnu politiku.

Kľúčové slová: environmentálna ekonómia, environmentálne modely, analýza dátových obalov (DEA), efektívnosť, modely CCR/BCC/SBM

ABSTRACT

REPISKÁ, Radka: *Environmental economy models and their use in consumers and companies decision making* – University of Economics in Bratislava. Faculty of business management, Department of Business Economy. – Advisor of the final thesis: doc. Ing. Nora Grisáková, PhD. – Bratislava: FPM EU, 2023, 164 pages

The main goal of the dissertation is to analyze and compare the efficiency of industrial enterprises operating in Slovakia using environmental models and methods with the aim of introducing such variable decision-making models that consider the willingness of enterprises to comply with environmental protection. The work is divided into five summary chapters and contains 37 graphs, 17 tables, 8 figures and 10 appendices. The first introductory chapter is dedicated to the current state of the problem at home and abroad, it presents a chronological transition from the definition of the concept of sustainable development through the interconnection of the relationship between economics and the environment to the meaning of environmental economics with the identification of environmental models and methods. Gradually, this part closes with an explanation of the concept of efficiency from the point of view of economic theory, an overview of quantitative efficiency methods and an introduction to the non-parametric DEA method with model expression and environmental transformations. The second chapter defines the main goal of the dissertation with set sub-goals, and the third chapter presents the methodological procedures and characteristics of the selected objects. The results of the work are the content of the fourth chapter, which offers an analysis of the current state of the environment in terms of CO₂ emissions, industry, ESG and SDG environmental indices in the environment of the EU-27 countries and the Slovak Republic. The last analysis is aimed at evaluating the results of measuring the environmental area of 22 industrial enterprises for the year 2021 using DEA methods. The solution to the given issue is the enrichment of empirical research, based on the concept of environmental economics, with the obtained conclusions and proposed recommendations for environmental policy.

Key words: environmental economics, environmental models, Data Envelopment Analysis (DEA), efficiency, CCR/BCC/SBM models

Obsah

ÚVOD	13
1 SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY DOMA A V ZAHRANIČÍ..	15
1.1 Koncept trvalo udržateľného rozvoja	15
1.1.1 <i>Vymedzenie trvalo udržateľného rozvoja</i>	<i>16</i>
1.1.2 <i>Agenda 2030 pre udržateľný rozvoj</i>	<i>17</i>
1.1.3 <i>Slovensko a ciele udržateľného rozvoja Agendy 2030</i>	<i>21</i>
1.1.4 <i>Udržateľnosť v prostredí firiem.....</i>	<i>22</i>
1.2 Environmentálna ekonómia	25
1.2.1 <i>Prepojenie medzi ekonomikou a životným prostredím.....</i>	<i>25</i>
1.2.2 <i>Životné prostredie a zmena klímy.....</i>	<i>26</i>
1.2.3 <i>Rekurzívny vzťah.....</i>	<i>28</i>
1.2.4 <i>Vymedzenie pojmu environmentálna ekonómia</i>	<i>29</i>
1.2.5 <i>Význam environmentálnej ekonomie v súčasnej dobe.....</i>	<i>31</i>
1.3 Modelovanie environmentálnej ekonomie	33
1.3.1 <i>Potreba modelov.....</i>	<i>33</i>
1.3.2 <i>Modelovanie ekonomiky.....</i>	<i>34</i>
1.3.3 <i>Modelovanie životného prostredia</i>	<i>38</i>
1.4 Indexy, modely a metódy environmentálnej ekonomie.....	40
1.4.1 <i>Hodnotenie stavu environmentálnej ekonomie.....</i>	<i>40</i>
1.4.2 <i>Globálne environmentálne indexy.....</i>	<i>41</i>
1.4.3 <i>Environmentálne modely a metódy</i>	<i>46</i>
1.5 Ekonomická a environmentálna efektívnosť	55
1.5.1 <i>Pojem efektívnosti.....</i>	<i>55</i>
1.5.2 <i>Základné techniky hodnotenia efektívnosti.....</i>	<i>58</i>
1.5.3 <i>Kvantitatívne metódy analýzy efektívnosti.....</i>	<i>59</i>
1.6 Analýza dátových obalov (DEA Metóda).....	60
1.6.1 <i>Úvod do problematiky analýzy dátových obalov.....</i>	<i>60</i>
1.6.2 <i>Koncepčný rámec DEA metódy.....</i>	<i>62</i>
1.6.3 <i>Efektívnosť a environmentálne premenné v modeli DEA.....</i>	<i>64</i>
2 CIEĽ PRÁCE.....	67
2.1 Čiastkové ciele.....	67
2.2 Hypotézy	69
3 METODIKA PRÁCE A METÓDY SKÚMANIA.....	70
3.1 Charakteristika objektu skúmania	70
3.2 Pracovné postupy.....	73
3.3 Spôsob získavania údajov a ich zdroje	75
3.4 Použité metódy vyhodnotenia a interpretácia výsledkov.....	75
4 VÝSLEDKY PRÁCE	86
4.1 Emisie CO₂ ako výzva pre udržateľnú budúcnosť	86
4.1.1 <i>Európska únia a jej členské štáty podľa emisií CO₂</i>	<i>87</i>

4.1.2	<i>Emisie CO₂ v porovnaní s HDP</i>	95
4.1.3	<i>Emisie CO₂ na Slovensku</i>	96
4.2	Emisie skleníkových plynov EÚ a Slovenska podľa sektorov	99
4.2.1	<i>Emisie skleníkových plynov krajín EÚ-27 podľa sektorov hospodárstva</i>	99
4.2.2	<i>Emisie skleníkových plynov Slovenska podľa sektorov hospodárstva</i>	100
4.2.3	<i>Priemyselná výroba a jej súčasná situácia na Slovensku</i>	102
4.3	Environmentálne indexy	104
4.3.1	<i>Aplikácia environmentálnych indexov ESG a SDG na krajiny EÚ-27</i>	104
4.3.2	<i>Automobilový sektor a jeho súčasná situácia na Slovensku</i>	108
4.3.3	<i>Aplikácia indexu ESG na slovenský automobilový sektor</i>	111
4.4	Výpočet analýzy efektívnosti vybraných firiem (DEA metóda)	115
4.4.1	<i>Výber modelu (Analýzy dátových obalov – DEA)</i>	115
4.4.2	<i>Výber vstupných a výstupných premenných</i>	116
4.4.3	<i>Vstupné údaje</i>	118
4.4.4	<i>Korelačná matica vstupných a výstupných premenných</i>	119
4.4.5	<i>Výsledky analýzy efektívnosti priemyselných podnikov</i>	121
4.4.6	<i>Výsledky analýzy efektívnosti – CCR1 a CCR2 model</i>	122
4.4.7	<i>Výsledky analýzy efektívnosti – BCC1 a BCC2 model</i>	126
4.4.8	<i>Výsledky analýzy efektívnosti – SBM1 model</i>	129
4.5	Komparácia environmentálnych modelov (CCR, BCC a SBM)	131
5	DISKUSIA	134
5.1	Zhodnotenie efektívnosti priemyselných podnikov	134
5.2	Zhodnotenie neefektívnosti priemyselných podnikov	136
5.3	Návrhy a odporúčania pre neefektívne priemyselné podniky	138
5.3.1	<i>Optimalizácia vstupov a výstupov neefektívnych podnikov – CCR1 model</i>	139
5.3.2	<i>Optimalizácia vstupov a výstupov neefektívnych podnikov – CCR2 model</i>	140
5.3.3	<i>Optimalizácia vstupov a výstupov neefektívnych podnikov – BCC1 model</i>	142
5.3.4	<i>Optimalizácia vstupov a výstupov neefektívnych podnikov – BCC2 model</i>	143
5.3.5	<i>Optimalizácia vstupov a výstupov neefektívnych podnikov – SBM1 model</i>	144
5.4	Návrhy a odporúčania pre environmentálne premenné	145
5.5	Význam práce pre teóriu a podnikovú prax	145
5.6	Námety pre ďalšie pokračovanie výskumu	147
	ZÁVER	148
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	151
	PRÍLOHY	164

ZOZNAM OBRÁZKOV, GRAFOV A TABULIEK

Zoznam obrázkov

Obrázok 1 Ciele trvalo udržateľného rozvoja (TUR)	19
Obrázok 2 Vzťah medzi ekonomikou a životným prostredím	25
Obrázok 3 Makroekonomický kolobeh	35
Obrázok 4 Zjednodušený vstupno-výstupný rámec (IO).....	36
Obrázok 5 Myšlienka metódy DEA.....	63
Obrázok 6 Myšlienka metódy DEA s nekontrolovateľnými faktormi	63
Obrázok 7 Myšlienka metódy DEA so žiaducimi a nežiaducimi výstupmi	63
Obrázok 8 Bodovacia škála skóre ESG indexu (0 – 100 %)	112

Zoznam grafov

Graf 1 Dosahovanie cieľov udržateľného rozvoja - Slovensko (2022)	21
Graf 2 Dlhodobý vývoj ľudskej populácie od 1700 - 2050.....	27
Graf 3 Produkčná funkcia ako produkčná hranica s jedným vstupom a jedným výstupom.....	56
Graf 4 Alokačná a technická efektívnosť výroby s dvoma výstupmi (výstupne-orientovaná)	57
Graf 5 Alokačná a technická efektívnosť výroby s dvoma výstupmi (vstupne-orientovaná).....	58
Graf 6 Hranica výroby - prípad dvoch výstupov a jedného vstupu.....	79
Graf 7 Tobit model (odhad podľa maximálnej vierohodnosti).....	80
Graf 8 Produkčná množina s jedným vstupom, žiaducim a nežiaducim výstupom	81
Graf 9 Vstupne orientovaný CCR model - projekcia DMU jednotiek.....	82
Graf 10 Výstupne orientovaný CCR model - projekcia DMU jednotiek	82
Graf 11 Produkčný set - porovnanie modelov CCR a BCC	84
Graf 12 Vývoj emisií CO ₂ krajín EÚ-27 v rokoch 2001 - 2021.....	88
Graf 13 Emisie skleníkových plynov v EÚ podľa znečisťujúcich látok *	90
Graf 14 Emisné zaťaženie vybraných krajín EÚ-27 v roku 2012 a 2021 – I. časť.....	92
Graf 15 Emisné zaťaženie vybraných krajín EÚ-27 v roku 2012 a 2021 - II. Časť.....	94
Graf 16 Emisie CO ₂ krajín EÚ-27 na reálny HDP za rok 2021	96
Graf 17 Vývoj emisií CO ₂ na obyvateľa Slovenska v rokoch 1900 – 2021	97
Graf 18 Emisie skleníkových plynov krajín EÚ-27 podľa sektorov za rok 2021.....	99
Graf 19 Emisie skleníkových plynov Slovenska podľa sektorov za rok 2021.....	101
Graf 20 Súhrnná priemyselná produkcia počas rokov 2019, 2020, 2021 a 2022.....	102
Graf 21 Priemyselná produkcia SR po mesiacoch za rok 2022	103
Graf 22 Porovnanie ESG skóre a skóre SDG indexu krajín EÚ-27 za rok 2022.....	105
Graf 23 Vykazovanie ESG o udržateľnosti v krajinách EÚ-27 za rok 2022	107
Graf 24 Slovensko - výroba vozidiel za uplynulé roky (2006 – 2022).....	108
Graf 25 Štruktúra ukončených investičných projektov v období 2002 – 2021	110
Graf 26 História hodnotenia ESG indexu - Stellantis NV.....	113
Graf 27 História hodnotenia ESG indexu - Jaguar Land Rover.....	113
Graf 28 História hodnotenia ESG indexu - Kia Motors Corporation.....	113
Graf 29 História hodnotenia ESG indexu - Volkswagen AG	113
Graf 30 Výsledok efektívnosti priemyselných podnikov - CCR1 model	124
Graf 31 Výsledok efektívnosti priemyselných podnikov - CCR2 model	125
Graf 32 Výsledok efektívnosti priemyselných podnikov - BCC1 model	128
Graf 33 Výsledok efektívnosti priemyselných podnikov - BCC2 model	129
Graf 34 Výsledok efektívnosti priemyselných podnikov - SBM1 model	131
Graf 35 Porovnanie DEA modelov CCR, BCC a SBM	133
Graf 36 Poradie efektívnych podnikov v modeloch DEA podľa CE hodnoty.....	136
Graf 37 Poradie neefektívnych podnikov v modeloch DEA podľa CE hodnoty.....	138

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1 Systém udržateľného investovania – ESG.....	24
Tabuľka 2 Porovnanie vybraných environmentálnych indexov (I. časť).....	42
Tabuľka 3 Porovnanie vybraných environmentálnych indexov (II. časť).....	43
Tabuľka 4 Hodnotenie indexu ESG automobilových spoločností za rok 2023	114
Tabuľka 5 Prehľad hodnotených priemyselných podnikov	119
Tabuľka 6 Korelácia medzi vstupnými premennými a výstupnou premennou	120
Tabuľka 7 Základné štatistické ukazovatele vstupných a výstupných premenných.....	120
Tabuľka 8 Rozloženie vstupov a výstupu do modelov DEA.....	121
Tabuľka 9 CCR1 model.....	122
Tabuľka 10 CCR2 model.....	123
Tabuľka 11 BCC1 model.....	126
Tabuľka 12 BCC2 model.....	127
Tabuľka 13 SBM1 model.....	130
Tabuľka 14 Porovnanie výsledkov efektívnosti podnikov v modeloch CCR, BCC a SBM.....	135
Tabuľka 15 Poradie efektívnych podnikov v modeloch DEA podľa CE hodnoty.....	135
Tabuľka 16 Porovnanie výsledkov neefektívnosti podnikov v modeloch CCR, BCC, SBM.....	137
Tabuľka 17 Poradie neefektívnosti podnikov v modeloch DEA podľa CE hodnoty.....	137

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK

AEA	Americká ekonomická asociácia (<i>American Economic Association</i>)
BCC	Model DEA s variabilnými výnosmi z rozsahu (<i>Banker, Charnes, Cooper</i>)
CBA	Analýza nákladov a prínosov (<i>Cost-Benefit Analysis</i>)
CBS	Ústredný štatistický úrad v Holandsku (<i>Centraal Bureau voor de Statistiek</i>)
CCPI	Climate Change Performance Index
CCR	Model DEA s konštantnými výnosmi z rozsahu (<i>Charnes, Cooper, Rhodes</i>)
CDP	Carbon Disclosure Project
COLS	Metóda najmenších štvorcov (<i>Corrected Ordinary Least Squares</i>)
CRS	Konštantné výnosy z rozsahu
CSR	Spoločensky zodpovedné podnikanie (<i>Corporate Social Responsibility</i>)
CSRD	Corporate Sustainability Reporting Directive
DEA	Analýza dátových obalov (<i>Data Envelopment Analysis</i>)
DMU	Rozhodovacia jednotka pri metóde DEA (<i>Decision Making Units</i>)
DJSI	Dow Jones Sustainability Index
EEA	Analýza ekologickej účinnosti (<i>Eco-Efficiency Analysis</i>)
EFI	Index ekologickej stopy (<i>Ecological Footprint Index</i>)
EPA	Agentúra pre ochranu životného prostredia (<i>Environmental Protection Agency</i>)
EPI	Index environmentálnej výkonnosti (<i>Environmental Performance Index</i>)
ESG	Systém udržateľného investovania (<i>Environmental, Social and Governance</i>)
ESI	Index environmentálnej udržateľnosti (<i>Environmental Sustainability Index</i>)
ESSD	Medzinárodný žurnál vedy o životnom prostredí a udržateľnom rozvoji

ETS	Európsky systémy obchodovania s emisiami (<i>EU Emissions Trading System</i>)
EVI	Index environmentálnej zraniteľnosti (<i>Environmental Vulnerability Index</i>)
GCP	Globálny uhlíkový projekt (<i>Global Carbon Project</i>)
GRI	Global Reporting Initiative
HDP	Hrubý domáci produkt (GDP – <i>Gross Domestic Product</i>)
HPI	Index šťastnej planéty (<i>Happy Planet Index</i>)
IPCC	Medzivládny panel o zmene klímy
IPPU	Priemyselné procesy a používanie produktov
KVR	Konštantné výnosy z rozsahu
LULUCF	Sektor využívania pôdy, zmien vo využívaní pôdy a lesného hospodárstva
MEA	Viacrozmerná analýza efektívnosti (<i>Multi-directional Efficiency Analysis</i>)
NDC	Vnútroštátne stanovené príspevky (<i>Nationally Determined Contributions</i>)
NFRD	Non-Financial Reporting Directive
NRZ	Národný register znečisťovania
OECD	Organizácia pre hospodársku spoluprácu a rozvoj
OSN	Organizácia Spojených národov
OZE	Obnoviteľné zdroje energie
PAT	Výraz vplyvu človeka na životné prostredie
PPF	Hranica produkčných možností (<i>Production Possibility Frontier</i>)
SBM	Neradiálny model DEA s KVR/VVR (<i>slack based measure</i>)
SDGs	Ciele udržateľného rozvoja (<i>Sustainable Development Goals</i>)
SFA	Stochastická hraničná analýza (<i>Stochastic Frontier Analysis</i>)
SHMÚ OEaB	Slovenský hydrometeorologický ústav (Odbor Emisie a biopalivá)
TCA	Celkové hodnotenie nákladov (<i>Total Cost Assessment</i>)
TUR	Trvalo udržateľný rozvoj
ÚGKK	Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky
UNEP	Program Spojených národov pre životné prostredie
ÚLP	Úlohy lineárneho programovania
VÚEPP	Výskumný ústav ekonomiky poľnohospodárstva a potravinárstva
VRS	Variabilné výnosy z rozsahu
WBCSD	Svetová podnikateľská rada pre udržateľný rozvoj
WCED	Western Cape Education Department
WHO	Svetová zdravotnícka organizácia (<i>World Health Organization</i>)
ZAP	Zväz automobilového priemyslu
WMO	Svetová meteorologická organizácia (<i>World Meteorological Organization</i>)

ÚVOD

V posledných rokoch sa hľadanie vyššej účinnosti výrobného procesu stalo relevantnejším problémom premýšľania o mikroekonomických základoch, o vzťahu medzi energiou, životným prostredím a rastom. Súkromné spoločnosti a ich výrobná technológia sa pomaly vzdávajú od svojej závislosti na fosílnych zdrojoch energie. Okrem toho, úlohy mimovládnych organizácií a lepšieho inštitucionálneho rámca pre environmentálne zdroje sa stali kľúčovým vstupom pre dosiahnutie cieľa trvalého rozširovania prosperity. Pre získanie energeticky účinnej kombinácie vstupov z dlhodobého hľadiska, je potrebné nevyhnutne zvýšiť efektívnosť a produktivitu procesov podniku. Aby boli tieto zisky účinné a efektívne, mali by pochádzať z rôznych zdrojov, ako napr. technologické, obchodné modely, rozhodnutia v oblasti riadenia, inštitucionálne smernice a regulačné politiky.

Súčasná energetická kríza, zmena podnebia a čoraz vážnejšie problémy so životným prostredím začali zvyšovať obavy verejnosti o otázky životného prostredia. Najmä v posledných desaťročiach viedol rýchly hospodársky rast k nadmernej spotrebe prírodných zdrojov a zhoršovaniu životného prostredia. Zelená spotreba je udržateľné správanie spotrebiteľov charakterizované spotrebou, ktorá je kompatibilná s ochranou životného prostredia pre súčasnosť a pre ďalšie generácie, ktoré v posledných rokoch priťahuje pozornosť podnikov a spotrebiteľov. Nákup a spotreba „zelených“, ekologických, environmentálne vhodných výrobkov na dennodennej báze sa začína považovať za efektívny spôsob riešenia environmentálnych problémov.

Dizertačná práca, ako už názov napovedá, sa zaoberá prepojením životného prostredia a ekonómie. Práca predstavuje úvod do environmentálnej ekonómie a uplatnenie ekonomického pohľadu na environmentálne riadenie a ochranu, čo je jeden zo spôsobov, ako priblížiť kroky, ktoré je potrebné podniknúť na zastavenie a zvrátenie procesu degradácie životného prostredia spôsobeného človekom. Môžeme skonštatovať, že spotreba je neodmysliteľne spojená s udržateľnosťou, pretože každé rozhodnutie o tom, čo kúpiť, ako veľa kúpiť, koľko spotrebovať a ako nakladať s odpadmi má priamy vplyv na životné prostredie a budúce generácie. Podstata tkvie v myšlienkach, ako ľudské rozhodnutia ovplyvňujú kvalitu životného prostredia, ako ľudské hodnoty a inštitúcie formujú naše požiadavky na zlepšenie jeho kvality, a najmä, ako navrhnúť účinné verejné politiky na dosiahnutie spomínaných zlepšení. Pochopenie psychológie za environmentálnym alebo trvalo udržateľným správaním je ústredným prvkom udržateľnej budúcnosti a rozsiahlych zmien správania. Avšak aj napriek tomu zrejmy význam a podstatný vplyv výskumu v týchto

oblastiach je pomerne nízky a výrazne zaostáva. V Európskej únii existuje silná tendencia centrálne zavádzať rôzne druhy opatrení obmedzujúcich v súčasnosti používané technológie a podporovať ostatné. Neustále sa kladie dôraz na potrebu trvalo udržateľného rozvoja, investícií do inovatívnych technológií neustálymi a zvýšenými výdavkami na výskum a vývoj (R&D).

Rastúci počet spoločností v rôznych odvetviach v súčasnosti sleduje ciele trvalo udržateľného rozvoja s cieľom zlepšiť efektívnosť podnikania, riadiť očakávania zainteresovaných strán alebo dosiahnuť súlad s legislatívou. To platí aj pre spoločnosti, ktoré sú pod tlakom svojich zainteresovaných strán na riadenie a zlepšovanie výkonnosti v oblasti udržateľnosti. Vyžaduje si to rozvoj dôveryhodných nástrojov a systémov merania, ktoré by umožnili zachytenie a monitorovanie udržateľnosti.

Hlavným cieľom dizertačnej práce je analyzovať a porovnať efektívnosť vybraných priemyselných podnikov pôsobiacich na Slovensku použitím environmentálnych modelov so zámerom na možnosti zavedenia takých premenných do modelov rozhodovania, ktoré zohľadňujú ochotu firiem správať sa v súlade s ochranou životného prostredia.

Vzhľadom na veľmi aktuálnu problematiku environmentálnej ekonómie a potrebu sledovania negatívnych dopadov na životné prostredie je žiadúce prísť s možnosťami zavedenia takých environmentálnych premenných do modelov rozhodovania, ktoré zohľadňujú ochotu firiem správať sa v súlade s ochranou životného prostredia.

Aplikácia metód hodnotenia efektívnosti v radiálnych modeloch a testovanie významnosti rozdielov vplyvu environmentálnych premenných na efektívnosť firiem umožní obohatiť doterajší empirický výskum o získané výsledky práce a vytvorí priestor navrhnuť odporúčania pre rôzne sféry národného hospodárstva. Dizertačná práca ponúkne riešenia vo forme integrácie prezentovaných a navrhnutých modelov do rozhodovania vybraných firiem. Sme presvedčení, že výsledky práce budú veľkým prínosom pre firmy na nedokonale konkurenčných trhoch Slovenska, ale predovšetkým budú slúžiť ako efektívny nástroj pre zmiernenie negatívnych ekologických dopadov na životné prostredie.

1 SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY DOMA A V ZAHRANIČÍ

Prvá časť nám bližšie charakterizuje koncept trvalo udržateľného rozvoja a nadväzujúci dokument Agenda 2030 pre udržateľný rozvoj s vymedzením 17 cieľov trvalo udržateľného rozvoja (TUR). Agendu 2023 podporuje aj Slovensko, na základe čoho si priblížime jeho postavenie v dosahovaní cieľov TUR, odkiaľ priblížime ekonomickú výkonnosť firiem z pohľadu trvalo udržateľného rastu a komunikáciu podnikovej udržateľnosti

V druhej časti sa zaoberáme ústredným pojmom environmentálna ekonómia, ktorá je východiskom nášho výskumu. Aby sme mohli analyzovať, ako by budúci ekonomický rozvoj mohol ovplyvniť naše životné prostredie, musíme najprv opísať, čo znamená „ekonómia“ a „životné prostredie“ a ako sa navzájom ovplyvňujú. Tento široký koncepčný pohľad je potrebný na to, aby bolo možné vidieť zjednodušenia a aspekty, ktoré nie sú pokryté pri analýze budúceho ekonomického rozvoja a výsledných vplyvov na naše životné prostredie. Po koncepčnom vymedzení ekonómie a životného prostredia si predstavíme základné koncepty a definície environmentálnej ekonómie a jej význam v súčasnej dobe.

Tretia podkapitola zdôrazňuje potrebu modelov v ekonómii a životnom prostredí, odkiaľ prechádzame ku kvantifikácii environmentálnej ekonómie a jej spôsobom hodnotenia vo forme vybraných indexov, modelov a metód environmentálnej ekonómie.

Záver kapitoly je venovaný prehľadu kvantitatívnych metód analýzy efektívnosti, podrobnému objasneniu neparametrického prístupu analýzy dátových obalov a taktiež vybraným environmentálnym premenným do modelov rozhodovania, ktoré zohľadnia ochotu firiem správať sa v súlade s ochranou životného prostredia.

1.1 Koncept trvalo udržateľného rozvoja

Hoci koncept udržateľného rozvoja a právo na zdravé životné prostredie sú v našej spoločnosti známe už dlhú dobu, až začiatkom 21. storočia sme začali pozorovať prvé snahy o ich implementáciu ako hlavných princípov riadenia štátov. Za základný globálny predpoklad akceptovania práva na zdravé životné prostredie sa dá považovať Všeobecnú deklaráciu ľudských práv a vznik OSN v roku 1945.

U Thant, vtedajší generálny tajomník OSN, predniesol v roku 1969 historický prejav na Valnom zhromaždení OSN, v ktorom kritizoval súčasný stav životného prostredia a vyzval predstaviteľov štátov, aby konali. Toto vystúpenie bolo veľkým medzníkom a viedlo

k zvolaniu historickej prvej celosvetovej konferencie o životnom prostredí, ktorá sa konala v Štokholme v júni 1972. Toto celosvetové podujatie upozornilo na alarmujúci stav životného prostredia a viedlo k výraznému zlepšeniu jeho inštitucionálnej ochrany na medzinárodnej úrovni a vzniku Environmentálneho programu OSN.¹

Správa o životnom prostredí a rozvoji - Naša spoločná budúcnosť (1987) predstavovala dôležitý krok v snahe o uvedenie do praxe konceptu udržateľného rozvoja. Táto správa zdôraznila, že ochrana životného prostredia, ekonomický rast a sociálna rovnosť sú kľúčovými prvkami udržateľného rozvoja a mali by sa brať do úvahy ako jedna otázka.

Diskusie o udržateľnom rozvoji boli aj súčasťou Miléniového summitu (2000), na ktorom členské krajiny OSN sa zaviazali k prijatiu celosvetových cieľov rozvoja, ktoré boli časovo obmedzené, merateľné a sústredili sa na riešenie rôznych foriem extrémnej chudoby - napríklad nedostatku príjmov, hladu, chorôb, neprimeraného bývania a sociálneho vylúčenia - spolu s podporou rodovej rovnosti, vzdelávania a udržateľnosti životného prostredia.² Hoci všetky ciele neboli dosiahnuté, poslúžili ako inšpirácia pre vypracovanie nových cieľov udržateľného rozvoja, ktoré sa zaviazali naplniť 193 krajín OSN.

1.1.1 Vymedzenie trvalo udržateľného rozvoja

Od roku 1987 sa pojem trvalo udržateľný rozvoj stal významným pojmom v jazyku rôznych tvorcov politík, ako sú politici a odborníci z praxe (Burton, 1987). Jedna z najstarších definícií pojmu trvalo udržateľný rozvoj bola publikovaná v roku 1987 v správe Brundtlandovej komisie; jeho hlavným cieľom bolo pomôcť svetovým národom smerom k trvalo udržateľnému rozvoju, aby sa podporila harmónia medzi ľudstvom a prírodou. Podľa správy sa pojem trvalo udržateľný rozvoj pridržiava názoru, že „*uspokojenie súčasnosti nemusí byť na úkor budúcnosti*“.

Zjednodušene povedané, rozvoj by mal byť nepretržitý proces uspokojovania súčasných potrieb a zohľadňovania požiadaviek aj budúcich generácií (WCED, 1987). Pojem „potreby“ v definícii zdôrazňuje nevyhnutnú požiadavku chudobných. Napriek mnohým definíciám pojmu trvalo udržateľný rozvoj je najčastejšie používaná definícia navrhnutá Brundtlandovou komisiou (Dernbach, 1998), ktorú uvádzame vyššie.

¹ HUBA, M. (2007). *Medzníky starostlivosti o životné prostredie a udržateľný rozvoj na pôde OSN*. In: Životné prostredie: revue pre teóriu a starostlivosť o životné prostredie. Bratislava: Ústav krajinnej ekológie SAV, 41(4), 178-183. Dostupné na: <http://147.213.211.222/sites/default/files/2007_4_178_183_huba.pdf>.

² UNITED NATIONS INFORMATION SERVICE. (2013). *Miléniové rozvojové ciele*. Dostupné na: <<http://www.unis.unvienna.org/unis/sk/topics/2013/mdg.html>>.

Existuje viacero rôznych definícií konceptu udržateľného rozvoja, z ktorých najznámejšou je definícia uvedená v správe Svetovej komisie OSN pre životné prostredie s názvom *Naša spoločná budúcnosť*. Podľa tejto správy znamená udržateľný rozvoj: „dosiahnutie rovnováhy medzi uspokojovaním potrieb súčasných generácií a zároveň ochranou možností budúcich generácií pred ohrozením uspokojenia vlastných potrieb“.³

Trvalo udržateľný ekonomický rozvoj je charakterizovaný ako rovnováha medzi ekonomickými, sociálnymi a environmentálnymi hľadiskami. Tento druh rozvoja zahŕňa dlhodobú perspektívu a úplné zapojenie spoločnosti s cieľom nájsť realizovateľné riešenia pre následky dnešných aktivít. Organizácia pre hospodársku spoluprácu a rozvoj (OECD) poskytuje praktické prístupy na dosiahnutie trvalo udržateľného rozvoja a venuje sa šiestim tematickým oblastiam: udržateľnej spotrebe a výrobe, zmene podnebia a trvalo udržateľnému rozvoju, udržateľnému obchodu a zahraničným investíciám, reforme dotácií a trvalo udržateľnému rozvoju, vzdelávaniu pre trvalo udržateľný rozvoj a životnému prostrediu a zdraviu. Okrem toho sa zaoberá dvoma kľúčovými problémami, a to vládny postupom v oblasti trvalo udržateľného rastu a merateľnosti, vrátane štatistík v tejto oblasti.

Pojem udržateľný rozvoj je definovaný aj v nariadení Európskeho parlamentu a Rady č. 2493/2000, ktorý znamená zlepšenie životnej úrovne a prosperitu obyvateľov v rámci možností ekosystémov, pri zachovaní prírodného bohatstva a biologickej rozmanitosti, aby to malo prospech pre súčasné a budúce generácie.⁴

V Slovenskej republike sa trvalo udržateľný rozvoj upravuje v zákone č. 17/1992 Zb. o životnom prostredí. V §6 tohto zákona sa stanovuje „Trvalo udržateľný rozvoj spoločnosti je taký rozvoj, ktorý súčasným i budúcim generáciám zachováva možnosť uspokojovať ich základné životné potreby a pritom neznižuje rozmanitosť prírody a zachováva prirodzené funkcie ekosystémov“.⁵

1.1.2 Agenda 2030 pre udržateľný rozvoj

Schválením Agendy 2030 pre trvalo udržateľný rozvoj a jej 17 cieľov udržateľného rozvoja (*Sustainable Development Goals* - SDGs) v roku 2015 svetové spoločenstvo opätovne potvrdilo svoj záväzok k trvalo udržateľnému rozvoju. Prostredníctvom tejto agendy sa 193 členských štátov zaviazalo zabezpečiť trvalý a inkluzívny hospodársky rast,

³ BRUNDTLAND, G.H. (1987). *Naša spoločná budúcnosť: Správa svetovej komisie pre životné prostredie a rozvoj*. Oxford: Oxford University Press, 1987. 400 s. ISBN 019282080X.

⁴ Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 2493/2000 o opatreniach na podporu plného začlenenia rozmeru životného prostredia do rozvojového procesu rozvojových krajín.

⁵ Zákon č. 17/1992 o životnom prostredí.

sociálne začlenenie a ochranu životného prostredia, pričom prostredníctvom nového globálneho partnerstva budú podporovať mierové, spravodlivé a inkluzívne spoločnosti.

Na 70. zasadnutí Valného zhromaždenia OSN v roku 2015 sa prijal strategický dokument s názvom **Agenda 2030 pre udržateľný rozvoj**, ktorý sa stal významnou celosvetovou koncepciou pre dosiahnutie udržateľného rozvoja. Tento komplexný súbor priorít, ktoré sa zakladajú na princípoch transformácie, integrácie a univerzálnosti, sa zaviazali plniť všetkých 193 krajín, vrátane vyspelých aj rozvojových. Hoci tento dokument nie je právne záväzný, má veľký vplyv a význam v oblasti trvalo udržateľného rozvoja.

Zatiaľ čo Miléniové ciele boli primárne zamerané na rozvojové krajiny, Agenda 2030 je prvou globálnou dohodou, ktorá sa vzťahuje na všetky krajiny sveta. Napriek tomu, že jej obsah a dosah sú rozsiahlejšie, stále zohľadňuje rozdiely v úrovniach rozvoja krajín a rešpektuje národné politiky a priority. Agenda 2030 má za cieľ pokračovať v plnení predchádzajúcich cieľov a zároveň sleduje nové ciele v ďalších oblastiach. Je nevyhnutné, aby ju plnili všetky krajiny, a to prostredníctvom globálneho partnerstva, ktoré mobilizuje činnosť vlád a zainteresovaných strán na všetkých úrovniach. Je dôležité poznamenať, že agenda nie je právne záväzná, ale predstavuje celosvetovú koncepciu trvalo udržateľného rozvoja.

Zohľadňujúc aktuálne globálne problémy, Agenda 2030 bola prijatá ako výzva na spoločnú koordináciu a postup v oblasti udržateľného rozvoja pre všetkých obyvateľov planéty. Tento dokument poskytuje univerzálny štandard pre rozvoj, ktorý zdôrazňuje potrebu *odstrániť chudobu vo všetkých jej formách a rozmeroch, zlepšiť podmienky v oblastiach ako je potravinová bezpečnosť, zdravotníctvo, vzdelávanie, trvalo udržateľná výroba a spotreba, udržateľné hospodárenie s prírodnými zdrojmi, zmena klímy a rodová rovnosť*.⁶ Pre OSN predstavuje táto Agenda plán konania pre prosperitu ľudstva, zároveň sa snaží o posilnenie mieru a slobody. Ide o súbor záväzkov na globálnej úrovni, na ktoré sa členské krajiny zaviazali reagovať v súvislosti s najnaliehavejšími výzvami súčasnosti.

Agenda 2030 zahŕňa **17 cieľov udržateľného rozvoja** a 169 súvisiacich podcieľov, ktoré sa zaoberajú rôznymi aspektmi udržateľného rozvoja v oblastiach ako *chudoba, nerovnosť, zdravotníctvo, potravinová bezpečnosť, udržateľná výroba a spotreba, zamestnanosť, infraštruktúra, hospodárenie s prírodnými zdrojmi, zmena klímy, rovnosť pohlaví a inkluzívne spoločnosti*. Tieto ciele boli vytvorené za účelom poskytnúť rámcové riešenia pre udržateľný rozvoj, ktoré sa snažia zlepšiť situáciu v rôznych oblastiach. Nové

⁶ UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY. (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Dostupné na: <<https://www.refworld.org/docid/57b6e3e44.html>>.

ciele Agenda 2030 sa snažia pokračovať v naplnení predchádzajúcich rozvojových cieľov tisícročia a záväzkov z Rio de Janeiro, pričom súčasne riešia aj nové výzvy a otázky v mnohých oblastiach. Ako bolo v minulosti, aj v súčasnosti však existuje nerovnomerný pokrok v dosahovaní cieľov trvalej udržateľnosti v rôznych častiach sveta.

Obrázok 1 Ciele trvalo udržateľného rozvoja (TUR)



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa United Nations Information Service Vienna

Na obrázku 1 je zobrazených 17 hlavných cieľov TUR⁷, medzi ktoré patria:

- **Cieľ 1:** Odstránenie chudoby vo všetkých jej formách a rozmeroch.
- **Cieľ 2:** Odstránenie hladu, dosiahnutie potravinovej bezpečnosti a zlepšenie výživy a podpora udržateľného poľnohospodárstva.
- **Cieľ 3:** Zlepšenie zdravia a pohody pre všetkých a zabezpečenie univerzálneho prístupu k zdravotnej starostlivosti.
- **Cieľ 4:** Zabezpečenie všestranného prístupu ku kvalitnému vzdelaniu a zlepšenie výsledkov vzdelávania pre všetkých.
- **Cieľ 5:** Dosiahnutie rodovej rovnosti a posilnenie práv žien a dievčat.
- **Cieľ 6:** Zabezpečenie dostupnosti a udržateľného manažmentu vody a sanitárnych opatrení pre všetkých.
- **Cieľ 7:** Zabezpečenie prístupu k cenovo dostupným, spoľahlivým a trvalo udržateľným moderným zdrojom energie pre všetkých.

⁷ United Nations, (2022). *Sustainable Development Goals*. URL: <<https://sdgs.un.org/goals>>

- **Cieľ 8:** Podpora trvalo udržateľného hospodárskeho rastu, plnej a produktívnej zamestnanosti a dôstojnej práce pre všetkých.
- **Cieľ 9:** Vybudovanie pevnej infraštruktúry, podpora inkluzívnej a udržateľnej industrializácie a posilnenie inovácií.
- **Cieľ 10:** Posilnenie globálneho partnerstva pre udržateľný rozvoj a zlepšenie koordinácie a spolupráce medzi krajinami a sektormi.
- **Cieľ 11:** Premena miest a ľudských obydli na inkluzívne, bezpečné, odolné a udržateľné.
- **Cieľ 12:** Zabezpečenie udržateľnej spotreby a výrobných schém.
- **Cieľ 13:** Podniknutie bezodkladných opatrení na boj proti klimatickým zmenám a ich dôsledkom.
- **Cieľ 14:** Zabezpečenie trvalo udržateľného a spravodlivého využívania morských zdrojov.
- **Cieľ 15:** Riešenie zmeny klímy a ochrana životného prostredia vrátane ochrany biodiverzity a ochrany oceánov.
- **Cieľ 16:** Zabezpečenie mieru, bezpečnosti a posilnenie spravodlivosti a inkluzívnych inštitúcií na všetkých úrovniach.
- **Cieľ 17:** Posilnenie prostriedkov implementácie a revitalizácie globálneho partnerstva pre udržateľný rozvoj.

Rozhodnutia o rozvojovej politike tvoria päť dimenzií. To znamená, že na to, aby bol rozvojový zásah udržateľný, musí brať do úvahy sociálne, ekonomické a environmentálne dôsledky, ktoré vytvára, a viesť k vedomým rozhodnutiam v zmysle kompromisov, synergii a vedľajších účinkov. Okrem toho, musia tvorcovia politiky zabezpečiť, aby sa akýkoľvek zásah vyvinul, vlastnil a preniesol s príslušnými partnerstvami a využíval vhodné prostriedky implementácie. Týmto spôsobom Agenda 2030 a ciele udržateľného rozvoja spoločne predstavujú holistický prístup k pochopeniu a riešeniu problémov tým, že nás vedú k tomu, aby sme kládli správne otázky v správnom čase.

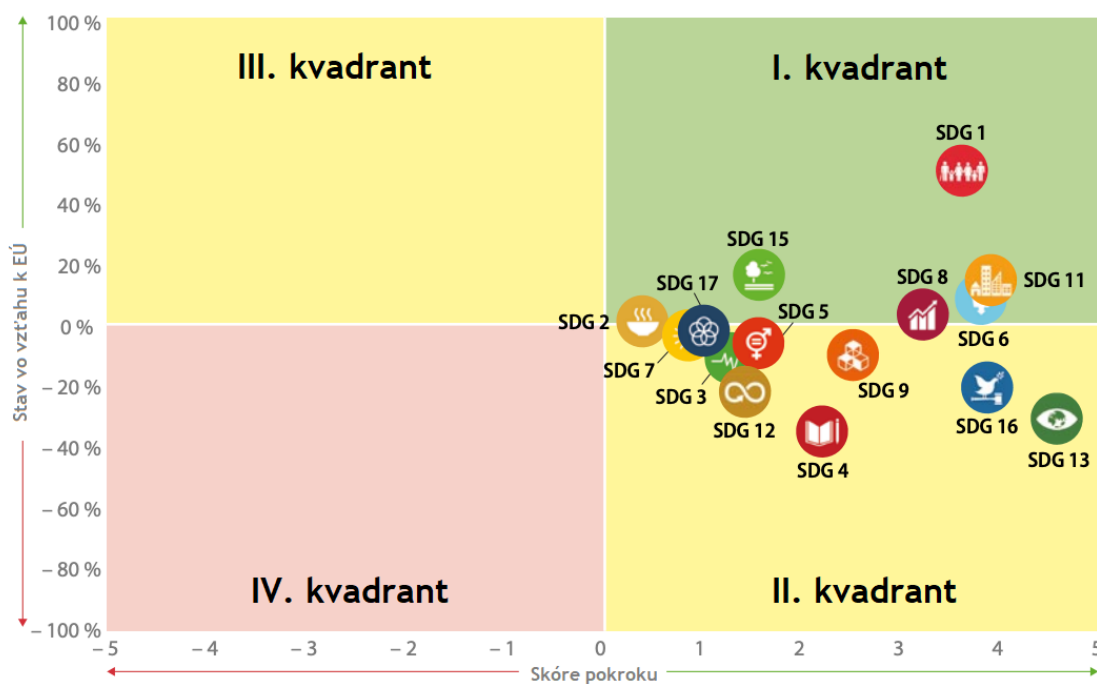
Jednotlivé krajiny a ich vládni predstavitelia sú zodpovední za implementáciu hlavných a čiastkových cieľov trvalo udržateľného rozvoja na národnej, regionálnej a globálnej úrovni. Pri napĺňaní globálnych čiastkových cieľov si vlády vyberú, ako ich zapracujú do svojich národných plánov a politik, aby zohľadnili miestne podmienky. Okrem toho, si každá krajina stanoví aj svoje vlastné národné ciele, ktoré budú zohľadňovať globálnu snahu a súčasne rešpektovať reálne podmienky danej krajiny.

1.1.3 Slovensko a ciele udržateľného rozvoja Agendy 2030

Slovenská republika, ako člen OSN, prijala záväzok podporovať Agendu 2030 a integrovaným spôsobom vytvoriť rámec pre implementáciu, monitorovanie a prípadnú revíziu Cieľov udržateľného rozvoja. Na národnej úrovni Slovensko schválilo dokument s názvom „Východiská implementácie Agendy 2030 pre udržateľný rozvoj“ v marci 2016, v ktorom sa zaviazalo k implementácii Agendy 2030.

Vláda Slovenskej republiky sa zaviazala k integrácii Cieľov udržateľného rozvoja OSN do národných politík a programov a mobilizácii potrebných finančných prostriedkov na ich dosiahnutie. V dokumente Východiská implementácie Agendy 2030 pre udržateľný rozvoj, schválenom v marci 2016, sa Slovensko prihlásilo k implementácii Agendy 2030 na národnej úrovni. Vláda SR tiež súhlasila s koncepciou delenej gescie za implementáciu Agendy 2030 a rozdelením kompetencií pre vnútroštátnu a medzinárodnú implementáciu medzi Úrad vlády SR a Ministerstvo zahraničných vecí a európskych záležitostí SR⁸. Okrem toho boli vypracované a prijaté ďalšie dokumenty, pričom Vízia a stratégia rozvoja Slovenska do roku 2030 sa stala finálnym dokumentom implementačného procesu Agendy 2030 na Slovensku.

Graf 1 Dosahovanie cieľov udržateľného rozvoja - Slovensko (2022)



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa Eurostatu.

⁸ Vízia a stratégia rozvoja Slovenska do roku 2030. Dostupné na: <<https://www.slov-lex.sk/legislativne-procesy/SK/LP/2019/541>>.

Poznámka: SDG 1 – Žiadna chudoba, SDG 2 – Žiadny hlad, SDG 3 – Kvalita zdravia a života, SDG 4 – Kvalitné vzdelanie, SDG 5 – Rodová rovnosť, SDG 6 – Čistá voda a hygiena, SDG 7 – Dostupná a čistá energia, SDG 8 – Dôstojná práca a ekonomický rast, SDG 9 – Priemysel, inovácie a infraštruktúra, SDG 10 – Zníženie nerovností, SDG 11 – Udržateľné mestá a komunity, SDG 12 – Zodpovedná výroba a spotreba, SDG 13 – Ochrana klímy, SDG 14 – Život pod vodou, SDG 15 – Život na pevnine, SDG 16 – Mier, spravodlivosť a silné inštitúcie, SDG 17 – Partnerstvá za ciele.

Graf 1 je rozdelený do 4 kvadrantov a zachytáva dosahovanie jednotlivých cieľom TUR. Na grafe 1 vidíme skóre pokroku Slovenskej republiky, ktoré predstavuje relatívnu mieru ukazujúcu jej pozíciu v porovnaní s ostatnými členskými štátmi a priemerom EÚ. Na zvislej osi je znázornený status cieľov udržateľného rozvoja (SDG) Slovenska v porovnaní s rozložením členských štátov a vzhľadom na priemer EÚ.

SDG na hornej časti grafu majú status nad priemerom EÚ, a pre SDG na dolnej časti je status pod priemerom EÚ. Pravá strana grafu zobrazuje SDG, kde Slovensko dosahuje pokrok, zatiaľ čo ľavá strana ukazuje posun od SDG. Status dosahovania cieľov udržateľného rozvoja pre Slovensko môžeme charakterizovať pomocou štyroch kvadrantov nasledovne:

- I. Slovensko sa posúva k týmto SDG a priemerné hodnoty indikátorov sú nad priemerom EÚ. Pre Slovensko je to pozitívne, nakoľko dosahuje vo vyznačených SDG nadpriemerné hodnoty voči iným členským štátom.
- II. Slovensko sa posúva k týmto SDG, ale priemerné hodnoty indikátorov sú pod priemerom EÚ. Pre Slovensko to znamená, že väčšina SDG v tomto kvadrante dosahuje podpriemerné hodnoty voči iným členským štátom.
- III. Slovensko v tomto kvadrante nemá zastúpenie žiadnych SDG, čiže sa žiadnym spôsobom nevzdďaľuje od SDG.
- IV. Ani v tomto kvadrante nemá Slovensko zastúpenie žiadnych SDG, čo znamená, že sa žiadnym spôsobom nevzdďaľuje od SDG.

Vysoký status preto neznamena, že sledovaná krajina je blízko dosiahnutia konkrétneho Cieľa udržateľného rozvoja, ale že dosiahla vyšší status ako iné členské štáty. Na druhej strane, skóre pokroku je absolútna miera založená na trendoch ukazovateľov za posledných päť rokov a jeho výpočet nie je ovplyvnený pokrokom dosiahnutým ostatnými členskými štátmi.

1.1.4 Udržateľnosť v prostredí firiem

V súčasnosti sa zdôrazňuje, že trvalo udržateľný rast nie je len záležitosťou etiky, ale má priamy vplyv na ekonomickú výkonnosť krajín/firiem. Jedným z kľúčových faktorov

udržateľného rozvoja je spoločenská zodpovednosť podnikov (*Corporate Social Responsibility* – CSR), ktoré majú veľký vplyv na spoločenské, ekologické a sociálne aspekty spoločnosti, v ktorej pôsobia. Preto dnes optimálny obchodný model podniku musí zohľadňovať nielen zisk, ale aj dlhodobú udržateľnosť a rast v globálnych trhových podmienkach.⁹

Definície pojmu spoločensky zodpovedného podnikania (CSR) sa objavili v polovici minulého storočia a v pôvodnom zmysle bol tento pojem spojený predovšetkým s úlohou a postojmi manažérov. Avšak s postupným vývojom a implementáciou koncepcie CSR do praxe, sa jeho podstata začala chápať komplexnejšie aj v rámci vzťahov medzi podnikom a jeho okolím. V odbornej literatúre nie je všeobecne platná definícia pojmu CSR, preto sa často stretávame s rôznymi definíciami, ktoré sa líšia, avšak zahrňujú určité spoločné charakteristiky.

Definícia CSR podľa Svetovej obchodnej rady pre trvalo udržateľný rozvoj (*World Business Council for Sustainable Development* - WBCSD) zahŕňa prínos firiem pre trvalo udržateľný ekonomický rast a zlepšovanie kvality života zamestnancov, ich rodín, miestnych komunít a celkovej spoločnosti. Tento pojem pre WBCSD znamená „beyond law“, teda nad rámec povinností vyplývajúcich zo všeobecných záväzkov v oblastiach: firemná správa a etika, bezpečnosť a ochrana zdravia, životné prostredie, ľudské práva, riadenie ľudských zdrojov, firemná filantropia a zamestnanecká dobrovoľnosť, podnikateľské procesy, korupcia a podplácanie, zodpovednosť a transparentnosť.¹⁰

S narastajúcim počtom firiem, ktoré implementujú koncept CSR, rastie aj dopyt po relevantných a dôveryhodných dátach, ktoré dokazujú skutočné aktivity CSR v praxi. Všetky zainteresované subjekty majú záujem o tieto informácie a je potrebné ich pravidelne zverejňovať a komunikovať ako súčasť marketingovej stratégie. Firmy reportujú o svojich aktivitách v rámci CSR s cieľom informovať rôzne cieľové skupiny a komunikovať so širokou verejnosťou. *Správa o udržateľnom rozvoji* je spôsob merania, zverejňovania informácií a zodpovednosti voči interným a externým zainteresovaným subjektom v porovnaní s cieľmi udržateľného rozvoja. Správa by mala obsahovať vyváženú a dôveryhodnú prezentáciu výsledkov výkonnosti organizácie v oblasti udržateľného rozvoja, zahŕňajúc pozitívne aj negatívne aspekty. Existuje viacero dôvodov, prečo by

⁹ PAKŠIOVÁ, R. (2016). *Reporting of Non-financial Information on Companies in the Context of Sustainable Development in Slovakia*. In: *Zachovanie a rast majetkovej podstaty ako relevantný nástroj trvalo udržateľného rozvoja podniku*. ISBN 978-80-245-2157-2.

¹⁰ Zelený, J. et al. (2010). *Environmentálna politika a manažérstvo organizácií*. 1. vyd. Banská Bystrica : Fakulta prírodných vied UMB, 2010. 180 s. ISBN 978-80-8083-972-7.

organizácie mali reportovať, vrátane etických dôvodov, ekonomických dôvodov, budovania značky, motivácie zamestnancov, riadenia alebo zníženia rizika, upevnenia vzťahov s dodávateľmi, zlepšenia prístupu ku kapitálu, zlepšenia trhovej pozície, zlepšenia vzťahov so štátnymi úradmi a úspor nákladov.

Bola schválená Smernica o vykazovaní informácií o udržateľnosti podnikov zo strany Rady EÚ, ktorá rozširuje kritériá pre subjekty, ktoré budú povinné zverejňovať podrobné informácie o udržateľnosti. Táto smernica, známa ako „CSRD“, bude prvýkrát vyžadovať správu o udržateľnosti v roku 2024 a bude sa týkať veľkých organizácií s viac ako 500 zamestnancami. Podľa existujúcej *smernice Európskeho parlamentu a Rady č. 2014/95/EÚ (NFRD)* by mali tieto správy zahŕňať informácie o vplyvoch podniku na spoločnosť, vrátane environmentálnych, sociálnych a podnikových otázok. Pre klientov, investorov, regulátorov a zamestnancov je dôležité vedieť, ako podniky prispievajú k trvalo udržateľnému rozvoju a ako sa snažia minimalizovať svoj negatívny vplyv na životné prostredie a prírodné zdroje. Jedným z moderných nástrojov na komunikáciu podnikovej udržateľnosti je skratka ESG, ktorá zahrnuje tri kategórie hodnotenia: *Environment* (E) – životné prostredie, *Social* (S) – sociálne aspekty a *Governance* (G) – podnikové riadenie.

Tabuľka 1 Systém udržateľného investovania – ESG

 Environmentálny	 Sociálny	 Vládny
• Zníženie spotreby energie a zlepšenie energetickej účinnosti • Stratégia adaptácie na zmenu klímy • Znižovanie množstva odpadov • Zastavenie straty biodiverzity • Znižovanie emisií skleníkových plynov • Zníženie uhlíkovej stopy	• Objektívne odmeňovanie zamestnancov • Rovnaké pracovné príležitosti • Zamestnanecké výhody • Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci • Komunitná angažovanosť • Dodávateľský reťazec zodpovedných dovozcov • Dodržiavanie pracovného práva	• Riadenie spoločností • Riadenie rizík • Dodržiavanie právnych predpisov a pravidiel • Etické obchodné praktiky • Vyhybanie sa konfliktu záujmov • Účtovná integrita a transparentnosť

Zdroj: Vlastné spracovanie podľa TechTarget. 2023. Environmental, social and governance (ESG). URL: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/environmental-social-and-governance-ESG>

1.2 Environmentálna ekonómia

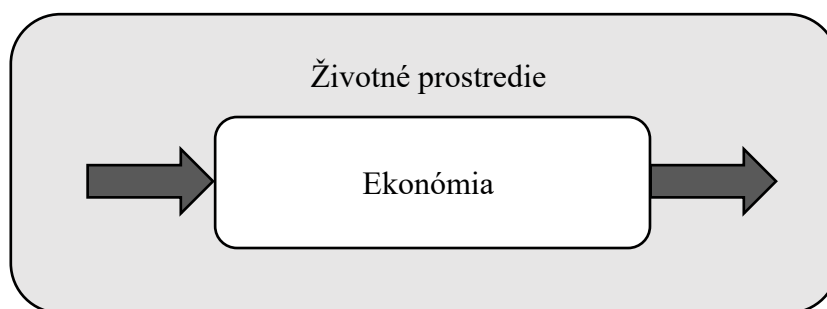
Táto podkapitola začína všeobecnou diskusiou o vzťahoch medzi ekonomikou a životným prostredím, a následne uvádza niektoré ich základné koncepty. Ďalšia časť poskytuje stručný prehľad hlavných definícií environmentálnej ekonómie, zatiaľ čo posledná sa zameriava na význam environmentálnej ekonómie v súčasnej dobe.

1.2.1 Prepojenie medzi ekonomikou a životným prostredím

Ekonómia popisuje určitý aspekt našej spoločnosti (Polanyi, 1944). Spoločnosť môže byť vnímaná ako človekom vytvorené fyzické a nefyzické umelé prostredie, ktoré je tu v kontraste so životným prostredím, o ktorom bude podrobnejšie diskutované v časti 1.2.2. Fyzickým umelým prostredím sú naše domy, cesty, autá, nože a lyžice a zdroje energie, ktoré poháňajú naše zariadenia. Je to všetka pôda, ktorá sa využíva na poľnohospodárstvo a lesníctvo. Ide o vyhlbené bane a lomy. Naše fyzické umelé prostredie pokrýva podstatnú časť zeme. V roku 2007 pokrývala orná pôda, trvalé lúky a pasienky asi 39 % globálneho povrchu pôdy a zastavaná plocha asi 7 % (Hooke, 2012). V roku 2020 sú na Slovensku tieto čísla 48,4 % pre poľnohospodársku pôdu a 4,9 % pre zastavanú plochu (ÚGKK SR, 2021).

Nefyzickou súčasťou spoločnosti je aj ekonómia, inštitúcie a kultúra. Ekonómia je spôsob, akým organizujeme súbor vzájomne súvisiacich výrobných a spotrebných aktivít, ktoré v rámci ekonómie spolupracujú na vytváraní nášho (ne)fyzického umelého prostredia. Keď hovoríme o ekonomii, obmedzujeme v tejto práci význam tohto slova na súbor vzájomne súvisiacich výrobných a spotrebných aktivít, ktoré sa odohrávajú v našej spoločnosti (Polanyi, 1944; Blyth, 2002).

Obrázok 2 Vzťah medzi ekonomikou a životným prostredím



Zdroj: Field, B. C. – Field, M. K. (2016) *Environmental Economics 7th Edition*. ISBN 978-0078021893. URL: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/environmental-social-and-governance-ESG>

Ekonomická činnosť závisí od životného prostredia, v ktorom je zasadené, ako je koncepčne znázornené na obrázku 2. Životné prostredie poskytuje životný priestor, vodu, vzduch, biotické a abiotické zdroje. Označuje to šípka smerujúca zo životného prostredia na ekonomiu, ktorá predstavuje fyzické toky, ale nielen materiály. Ekonomia využíva životné prostredie aj na odstraňovanie odpadov, ktoré v danom čase a na danom mieste nie sú pre hospodárstvo zaujímavé. Preto je tu šípka smerujúca z ekonomie do životného prostredia. Odpadom môže byť teplo alebo iná forma žiarenia niekde v elektromagnetickom spektre. Odpadom môže byť aj pôda, ktorá nie je ekonomicky produktívna, alebo ťažobné oblasti, ktoré neobsahujú ekonomicky cenné zdroje.

Dôležitá je klauzula „v danom čase a na danom mieste“. Odpad je často vyhadzovaný do prostredia, ktoré na inom mieste alebo v inom čase môže byť pre hospodárstvo veľmi zaujímavé, a je opätovne absorbovaný do hospodárstva. Známym príkladom je získavanie materiálov z potopenej nemeckej flotily na otvorenom mori zo Scapa Flow po prvej svetovej vojne (Booth, 2011). Ďalším príkladom, ktorému sa v súčasnosti venuje pomerne veľká pozornosť, je využitie CO₂ zo vzduchu na výrobu chemikálií (Schemme et al., 2017; Johnson, 2014).

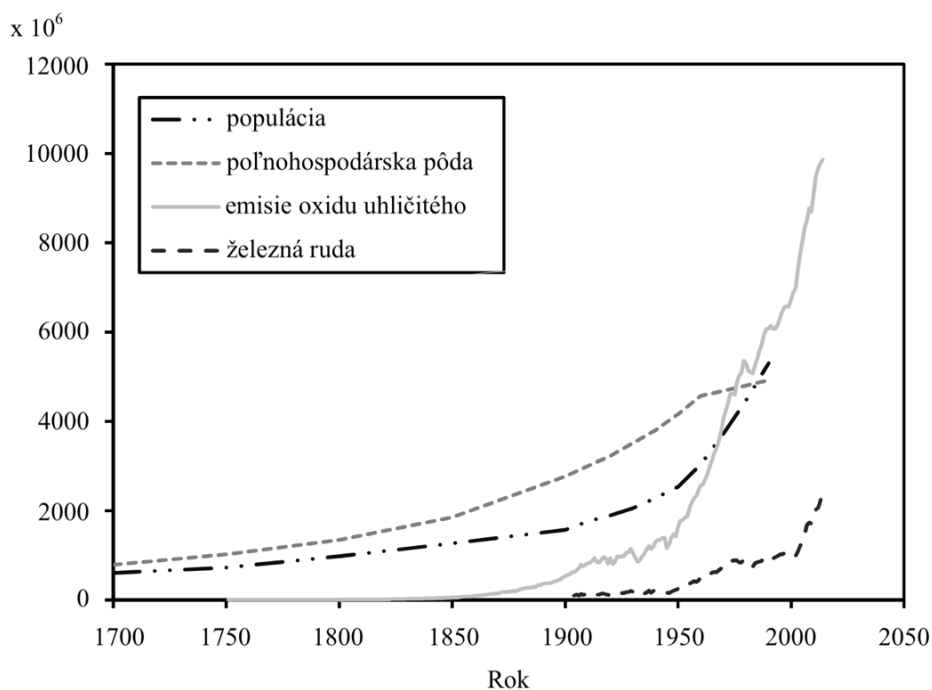
1.2.2 Životné prostredie a zmena klímy

Životné prostredie pozostáva z geosféry, biosféry, hydrosféry a atmosféry. Je to časť sveta, ktorá je ovplyvňovaná, ale nie ekonomicky kontrolovaná. Životné prostredie sa zmenilo v dôsledku jeho interakcie s ekonomikou a to, ktoré sa pôsobením ľudu nezmenilo, už neexistuje. Možno pred priemyselnou revolúciou a predtým, ako antropogénne emisie skleníkových plynov v atmosfére dosiahli takú úroveň, že začali výrazne ovplyvňovať globálnu klímu, existovali časti sveta, ktoré bolo možné považovať za nedotknuté ľuďmi. V súčasnosti nám nenapadá životné prostredie, ktoré nebolo viac-menej pozmenené ľudským pričinením.

Meniaca sa klíma zásadným spôsobom zmenila a ešte viac zmení životné prostredie. Správy Medzivládneho panelu pre zmenu klímy (IPCC) a množstvo ďalšej vedeckej literatúry opisujú pozorované zmeny a zmeny, ktoré pravdepodobne nastanú. Uvedme si niekoľko zmien spôsobených emisiami antropogénnych skleníkových plynov: vyššia priemerná globálna teplota, ustupujúce ľadovce, topenie grónskeho ľadovca, topenie západoantarktického ľadovca (Lenton a kol., 2008; Pritchard a kol., 2009), okysľovanie oceánov (Hoegh-Guldberg & Bruno, 2010) a meniace sa modely zrážok (IPCC, 2014).

Oceány pokrývajú takmer tri štvrtiny povrchu Zeme a so svojou priemernou hĺbkou takmer 4 000 metrov predstavujú okolo 90 % obývateľného priestoru planéty. Okrem toho, že oceány sú obrovským rezervoárom vody a minerálov, či najrozsiahljším obývaným ekosystémom na Zemi, svoju nenahraditeľnú úlohu majú aj v globálnom klimatickom systéme. Bez prítomnosti oceánov by nielenže neexistoval obeh vody na planéte, ale globálna klíma a počasie by boli aj ďaleko extrémnejšie. Vďaka veľkej tepelnej kapacite vody a obrovskej teplotnej „zotrvačnosti“, oceány zmiernujú teplotné výkyvy a vďaka existencii morských prúdov aj teplotné rozdiely medzi tropickými a polárnymi šírkami. Dno oceánu je posiate slinkom z čias, keď boli lode poháňané uhlím (Wei et al., 2012) a na hladine pláva neznáme, ale značné množstvo plastu. V hlbokom oceáne stopy rádionuklidov uvoľnené počas nadzemných jadrových testov poskytujú pohodlný spôsob pozorovania vzorcov oceánskej cirkulácie (Pickart, 1992). Globálne cykly dusíka, fosforu, síry a kovov sa zmenili a niekedy v nich dominujú ľudské aktivity. Svetová biologická diverzita je v dôsledku ľudskej činnosti na veľkom ústupe a súčasná miera vymierania sa pravdepodobne zrýchlila na 1000 – 10 000-násobok prirodzenej miery (Rauch, 2009).

Graf 2 Dlhodobý vývoj ľudskej populácie od 1700 - 2050



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa ESSD podľa údajov Global Carbon Project (GCP), 2019

Poznámka: Využívanie poľnohospodárskej pôdy (mil. Ha), emisií oxidu uhličitého (mil. Ton CO₂/rok) a produkcie železnej rudy (mil. Ton/rok)

Ekonomická činnosť zásadným spôsobom mení životné prostredie a ľudia, podobne ako iné druhy na tejto zemi, ovplyvňujú životné prostredie. S rozvojom poľnohospodárstva

sa okolo roku 10 000 pred Kristom začali zmeny krajiny a súvisiace vplyvy na životné prostredie (Delcourt, 1987; Kahn a kol., 2015). Rozvoj pôdy pre poľnohospodárstvo možno vnímať ako odnímanie pôdy zo životného prostredia. Územný rozvoj sa považuje za zdroj prevzatý zo životného prostredia a vnáša ho do ekonomiky, pričom poľnohospodárstvo sa potom stáva ekonomickou činnosťou ovládajúcou túto oblasť pôdy.

Od začiatku priemyselnej revolúcie sa objem environmentálnych zásahov ovplyvňujúcich životné prostredie zvýšil v dôsledku zvýšenej dostupnosti zdrojov energie, k čomu prispel exponenciálny rast svetovej populácie (Ayres & Warr, 2009). Počet obyvateľov sa zvýšil z približne 0,75 miliardy v roku 1750 na viac ako 8 miliárd v roku 2023 (Durand, 1974; Worldometer, 2023). Od roku 1750 sa emisie CO₂ zo spaľovania fosílnych palív, výroby cementu a spaľovania plynu zvýšili z 3 miliónov ročne na 9 855 miliónov ton uhlíka ročne (Boden a kol., 2017). Využívanie poľnohospodárskej pôdy sa zvýšilo zo 789 miliónov ha v roku 1700 na 4822 miliónov ha v roku 1990 (Goldewijk, 2011). Množstvo ťaženej železnej rudy sa zvýšilo zo 69 miliónov ton ročne v roku 1904 na 2280 miliónov ton ročne v roku 2015 (Kelly a kol., 2014). Najmä po roku 1950 sa spotreba materiálov a úrovne emisií zvýšili (Steffen a kol., 2015). Odhad množstva antropogénnej erózie od praveku do roku 2000 od Wilkinsona (2005) naznačuje, že súčasné úrovne erózie sú najvyššie. Graf 2 zobrazuje emisie CO₂, využívanie poľnohospodárskej pôdy a využívanie železnej rudy v priebehu času, čo odráža nárast výmeny medzi ekonomikou a životným prostredím spolu s vývojom ľudskej populácie.

Vzhľadom na to, že sa životné prostredie rýchlo mení, dodatočné výmeny medzi ekonomikou a životným prostredím môžu mať rôzne environmentálne dopady, pretože stav životného prostredia sa zmenil napríklad ekosystém už mohol zmiznúť v dôsledku historických environmentálnych zásahov. Tieto zmiznuté ekosystémy sa pri hodnotení vplyvov dodatočných environmentálnych zásahov nezohľadňujú a to môže viesť k situácii, keď sa environmentálne vplyvy dodatočných environmentálnych zásahov vyhodnotia ako obmedzené, pretože citlivé ekosystémy už zmizli.

1.2.3 Rekurzívny vzťah

Ako bolo uvedené vyššie, naša ekonomika potrebuje zdroje zo životného prostredia a zároveň ich do neho vypúšťa, čím životné prostredie mení. V dôsledku toho sa životné prostredie mení rýchlejším tempom ako za posledných niekoľko tisíc rokov. Ohrozenie prírodných zdrojov, ktoré tvoria základ našej ekonomiky, tvorí rekurzívny vzťah medzi

ekonómiou a životným prostredím. Z hľadiska ochrany ovzdušia sú dôležité antropogénne emisie, ktoré vznikajú ľudskou činnosťou. Tieto emisie skleníkových plynov vedú k zmene klímy, ktorá má vplyv na schopnosť ekonomiky využívať zdroje zo životného prostredia (Moore & Diaz, 2015). Podľa svetovej meteorologickej organizácie (WMO, 2017) s priemernými globálnymi teplotami v roku 2016 o 1,1 °C nad predindustriálnymi úrovňami sa začínajú prejavovať rekurzívne efekty. Hladina mora stúpajúca v dôsledku zvýšeného topenia ľadovcových štítov a ľadovcov ovplyvňuje nízko položené pobrežné oblasti (Hansen a kol., 2016) a účinky zahŕňajú zvýšené riziko povodní a zvýšenú eróziu pobrežia. Pre niektoré krajiny to znamená, že sa musia prijať riešenia na protipovodňovú ochranu alebo sa musia tieto pobrežné oblasti opustiť.

Aj keď zmeny v životnom prostredí môžu poskytnúť stimul na zníženie vplyvu ekonomie, ale zdá sa, že väčšinu spoločenskej reakcie spúšťajú dôsledky na hospodárstvo. Adaptačné opatrenia na globálne otepľovanie takmer vždy súvisia s ochranou ekonomiky, nie životného prostredia. V súhrnnej hodnotiacej správe o zmene klímy (IPCC, 2014) sa v prehľade adaptačných prístupov z desiatich diskutovaných kategórií iba jedna explicitne zaoberala ekosystémami.

1.2.4 Vymedzenie pojmu environmentálna ekonómia

Počiatky environmentálnej ekonomie siahajú do 60. rokov 20. storočia, keď industrializácia zažívala rozmach, najmä v západnom svete, a znečistenie z priemyselnej činnosti sa stávalo čoraz väčším problémom. Environmentálna ekonómia bola založená na neoklasickom prístupe, ktorý sa zaoberal problémami ako neefektívna alokácia prírodných zdrojov, zlyhanie trhu, negatívne externality a riadenie verejných statkov.

Ako sa hnutie postupom času vyvíjalo, boli zjavné ďalšie zložité detaily o vzťahu medzi životným prostredím a ekonomikou. Štúdiá priniesla silné environmentálne argumenty a návrhy, ktoré viedli k súčasným environmentálnym politikám a predpisom na celom svete. Viedlo to k vytvoreniu nových environmentálnych orgánov – hlavného, Programu OSN pre životné prostredie (UNEP – *United Nations Environment Programme*) v roku 1972.

Environmentálnu ekonomiu možno definovať ako *štúdium toho, ako sú environmentálne zdroje riadené pomocou ekonomických konceptov*. Štúdium environmentálnej ekonomie čerpá z mikroekonomického aj makroekonomického hľadiska, aj keď viac z *mikroekonomickej stránky*. Primárne skúma, prečo a ako ľudia robia rozhodnutia, ktoré majú dôsledky na životné prostredie. Hodnotí tiež, ako by sa mohli

zmeniť ekonomické štruktúry a politiky, aby sa tieto environmentálne vplyvy dostali do väčšej rovnováhy s ľudskými preferenciami a potrebami ekosystémov.¹¹ Okrem toho ekonómovia v tejto oblasti definovali trvalo udržateľný rozvoj ako rozvoj, ktorý chráni kapitál pre budúce generácie, pričom kapitál sa vzťahuje na celkový ľudský kapitál (zručnosti, znalosti a technológie), ľudský kapitál, ako sú stroje a budovy, a prírodný kapitál (environmentálne statky).

Ekonomická teória predtým predpokladala, že ekonomické systémy sú nezávislé od environmentálnych obmedzení, a preto ich možno ignorovať. Znečistenie životného prostredia bolo klasifikované ako externalita, ku ktorej dochádza, keď spotreba alebo výroba spoločnosti alebo spotrebiteľa má priamy vplyv na blahobyt spotrebiteľov a tí, ktorí škodu spôsobujú, nie sú za ňu finančne zodpovední. Škody spôsobené znečistením do tohto rámca presne zapadajú. Znečisťovatelia spôsobia škodu tretím stranám, ale nemusia sa od nich vyžadovať, aby túto škodu zaplatili. Trhovo orientované ekonomické systémy nemôžu maximalizovať blahobyt ľudí, pretože nezohľadňujú externalitu.¹² Okrem toho sa uznáva, že tento systém môže potenciálne viesť k ďalším závažným problémom, ako je sucho a zmena klímy. V reakcii na to začali environmentálni ekonómovia skúmať vplyv životného prostredia na pozitívne prognózy ekonomických modelov a normatívne odporúčania.¹³ Pre nich je životné prostredie dôležitou súčasťou ekonomického systému a snažia sa s ním zaobchádzať rovnako ako s prácou a kapitálom, teda ako s aktívom, a ako s komoditami, ktoré sa dajú kúpiť, predávať, ukladať, obchodovať s nimi a investovať do nich.¹⁴

S ohľadom na vzťah medzi ľuďmi a životným prostredím je všeobecne uznávané, že väčšina environmentálnych problémov je spôsobená ľudskou činnosťou, ktorá spôsobuje dlhodobé ekologické zmeny, ako je napríklad úbytok biodiverzity, nedostatok sladkej vody a podobne. Preto zníženie ľudskej aktivity môže byť najefektívnejšou technikou na zmiernenie environmentálnych problémov a rozšírenie zdrojovej bázy.¹⁵ Na druhej strane sú ľudské aktivity nevyhnutné pre hospodársky rozvoj. Preto je potrebné, aby ekonómovia

¹¹ Field, B.C. - Field, M.K. (2017). *Environmental Economics-An Introduction*, 7th ed.; McGraw-Hill Education: New York, NY, USA, 2017. ISBN 978-0078021893.

¹² Pearce, D. (2002). *An Intellectual History of Environmental Economics*. *Annu. Rev. Energy Environ.* 2002, 27, 57–81. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.27.122001.083429>

¹³ Sagoff, M. (2012). *Environmental Economics*. *Encycl. Appl. Ethics* 2012, 97–104. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373932-2.00354-9>

¹⁴ Nadeau, R.L. (2015). *The unfinished journey of ecological economics*. *Ecol. Econ.* 2015, 109, 101–108. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.11.002>

¹⁵ Venkatachalam, L. (2007). *Environmental economics and ecological economics: Where they can converge?* *Ecol. Econ.* 2007, 61, 550–558. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.05.012>

systematicky skúmali tieto súvislosti a identifikovali riešenia, ktoré pomôžu minimalizovať negatívne environmentálne dopady súčasných hospodárskych činností.

Ekonómovia zvyčajne považujú ekonomický rast za nevyhnutný a veria, že ekonomický systém musí rásť, ak má prežiť. Keďže sa teraz považuje životné prostredie za súčasť ekonomického systému, ktorý mu poskytuje služby, každé opatrenie ekonomiky by malo zohľadňovať prírodný kapitál. Toto si vyžaduje úpravu národných účtov, aby zohľadňovali aj úbytok prírodného kapitálu.¹⁶ Environmentálni ekonómovia hľadajú spôsoby, ako to dosiahnuť a okrem toho tvrdia, že vonkajšie náklady a prínosy by sa mali „internalizovať“ tým, že sa upraví ceny tak, aby osoba nakupujúca tovary alebo služby s externými nákladmi bola povinná ich zaplatiť. Táto internalizácia predpokladá, že environmentálne škody možno kompenzovať a že je to rovnako dobré, ak nie lepšie, ako ich predchádzanie. Koncept internalizácie nákladov sa v súčasnosti implementuje v stratégii zelenej spotreby.¹⁷

Environmentálne náklady je navyše možné získať späť prostredníctvom daní alebo poplatkov zavedených vládami, čím sa externé náklady stanú súčasťou rozhodnutia znečisťovateľa. Teoreticky možno platby použiť na nápravu environmentálnych škôd, ktoré spôsobujú, čo znamená, že poplatky sú úmerné spôsobenej škode. Stupeň poskytovaných stimulov bude závisieť aj od toho, aké veľké sú poplatky, dane alebo dotácie, ktoré regulujú vlády. Preto je úloha vlád rozhodujúca pri určovaní výšky daní, poplatkov a dotácií, ako aj výdavkov na veľké investície do závodov a zariadení na zlepšenie životného prostredia.¹⁸

1.2.5 Význam environmentálnej ekonomie v súčasnej dobe

Uznáva sa, že rôzne ekonomické činnosti vrátane ľudských a priemyselných činností často vedú k rôznym environmentálnym problémom, ako je znečistenie vody a ovzdušia.¹⁹ Podľa Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) je znečistenie vody jedným z najvýznamnejších zdravotných rizík, ktoré každoročne spôsobuje približne 2 milióny ľudských úmrtí. Znečistenie ovzdušia spôsobuje každoročne takmer rovnaký počet

¹⁶ Pearce, D. (2002). *An Intellectual History of Environmental Economics*. Annu. Rev. Energy Environ. 2002, 27, 57–81. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.27.122001.083429>

¹⁷ Ambec, S.; De Donder, P. (2021). *Environmental policy with green consumerism*. J. Environ. Econ. Manag. 2021, 111, 102584. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2021.102584>

¹⁸ Vardon, M.; Castaneda, J.-P.; Nagy, M.; Schenau, S. (2018). *How the System of Environmental-Economic Accounting can improve environmental information systems and data quality for decision making*. Environ. Sci. Policy 2018, 89, 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.07.007>

¹⁹ Huynh, C.M. (2020). *Shadow economy and air pollution in developing Asia: what is the role of fiscal policy?*. Environ Econ Policy Stud 22, 357–381, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10018-019-00260-8>

predčasných úmrtí na celom svete.²⁰ Znečistenie ovzdušia môže navyše viesť k vážnej degradácii atmosféry, ako aj k mnohým ďalším environmentálnym problémom vrátane klimatických zmien, sucha a hladomoru. Vyčerpávanie prírodných zdrojov a zhoršovanie životného prostredia sú dva ďalšie environmentálne dôsledky rozsiahlych ekonomických činností.²¹ Z dlhodobého hľadiska všetky tieto problémy nielen narušia ekonomiku, ale môžu ovplyvniť aj blaho spoločnosti. Vzhľadom na všetky tieto otázky je dôležité, aby všetky vlády, najmä tie v rozvojových krajinách, zaviedli environmentálnu ekonómiu s cieľom zmierniť negatívne dopady hospodárskej činnosti.

Cesta k dosiahnutiu environmentálnej ekonómie a cieľov trvalo udržateľného rozvoja však nemusí byť taká jednoduchá. Závažnosť environmentálnych problémov naďalej narastá a riešenia poskytované environmentálnymi ekonómami sa ukázali ako neúčinné.²²

Je tiež známe, že implementácia stratégií environmentálnej ekonómie vedie k niekoľkým ďalším dôsledkom, hospodárskym aj sociálnym. Napríklad vzostup „*tieňovej ekonomiky*“, ktorý je spôsobený neefektívnou fiškálnou politikou. Tieňová ekonomika sa rozšírila do 162 západných krajín, čo predstavuje v priemere 34,5 percenta oficiálneho HDP.²³ Odhady Štatistického úradu SR ukazujú, že tieňová ekonomika sa v súčasnosti podieľa na tvorbe HDP minimálne 15 % (FS, s. 23), čo v roku 2018 predstavovalo 13,3 mld. eur (IMFWP, s. 53, 73, 74). Tieňová ekonomika v ázijských krajinách dosiahlo priemerné percento „*tieňovej ekonomiky*“ približne 31 % oficiálneho HDP. Z dlhodobého hľadiska môže rastúca úroveň tieňovej ekonomiky narušiť stabilitu ekonomiky.

Ďalším dôsledkom je monopolizácia trhu, ktorá sa prejavuje pri implementácii stratégie zeleného konzumu. Monopolizácia trhu umožňuje niektorým spoločnostiam plne kontrolovať cenové limity a maximalizovať svoje zisky, čo vedie k nekalej konkurencii, najmä na trhu s výrobkami šetrnými k životnému prostrediu.²⁴

²⁰ Biswas, A.K.; Farzanegan, M.R.; Thum, M. (2012). *Pollution, shadow economy and corruption: Theory and evidence*. Ecol. Econ. 2012, 75, 114–125. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.01.007>

²¹ Pirmana, V. et al. (2020). *Environmental costs assessment for improved environmental- economic account for Indonesia*. J. Clean. Prod. 2020, 280, 124521. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124521>

²² Beder, S. (2011) *Environmental economics and ecological economics: The contribution of interdisciplinarity to understanding, influence and effectiveness*. Environ. Conserv. 2011, 38, 140–150. <https://doi.org/10.1017/S037689291100021X>

²³ Biswas, A.K.; Farzanegan, M.R.; Thum, M. (2012). *Pollution, shadow economy and corruption: Theory and evidence*. Ecol. Econ. 2012, 75, 114–125. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.01.007>

²⁴ Ambec, S.; De Donder, P. (2021). *Environmental policy with green consumerism*. J. Environ. Econ. Manag. 2021, 111, 102584. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2021.102584>

1.3 Modelovanie environmentálnej ekonómie

V predchádzajúcej časti bol popísaný koncept ekonómie a životného prostredia s následnou interpretáciou environmentálnej ekonómie a jej významu v súčasnej dobe. Hlavným posolstvom je, že vplyv ekonómie na životné prostredie je bezprecedentne veľký a že zmena životného prostredia v dôsledku ekonomickej aktivity narastá a tieto zmeny v životnom prostredí majú dopad na ekonomickú činnosť.

Tretia podkapitola postupne načrtáva potrebu modelov v ekonómii a životnom prostredí, odkiaľ prechádzame ku modelovaniu environmentálnej ekonómie.

1.3.1 Potreba modelov

Vo vývoji ekologického prístupu k podnikateľskej činnosti má pomerne významný vplyv environmentálna ekonómia. Priamy súvis so spoločensky zodpovednými a ekologickými podnikmi k podnikateľskej činnosti má hľadanie praktických modelov, metód a nástrojov na skúmanie a dosiahnutie optimálnej úrovne znečistenia životného prostredia. Podľa autorov Šauer a kol. (1997) z VŠE (Vysoká škola ekonomická v Praze) je výrazným problémom celkový pohľad spoločnosti a konkrétneho podniku na nerovnú úroveň ekonomického optima kvality životného prostredia (EOPT), ktorý to znečistenie spôsobil. Existuje mnoho nástrojov na dosiahnutie rovnováhy medzi týmito optimami, ktoré sa štát snaží aplikovať do súčasnej environmentálnej politiky. Profesor Šauer delí nástroje štátnej environmentálnej politiky na priame a nepriame, pričom priame nástroje sú zväčša začlenené v právnych predpisoch (*príkazy a zákazy, štandardy, normy alebo predpisy vyžadujúce dodržanie istých postupov*). Na opačnej strane sú nepriame nástroje, ktoré sa hlavne odzrkadľujú pod reguláciou cien, poplatkami, pokutami a ekologickými daňami (*nútené finančné veličiny, ktoré podnikateľské subjekty nemôžu pri svojej činnosti obchádzať*). Podľa autorov Šauer (1997) a Šimíčková (1998) platí pravidlo, že štát snahou minimalizovať náklady pomocou nepriamych nástrojov nasmeruje podnikateľské subjekty k ekologickejšiemu prístupu a tým dosiahne spoločensky optimálnu úroveň znečistenia životného prostredia.

Existujú dôvody domnievať sa, že vplyv ekonomickej činnosti na životné prostredie bude v nasledujúcich desaťročiach naďalej rásť. Predpokladá sa, že veľkosť ľudskej populácie vzrastie v roku 2050 na 9,7 miliardy (OSN, 2017) a očakáva sa, že svetová ekonomika vzrastie z 34 biliónov eur v roku 2000 na približne 109 biliónov eur v roku 2050 (OECD 2012a, 2012b). Na druhej strane mnohé technologické pokroky, ako napríklad

technológia obnoviteľných zdrojov energie a rozvoj poľnohospodárstva, môžu znížiť vplyv ekonomiky na životné prostredie.

V mnohých prípadoch v minulosti vývoj technológií úspešne znížil zásahy do životného prostredia. Je možné uviesť niekoľko príkladov v rôznom geografickom rozsahu. Kvalita miestnej vody sa v Holandsku za 100 rokov podstatne zlepšila. Zavedenie splachovacích toaliet, kanalizácie, napojenie domov na kanalizáciu (aj na odlahlých miestach) a v neposlednom rade rozvoj technológií čistenia odpadových vôd znížili dopady vypúšťania domových odpadových vôd na povrchové vody. Kvalita povrchovej vody sa zlepšila na pozadí rastu populácie a ekonomického rastu (Puijenbroek a kol., 2010; CBS, 2017b). V regionálnom meradle boli opatrenia na zníženie emisií Sox úspešné (Vestreng a kol., 2007) a v Európe klesli z 55 Tg SO₂ v roku 1980 na 15 Tg SO₂. Emisie Sox v celosvetovom meradle tiež klesajú, ale niektoré regióny, ako napríklad India a Bangladéš, zaznamenávajú ich zvýšenie. V globálnom meradle Montrealský protokol, ktorý vstúpil do platnosti v roku 1987, znížil emisie látok poškodzujúcich ozónovú vrstvu na takú úroveň, že ozónová vrstva sa začala obnovovať (Mäder a kol., 2010). Samozrejme, musíme poznamenať, že za tým nestojí iba technológia, ktorá tieto úspechy umožnila, ale takisto aj vytvorenie politík, zákonov a inštitúcií.

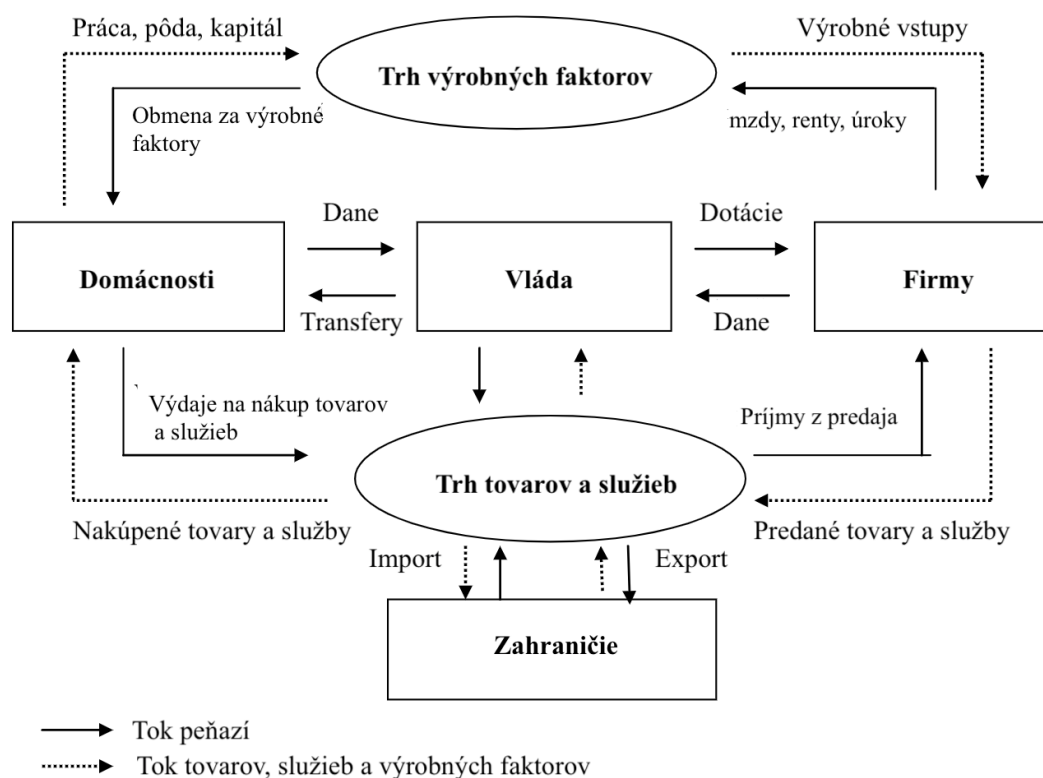
Ako je zrejmé z predchádzajúcich príkladov, v konečnom dôsledku je to súhra medzi ekonomickým rozvojom, rastom populácie a technologickým rozvojom, ktorá určuje, aký bude vplyv ekonomiky na životné prostredie. Entomológ Paul Ehrlich, autor slávnej knihy „*The Population Bomb*“ (1968), a fyzik John Holdren, riaditeľ Úradu pre vedu a techniku Bieleho domu, tvrdili, že vplyv ľudí na životné prostredie je tiež funkciou úrovne obyvateľstva a spotreby. Diskusia viedla k vytvoreniu tzv. IPAT vzorca, ktorý uvádza, že vplyv človeka na životné prostredie (I) je súčin populácie (P), blahobytu (A) a vplyvu technológie (T): alebo $I = PAT$, kde sa blahobyť často vyjadruje ako HDP na obyvateľa a technológia ako vplyv na HDP. Zvýšenie len jedného z týchto parametrov preto zvyšuje náš vplyv na životné prostredie. Aby bolo možné posúdiť, ako môže budúci technologický vývoj zmeniť výmeny medzi ekonómiou a životným prostredím, je potrebný zjednodušený model fungovania ekonómie a životného prostredia.

1.3.2 Modelovanie ekonomiky

Fungovanie ekonomiky, ako je zakotvené a formované spoločnosťou, je zložité. Jednotlivé rozhodnutia miliónov jedinečných výrobcov, spotrebiteľov, finančných

a regulačných orgánov sú ovplyvnené rozhodnutiami miliónov ďalších jedinečných ekonomických aktérov. Konečným výsledkom všetkých týchto akcií je vo svojom najjednoduchšom opise makroekonomický kolobeh vo forme tovarov a služieb vyrábaných výrobcami a peňažnej hodnoty práce poskytovanej spotrebiteľmi. Mzdy vyplácané spotrebiteľom sa zase používajú na nákup tovarov a služieb od výrobcov, čo znázorňuje obrázok 3. Takýto jednoduchý obraz fungovania ekonomiky zaviedli už klasickí ekonómovia, ale Leontief (1928, 1941) urobil makroekonomický model, ktorý sa používa dodnes. Leontiefovi sa uznáva významný prínos v oblasti analýzy vstupov a výstupov a rozvoja súvisiacej teórie, za ktorý získal Nobelovu cenu za ekonómiu.

Obrázok 3 Makroekonomický kolobeh



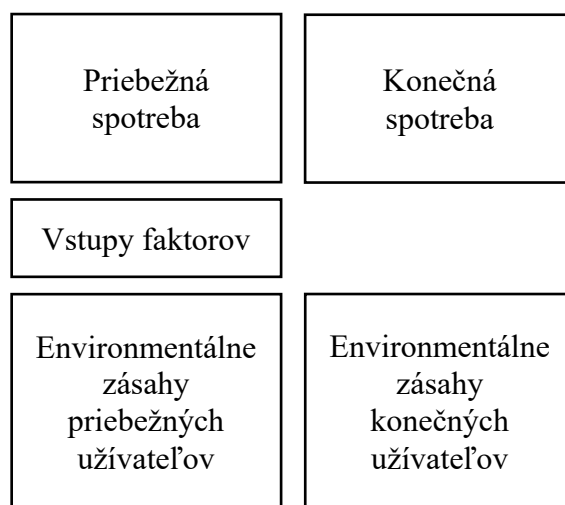
Zdroj: Vlastné spracovanie podľa BRČÁK, J. – SEKERKA, B. – SEVEROVÁ, L. – STARÁ, D. *Makroekonómie*, Vydavateľstvo: Aleš Čeněk, 2021. 28s. ISBN 9788073808310

Leontief navrhol opísať obehový tok tovarov a služieb v tzv. vstupno-výstupnej (IO) tabuľke. Tabuľka vstupov a výstupov je komplexný prehľad všetkých ekonomických tokov v rámci národnej ekonomiky za dané obdobie, zvyčajne jeden rok. Tabuľka IO nám umožňuje merať množstvá zapojené do obehového toku a možno ju použiť na preskúmanie štrukturálneho vývoja v ekonomike porovnaním tabuliek IO z rôznych časových období.

Tabuľka IO a konvencie používané na zostavovanie údajov na vyplnenie tejto tabuľky IO tvoria to, čo nazývame rámec IO. Tento rámec neskôr vytvoril základ pre metódy národného účtovníctva (Stone, 1961). Výhodou použitia rámca IO v našom výskume je, že popis ekonomických tokov úzko súvisí s agregovaným fyzickým tokom produktov, ktoré môžu byť vyjadrené v peňažných alebo fyzických jednotkách a ich zmesiach (Weisz & Duchin, 2006). Vstupy a výstupy každého sektora zaznamenané v rámci IO sú tiež odrazom technológie používanej v sektore.

Rámec IO, pôvodne používaný na meranie štruktúry a rozvoja regionálnych ekonomík, bol neskôr rozšírený o informácie o environmentálnych intervenciách (Leontief, 1970). Zjednodušený environmentálne rozšírený vstupno-výstupný rámec je znázornený na obrázku 4 a obsahuje päť prvkov. Priebežná tabuľka popisuje všetky medziodvetvové toky ako peňažné transakcie. Stĺpce v tejto tabuľke predstavujú výrobné receptúry priemyselných odvetví. Každý prvok v stĺpci vyjadruje, koľko určitého vstupu z určitého odvetvia je potrebné na vytvorenie výstupu odvetvia. Tabuľka konečného použitia popisuje finálny dopyt spotrebiteľov, medzi ktorými sú domácnosti. Tabuľka vstupov faktorov obsahuje platby odvetvia na výrobné faktory vrátane, ale nie nevyhnutne, práce a kapitálu. Nakoniec je vstupno-výstupná tabuľka modifikovaná o environmentálne rozšírenia pre stredného užívateľa a konečného užívateľa. Každý stĺpec v matici environmentálnych rozšírení zobrazuje environmentálne emisie a využívanie environmentálnych zdrojov priamo spojené s činnosťou odvetvia a činnosťou konečných používateľov.

Obrázok 4 Zjednodušený vstupno-výstupný rámec (IO)



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa MILLER R. E. – BLAIR, P. D. (2009) *Input-Output Analysis, Foundations and Extensions*. 2nd edition. Cambridge University Press. 784pp. ISBN: 978-0-521-73902-3.

Rámec IO znázornený na obrázku 4 predstavuje pozorovateľnú ekonomiku. Model je potrebný, ak chceme environmentálne zásahy priradiť konečnému použitiu alebo vypočítať, ako sú zásahy do životného prostredia ovplyvnené zmenami v konečnom dopyte. Model použitý na túto analýzu je takzvaný dopytom riadený Leontiefov model. Hovorí sa tomu dopytom, pretože základným predpokladom tohto modelu je, že všetko, čo sa deje, je výsledkom dopytu po tovaroch a službách.

Rozhodujúcim predpokladom je, že vstupy na jednotku výstupu odvetví sa nemenia, ak sa zmení konečný dopyt po tovaroch a službách. Ďalším kľúčovým predpokladom je, že vstupné faktory a environmentálne zásahy na jednotku výstupu odvetví sa nezmenia, ak sa zmení konečný dopyt. Vytvorením Leontiefovho modelu z hodnôt v tabuľke IO je možné model použiť na analýzu vstupov a výstupov (*Input-Output Analysis* – IOA).

Po vytvorení vstupno-výstupného modelu je možné spätne sledovať, ako napríklad konečný dopyt po autách súvisí so vstupmi potrebnými na výrobu týchto áut a ktoré odvetvia pre nich dodávajú plechy. Ďalej v dodávateľskom reťazci môže odvetvie výroby plechov potrebovať železnú rudu a uhlie. Nakoniec sú všetky odvetvia nejakým spôsobom zapojené do výroby automobilov kvôli vzájomnej prepojenosti odvetví. Poznaním medziodvetvových vzťahov je možné vypočítať produkciu všetkých odvetví, ktoré sú potrebné na vytvorenie produktov spotrebovaných domácnosťami. Ak je známy požadovaný výkon odvetví, je možné vypočítať aj environmentálne zásahy z priemyselného sektora a tým aj environmentálne zásahy spojené s výrobou a spotrebou produktu.

Štúdie environmentálne rozšírenej analýzy vstupov a výstupov (*Environmental Input-Output Analysis* – EIOA) boli pôvodne založené na národných environmentálnych rozšírených vstupno-výstupných tabuľkách (EIOT). Bol to neuspokojivý stav, pretože použitím národných tabuliek bolo možné zahrnúť iba environmentálne zásahy v rámci národných hraníc a environmentálne zásahy mimo národných hraníc bolo potrebné odhadnúť. Tento nedostatok IOA bol vyriešený vytvorením globálnych multiregionálnych (E)IO tabuliek. Jedným z nich je EXIOBASE ako globálna, podrobná multiregionálna, environmentálne rozšírená tabuľka dodávok a použitia (MR-SUT) a vstupno-výstupná tabuľka (Wood a kol., 2015). Bola vyvinutá harmonizáciou a podrobným popisom tabuliek dodávok a použitia pre veľký počet krajín, odhadom emisií a ťažby zdrojov podľa priemyslu.

Pri použití údajov v multiregionálnych tabuľkách EIO na vytvorenie multiregionálneho vstupno-výstupného modelu je možné vykonať vstupno-výstupnú analýzu (MR IOA), ktorá nám umožňuje predstaviť si súvislosti medzi spotrebou v jednej

časti sveta a environmentálnymi zásahmi v iných častiach sveta (Tukker a kol., 2016). Tento typ analýzy je veľmi užitočný na analýzu súčasného stavu (ex post alebo retrospektívna analýza) ekonomiky a jej environmentálnych zásahov vo svete.

Rámec MR IO možno použiť aj na analýzu ex ante. Jeho zaujímavou črtou je, že pokrýva vzťahy medzi ekonomickými sektormi a krajinami v globálnej ekonomike na vysokej úrovni priestorového a sektorového detailu. Ak je popis sektora v rámci MR IO dostatočne špecifický, vstupy a výstupy sektorov sa môžu ľahko zmeniť tak, aby tieto vstupy a výstupy odrážali (budúcu) technologickú zmenu. Na implementáciu týchto zmien je potrebný model a rámec MR IO je veľmi vhodný ako základ pre analýzu celohospodárskych dôsledkov rozsiahleho zavádzania systémov obnoviteľnej energie vrátane kompromisov v environmentálnych tlakoch. V kontexte tejto práce je preto zaujímavé vidieť, ako je možné vytvoriť model využívajúci rámec MR IO ako základ, ktorý možno použiť pri modelovaní scenárov budúcich ekonomických a environmentálnych zmien.

1.3.3 Modelovanie životného prostredia

Vnútorne fungovanie životného prostredia je pravdepodobne ešte zložitejšie a menej pochopené ako ekonomika. V tejto práci nejde o vnútorné fungovanie životného prostredia, ale o prepojenie medzi environmentálnymi zásahmi a (marginálnymi) zmenami v environmentálnych procesoch. Tieto meniace sa procesy môžu viesť k vplyvom na životné prostredie. Dopady napokon súvisia s environmentálnymi problémami, t. j. „*nežiaducimi*“ environmentálnymi vplyvmi, ako ich vníma spoločnosť (Heijungs, 1997).

Detailné modelovanie cesty od zásahu do životného prostredia k vplyvu na životné prostredie je zložité najmä preto, že sa to často musí robiť na vysokej časovej a priestorovej úrovni. Vplyvy závisia od načasovania a miesta environmentálneho zásahu a od úrovne všetkých ostatných environmentálnych zásahov, ktoré sa uskutočňujú v rovnakom čase.

V modeli IO nevieme presne, kedy a kde prebiehajú environmentálne zásahy. Čiastočne je tento nedostatok vedomostí zásadný, pretože nie je možné jednoznačne rozdeliť zložité medziodvetvové prepojenia do jedného dodávateľského reťazca (Heijungs & De Koning, 2018). Druhým základným dôvodom je, že model IO pokrýva pozorovania za jeden rok. Dodávateľský reťazec, ktorý využíva historicky vybudovanú infraštruktúru (napríklad vodná elektrárňa), nezohľadňuje v plnej miere environmentálne zásahy spojené s historicky vybudovanou infraštruktúrou. Praktickým problémom sú obmedzené priestorové detaily dostupné v modeloch IO. Nevieme, či environmentálny zásah je jedinou udalosťou na

konkrétnom mieste, alebo či je environmentálny zásah rozptýlenou emisiou na veľkej ploche, ktorá prebieha v priebehu roka. Nepoznáme ani skutočný rozsah emisií, pretože v modeli IO môže súvisieť zásah s hypotetickým konečným použitím produktu. Tento problém je podobný situácii v hodnotení životného cyklu (*Life Cycle Assessment* – LCA). Iba v prípadoch, keď sa počítajú environmentálne zásahy spojené s celkovou globálnou spotrebou, je známe celé množstvo emisií. Pretože skutočné environmentálne zásahy nie sú známe, modelované environmentálne vplyvy sa lepšie nazývajú potenciálne environmentálne vplyvy, aby sa odlišili od skutočných environmentálnych vplyvov odhadnutých v hodnotení rizika.

Vlastnosti environmentálnych zásahov vypočítaných pomocou MR IOA, ako je opísané vyššie, sú podobné vlastnostiam environmentálnych zásahov v LCA. Prístup k modelovaniu potenciálnych vplyvov na životné prostredie je preto prevzatý z hodnotenia životného cyklu. Počas fázy hodnotenia vplyvov životného cyklu (*Life Cycle Impact Assessment* – LCIA) sa environmentálne zásahy premieňajú na potenciálne environmentálne vplyvy (Udo de Haes, 1996). Existuje mnoho metodík LCIA, ktoré poskytujú súbor indikátorov potenciálneho vplyvu na životné prostredie. V súčasnosti je najčastejšie používaná midpointová (hodnotenie veľkosti zastúpených indikátorov) metodika CML (Guinée a kol., 2002). Na vyčíslenie reálnych škôd v životnom prostredí sa zameriava endpointová metodika, napr. Ekoindikátor 99, Ekofaktor alebo EPS 2000 (Goedkoop & Spriensma, 1999). Perspektívne sú aj metodiky kombinujúce midpointové a endpointové kategórie vplyvov ako IMPACT 2002+ a metóda ReCiPe (Jolliet a kol., 2003) a tzv. novšia metóda ILCD (EC-JRC, 2011).

Najlepšia prax LCIA indikátorov pre globálne otepľovanie (Hausschild a kol., 2013) je založená na základnom modeli IPCC (IPCC, 2007) s radiačným vplyvom ako indikátorom globálneho otepľovania. Potenciál globálneho otepľovania sa používa ako charakterizujúci faktor, ktorý vyjadruje relatívny príspevok skleníkových plynov k potenciálnym dopadom globálneho otepľovania vzhľadom na CO₂. Charakterizované emisie skleníkových plynov sú následne zhrnuté do kategórie ukazovateľa vplyvu globálneho otepľovania a výsledok je spojený so spotrebou krajiny, čo sa často nazýva uhlíková stopa krajiny (Fang et al., 2015). Použitie potenciálu globálneho otepľovania znamená, že existuje lineárny vzťah medzi množstvom emisií a potenciálnym vplyvom na životné prostredie, čo znamená, že environmentálny model nemôže brať do úvahy meniace sa prostredie a emisia v roku 2000 je charakterizovaná rovnakým spôsobom ako v roku 2050.

1.4 Indexy, modely a metódy environmentálnej ekonómie

V štvrtej podkapitole poskytujeme prehľad o hlavných modeloch a metódach, ktoré sa využívajú v environmentálnej ekonómii. Priblížime si aj globálne environmentálne indexy a ich význam pre environmentálnu ekonómiu, ako sa používajú na hodnotenie účinnosti environmentálnych politík a opatrení alebo ako sa používajú na meranie environmentálneho vplyvu pri rozhodovaní o investíciách. V tejto časti ponúkneme aj podrobný prehľad najvýznamnejších environmentálnych indexov z hľadiska ich účelu aplikácie, počtu ukazovateľov, počtu kategórií, dimenzií udržateľnosti, zdrojov údajov, normalizácie, váh kategórií, metódy agregácie a interpretácie výsledkov.

V ďalšej časti popíšeme vybrané modely a metódy v environmentálnej ekonómii a ich aplikáciu v rôznych oblastiach hospodárstva. Priblížime si aj konkrétne modely, ktoré sa využívajú v rozhodovacom procese firiem.

V závere kapitoly vyhodnotíme úspešnosť vybraných modelov a metód a ich prínosy pre riešenie environmentálnych problémov na konkrétnych zahraničných a slovenských firmách globálne, ale aj užšie na odvetví priemyselnej výroby.

1.4.1 Hodnotenie stavu environmentálnej ekonómie

Stav environmentálnej ekonómie je dôležité hodnotiť a posudzovať vo väčších súvislostiach, pričom je nevyhnutné brať do úvahy udržateľnosť systémov, ktoré sú potrebné pre jeho existenciu. Hodnotenie stavu environmentálnej ekonómie môže byť uskutočnené pomocou **environmentálnych indexov** a rôznych **modelov** a **metód**, ktoré umožňujú kvantitatívne vyhodnotiť vplyv hospodárskych činností na životné prostredie a poskytnúť odporúčania pre politiku a rozhodovanie o udržateľnom rozvoji.

Environmentálne indexy sú nástroje, ktoré sa používajú na kvantifikáciu a porovnávanie environmentálnej kvality medzi rôznymi krajinami a regiónmi. Tieto indexy zahŕňajú rôzne ukazovatele, ako sú emisie skleníkových plynov, kvalita ovzdušia a vody, úroveň odpadov, množstvo obnoviteľných zdrojov energie a iné.

Na rozdiel od environmentálnych indexov poznáme aj *environmentálne modely* a *metódy* ako všestranné nástroje, ktoré prispievajú k vedeckému výskumu, rozvoju politiky, rozhodovaní simuláciou dôsledkov rôznych stratégií riadenia, posudzovaniu rizík, manažmentu zdrojov a zapojeniu verejnosti do záležitostí životného prostredia. Ich aplikácie presahujú rámec environmentálnych indexov a poskytujú cenné poznatky o zložitých interakciách medzi ľudskými aktivitami a prírodným svetom.

Tieto modely a metódy môžu byť použité *na riešenie rôznych otázok*, ako napríklad:

- *Identifikácia najefektívnejších politík pre dosiahnutie environmentálnych cieľov;*
- *Stanovenie optimálnej úrovne znečistenia vzhľadom na náklady jeho zníženia;*
- *Hodnotenie dopadov environmentálnych politík na hospodárstvo a spoločnosť.*

Medzi najpoužívanéjšie modely patria napríklad lineárne programovanie, analýza nákladov a prínosov, rozhodovacie stromy a rôzne druhy ekonometrických modelov.

1.4.2 Globálne environmentálne indexy

Globálne environmentálne indexy majú význam pri hodnotení a posudzovaní stavu životného prostredia a udržateľnosti, najmä z hľadiska hospodárskych aktivít. Poskytujú merateľné ukazovatele, ktoré môžu byť použité na monitorovanie vplyvu ľudskej činnosti na prírodu a na to, ako sa krajiny a spoločnosti snažia minimalizovať negatívne vplyvy a dosiahnuť udržateľný rozvoj. Indexy tak môžu byť užitočné pre investičné fondy, podniky, vlády a verejnosť, ktorí sa snažia investovať, obchodovať, riadiť a hodnotiť svoje aktivity a rozhodnutia z hľadiska ich environmentálneho vplyvu. Navyše, globálne environmentálne indexy môžu byť použité aj na porovnávanie výkonnosti medzi rôznymi krajinami, sektormi a spoločnosťami a na identifikáciu oblastí, kde je potrebné zlepšenie.

V globálnom diskurze sa udržateľnosť chápe ako široký politický koncept, ktorý sa rozdeľuje na tri "dimenzie" alebo "pilieri": *environmentálny*, *ekonomický* a *sociálny*.²⁵ Každá z týchto troch dimenzií má svoj jedinečný účel: *environmentálna dimenzia* sa zameriava na ochranu životného prostredia, obnoviteľnosť prírodných systémov a udržateľné využívanie prírodných zdrojov, aby sme zabezpečili ich dostupnosť pre budúce generácie; *ekonomická dimenzia* sa zameriava na udržateľnosť hospodárskeho rastu a zabezpečenie ekonomickej prosperity pre súčasné aj budúce generácie; *sociálna dimenzia* sa zameriava na zabezpečenie sociálnej spravodlivosti a zabezpečenie dôstojného života pre všetkých ľudí, bez ohľadu na ich sociálne postavenie alebo finančné prostriedky. V praxi to znamená, že je potrebné vziať do úvahy všetky tri dimenzie pri rozhodovaní o tom, ako zabezpečiť udržateľný rozvoj.

Komplexné tabuľky 2 a 3, rozdelené do dvoch častí, sumarizujú najdôležitejšie informácie o: (1) hlavnom účele aplikácie indexu; (2) počet ukazovateľov a ich vzťah k

²⁵ Purvis, Ben; Mao, Yong; Robinson, Darren (2019). "Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins". Sustainability Science. 14 (3): 681–695. doi:10.1007/s11625-018-0627-5. ISSN 1862-4065

primárnym rozmerom udržateľnosti; (3) počet kategórií; (4) dimenzie udržateľnosti; (5) navrhované a používané zdroje údajov pre každý index; (6) použitá metóda normalizácie údajov; (7) štruktúra ukazovateľov a váh komponentov; (8) metóda agregácie ukazovateľov použitá pri celkovom hodnotení; (9) interpretácia výsledkov indexu.

Pomocou nižšie vypracovaných tabuliek získavame prehľad o najvýznamnejších environmentálnych indexoch, ktorých aplikáciu si ukážeme v kapitolách 4.3.1 na krajinách EÚ-27 a 4.3.3 na vybraných firmách automobilového priemyslu.

Tabuľka 2 Porovnanie vybraných environmentálnych indexov (I. časť)

Index	(1) Účel aplikácie indexu	(2) Počet ukazovateľov	(3) Počet kategórií	(4) Dimenzie udržateľnosti
EPI ²⁶	Meranie súčasnej environmentálnej kapacity	32	11	environmentálna, sociálna
EFI ²⁷	Meranie environmentálnych zdrojov	6	-	environmentálna
ESI ²⁸	Meranie dlhodobej schopnosti chrániť životné prostredie	76/21	5	environmentálna, sociálna
EVI ²⁹	Meranie citlivosti životného prostredia	50	3	environmentálna, sociálna
DJSI ³⁰	Meranie udržateľnosti podniku	v závislosti od sektora (60 sektorov)	3	environmentálna, sociálna, ekonomická
ESG ³¹	Meranie environmentálnych, sociálnych a riadiacich postupov podniku	v závislosti od poskytovateľa dát	3	environmentálna, sociálna, ekonomická
SDG ³²	Meranie úsilia krajín dosiahnuť ciele udržateľného rozvoja	247	17	environmentálna, sociálna, ekonomická

Poznámka: EPI - Environmental Performance Index; EFI - Ecological Footprint Index; ESI - Environmental Sustainability Index; EVI - Environmental Vulnerability Index ; DJSI - Dow Jones Sustainability Index; ESG - Environmental, Social and Governance Index; SDG Index – Sustainable Development Goals Index.

²⁶ EPI Team. 2018 EPI Report; Yale University: New Haven, CT, USA; Columbia University: NY, USA, 2018.

²⁷ Galli, A.; Wackernagel, M.; Iha, K.; Lazarus, E. Ecological Footprint: Implications for Biodiversity. Biol. Conserv. 2014, 173, 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.10.019>

²⁸ Esty, D.C. et al. 2005. Environmental Sustainability Index: Benchmarking National Environmental Stewardship; Yale Center for Environmental Law & Policy: New Haven, CT, USA, 2005.

²⁹ Pratt, C.R.; Kaly, U.L.; Mitchell, J. Manual: How to Use the Environmental Vulnerability Index (EVI); SOPAC Technical Report 384; 2004. (accessed on 13 December 2022). URL: <<http://gsd.spc.int/sopac/evi/Files/EVI%202004%20Technical%20Report.pdf>>

³⁰ Dow Jones Sustainability Indices Methodology. (accessed on 13 December 2022). Available online: <https://www.spglobal.com/spdji/en/documents/methodologies/methodology-dj-sustainability-indices.pdf>

³¹ MSCI ESG Indexes and MSCI Analytics (accessed on March 2020). URL: <<https://www.msci.com/our-solutions/indexes/esg-indexes>>

³² United Nations, Department of Economic and Social Affairs (2022). ISBN: 978-92-1-101448-8. URL: <<https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022.pdf>>

Tabuľka 3 Porovnanie vybraných environmentálnych indexov (II. časť)

Index	(5) Zdroje údajov	(6) Normalizácia	(7) Váhy kategórií	(8) Metóda agregácie	(9) Interpretácia výsledkov
EPI	Primárne, sekundárne, expertné, prognózy, okrem iného: WB, IEA, IMF, WRI, IHME, WWF, OECD, Eurostat, UNSD	lineárna transformácia	PCA (analýza hlavných komponentov)/ expert	aritmetická	Rebríček krajín; stupnica 0-100
EFI	Sekundárne, okrem iného: FAO, IEA, UNSD, UNDP	žiadna	Expert (parameter konverzie)	aritmetická	Štandardizované globálne hektáre (zodpovedajúce priemernej biologickej produktivite); Hodnota > 1 označuje neudržateľnosť
ESI	Primárne, sekundárne, okrem iného: OECD, UNHABITAT, WHO, EEA, WRI, WWF, UNEP, FAO, UNFCCC, UNSD, WB, WEF, WTO, UNICEF, UNDP, DJSG, ITU, UNESCO, UNCCD, UNCBD	štandardné skóre	rovnocenné na úrovni čiastkových ukazovateľov a ukazovateľov (expert)	aritmetická (okrem úrovne komponentov)	Rebríček krajín; mierka 0–100; Pravdepodobnosť, že krajina bude v najbližších desaťročiach schopná efektívne chrániť životné prostredie
EVI	Sekundárne, okrem iného: WRI, FAO, WB, UNEP, OECD, UNDP, EEA, EPA	žiadna (bodová stupnica 1 – 7)	žiadne	aritmetická (pri absencii údajov je ukazovateľ vynechaný)	Rebríček krajín; 0–700 sa premieta na 5-bodovej kvalitatívnej škále náchylnosti na environmentálne problémy; Vykazujú sa výsledky a dostupnosť údajov pre ukazovatele; Poskytnuté sú aj výsledky pre komponenty
DJSI	Primárne	žiadna (bodová stupnica 0 – 100)	Expert	aritmetická	Stupnica 0–100 pre index a každý zo zložiek a ukazovateľov; Porovnanie s mediánom a najlepším skóre
ESG	Primárne, sekundárne, okrem iného: MSCI, S&P Global, FTSE Russell, Bloomberg, Morningstar	žiadna	Expert	aritmetická (okrem úrovne dôležitosti ukazovateľa)	Rebríček krajín; stupnica 0–10; ESG Risk Ratings majú mierku 0-100
SDG	Primárne, sekundárne, okrem iného: MSCI ESG Research, Sustainalytics, RobecoSAM, FTSE Russell	min-max normalizácia na stupnici od 0 do 100	Expert	aritmetická	Rebríček krajín; stupnica 0–100

Poznámka: DJSI—Dow Jones Sustainability Group Indexes; EEA—European Environment Agency; EPA—Environmental Protection Agency; Eurostat—European Statistical Office; FAO—United Nations Food and Agricultural Organization; IEA—International Energy Agency; IHME—Institute for Health Metrics and Evaluation; IMF—International Monetary Fund; ITU—International Telecommunication Union; OECD—Organisation for Economic Co-operation and Development; UNCBD—United Nations Convention on Biological Diversity; UNCCD—United Nations Convention to Combat Desertification; UNDP—United Nations Development Programme; UNEP—United Nations Environment Programme; UNESCO—United Nations Educational Scientific and Cultural Organization; UNFCCC—United Nations Framework Convention on Climate Change; UNHABITAT—United Nations Human Settlements Programme; UNICEF—United Nations Children's Fund; UNSD—United Nations Statistics Division; WB—World Bank; WEF—World Economic Forum; WHO—World Health Organization; WRI—World Resources Institute; WTO—World Trade Organization; WWF—World Wildlife Fund.

Okrem uvedených indexov v tabuľke evidujeme mnoho **globálnych environmentálnych indexov**, ktoré sa používajú pri hodnotení stavu environmentálnej ekonomie. Niektoré z najznámejších zahŕňajú:

- **Index environmentálnej výkonnosti** (*Environmental Performance Index – EPI*) – vytvorený Yale University a Columbia University, hodnotí 180 krajín na základe ich výkonu v 32 environmentálnych ukazovateľoch.³³
- **Index ekologickej stopy** (*Ecological Footprint Index – EFI*) – meria vplyv ľudskej činnosti na životné prostredie prostredníctvom výpočtu potrebného priestoru na výrobu zdrojov a absorpciu odpadov pre danú populáciu.³⁴
- **Index environmentálnej udržateľnosti** (*Environmental Sustainability Index – ESI*) – hodnotí schopnosť krajín udržiavať hospodárstvo a životné prostredie.³⁵
- **Index zeleného rastu** (*Green Growth Index*) – meria udržateľnosť hospodárstva na základe zohľadnenia environmentálnych faktorov.³⁶
- **Index šťastnej planéty** (*Happy Planet Index – HPI*) – vytvorený organizáciou New Economics Foundation, zahŕňa ukazovatele, ktoré merajú kvalitu života a vplyv ľudských aktivít na životné prostredie.³⁷

³³ Wolf, M. J., et al. (2022). *2022 Environmental Performance Index*. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy. URL: <epi.yale.edu>

³⁴ Kitzes, J. (2009). *Ecological Footprint Standards 2009*. Oakland: Global Footprint Network. URL: <https://www.footprintnetwork.org/content/uploads/2019/05/Ecological_Footprint_Standards_2009.pdf>

³⁵ Saisana, M. (2014). *Environmental Sustainability Index (ESI)*. In: M. A. C. Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research. Springer, Dordrecht. URL: <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0753-5_899>

³⁶ Acosta, L.A., et al. (2019). *Green Growth Index: Concepts, Methods and Applications*. GGGI Technical report No. 5, Green Growth Performance Measurement Program, Global Green Growth Institute, Seoul.

³⁷ Marks, N. et al. (2006). *The Happy Planet Index: An Index of Human well-being and environmental Impact*. NEF. URL: <https://neweconomics.org/uploads/files/54928c89090c07a78f_ywm6y59da.pdf>

- **Climate Change Performance Index (CCPI)** – hodnotí výkon krajín v oblasti ochrany klímy, zahrňuje aj hodnotenie environmentálnej politiky a vplyvu na zdravie a kvalitu života obyvateľov.³⁸
- **Index environmentálnej zraniteľnosti** (*Environmental Vulnerability Index* – EVI) – zameraný na meranie zraniteľnosti krajín v súvislosti s environmentálnymi vplyvmi a schopnosti krajiny na ochranu svojho životného prostredia.³⁹

Okrem vyššie spomínaných globálnych environmentálnych indexov, ktoré sa používajú na kvantifikáciu a porovnávanie environmentálnej kvality medzi rôznymi krajinami a regiónmi, existujú aj iné globálne environmentálne indexy, ktoré firmy môžu použiť na hodnotenie svojej environmentálnej výkonnosti a na porovnanie so svojimi konkurentmi. Niektoré z týchto indexov sú globálne a týkajú sa celého priemyslu, zatiaľ čo iné sú špecifické pre určitý sektor.

Najznámejšie **indexy** vplývajúce na **udržateľnosť firiem** a organizácií sú napríklad:

- **Carbon Disclosure Project (CDP)** – hodnotí spoločnosti podľa ich snahy znížiť emisie skleníkových plynov a zlepšiť svoju environmentálnu výkonnosť. CDP tieto informácie zhodnocuje a zverejňuje v hodnotení nazývanom *CDP Scorin*.⁴⁰
- **Dow Jones Sustainability Index (DJSI)** – meria environmentálnu, sociálnu a hospodársku výkonnosť spoločností a zahŕňa viac ako 2 000 spoločností po celom svete. Tento index je zostavovaný spoločnosťou *S&P Dow Jones Indices*.⁴¹
- **Global Reporting Initiative (GRI)** – poskytuje rámec pre transparentné a komplexné reportovanie o environmentálnej, sociálnej a hospodárskej výkonnosti spoločností. *GRI* určuje rámce a normy pre hlásenie a hodnotenie environmentálnych faktorov.⁴²
- **ESG Index** (*Environmental, Social and Governance* – ESG) – hodnotí environmentálne, sociálne a správne faktory vplývajúce na udržateľnosť firiem.

³⁸ Burck, J. et al. (2023). *Results: Monitoring Climate Mitigation Efforts of 59 Countries plus the EU – covering 92% of the GGE*. URL: <<https://www.germanwatch.org/sites/default/files/ccpi-ksi-2023-kurzfassung.pdf>>

³⁹ Schepelmann, P. et al. (2010). *Towards Sustainable Development: Alternatives to GDP for measuring progress*. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH 2010. 23-38. ISBN 978-3-929944-81-5.

⁴⁰ Whelan, T., & Fink, C. (2016). *The comprehensive business case for sustainability*. HBR.

⁴¹ Naqvi, M., & Jus, M. (2019). *The Benchmark that Changed the World: Celebrating 20 Years of the Dow Jones Sustainability Indices*. ESG Data, Rankings & Benchmarking.

⁴² Global Reporting Initiative. URL: <<https://www.globalreporting.org/about-gri/>>

ESG indexy sú zostavované rôznymi spoločnosťami a organizáciami (*MSCI, S&P Global, FTSE Russell, RobecoSAM, ISS ESG a Bloomberg*) a slúžia ako nástroj pre investičné rozhodovanie.⁴³

Jednému z najznámejších indexov vplyvujúcemu na udržateľnosť firiem, konkrétne ESG indexu, sa budeme venovať bližšie v aplikačnej časti dizertačnej práce, kde si priblížime ESG index na jednotlivých slovenských zástupcoch automobilového priemyslu. ESG indexy sa stávajú stále populárnejším nástrojom pre investorov, ktorí chcú investovať do spoločností, ktoré zohľadňujú environmentálne a sociálne faktory, ako aj riadenie svojich podnikov. Tieto indexy sa často využívajú na meranie a porovnávanie výkonnosti spoločností na základe ich ESG skóre. Čím vyššie ESG skóre má spoločnosť, tým vyššie je hodnotenie jej environmentálnej, sociálnej a riadiacej výkonnosti. V posledných rokoch sa zvýšil záujem investorov o ESG indexy, pretože stále viac ľudí a spoločností sa snaží investovať do udržateľného rozvoja a zohľadňovať environmentálne a sociálne faktory pri rozhodovaní o investíciách.

1.4.3 Environmentálne modely a metódy

Environmentálna ekonómia sa zaoberá hospodárskymi aspektami v súvislosti s ochranou a udržateľným využívaním prírodných zdrojov. Pri hodnotení stavu environmentálnej ekonómie je nutné použiť metódy a modely, ktoré umožňujú kvantifikovať environmentálne faktory a prepojiť ich s ekonomickými ukazovateľmi. Modely environmentálnej ekonómie sú v tomto ohľade dôležitým nástrojom, ktoré umožňujú analyzovať environmentálne problémy a navrhovať riešenia, ktoré sú nielen ekonomicky efektívne, ale aj environmentálne udržateľné.

Táto kapitola sa zameriava na najznámejšie modely a metódy v environmentálnej ekonómii a ich aplikácie v rôznych oblastiach hospodárstva, pričom približuje aj konkrétne modely, ktoré sa využívajú v rozhodovacom procese firiem.

V oblasti **hodnotenia stavu environmentálnej ekonómie** sa využíva množstvo rôznych modelov a metód. Medzi najznámejšie patria:

- **Prediktívne modely:** majú za cieľ predpovedať budúci vývoj ekologických a environmentálnych javov na základe dát z minulosti a súčasnosti. Môžu byť použité na predpovedanie vývoja emisií, klimatických zmien, zmeny krajiny,

⁴³ MSCI (2023). *30 years of ESG Indexes*. URL: <<https://www.msci.com/our-solutions/indexes/esg-indexes>>

biologickej diverzity a ďalších environmentálnych ukazovateľov. Prediktívne modely sa často využívajú v rámci environmentálneho plánovania a politiky, ako aj v súkromnom sektore, napríklad *pri rozhodovaní o investíciách do projektov* s vplyvom na životné prostredie. Ich výsledky môžu pomôcť firmám a organizáciám predpovedať a minimalizovať budúce environmentálne riziká, zlepšiť plánovanie a riadenie zdrojov a zvýšiť efektivitu a udržateľnosť podnikania. Správne zostavené prediktívne modely môžu byť veľmi užitočným nástrojom pre environmentálnych manažérov, politikov a iných odborníkov pri rozhodovaní o budúcnosti a udržateľnosti životného prostredia.

- **Simulačné modely:** sa používajú na simuláciu rôznych scenárov a posúdenie ich environmentálneho vplyvu. Tieto modely umožňujú analyzovať a posúdiť dopad rôznych rozhodnutí a politík na životné prostredie a ekonomiku v dlhodobom časovom horizonte. Simulačné modely sa využívajú aj na *predpovedanie trendov a vývoja* v oblasti *environmentálnej ekonómie*, čím môžu pomôcť firmám a organizáciám pri plánovaní a rozhodovaní.⁴⁴
- **Životné cyklové modely:** sa snažia zohľadniť environmentálny vplyv produktov alebo služieb počas celého ich životného cyklu, od ťažby surovín a výroby cez distribúciu a spotrebu až po nakladanie s odpadom. Týmto spôsobom pomáhajú identifikovať kritické body, kde je možné zlepšiť environmentálnu výkonnosť a minimalizovať negatívny dopad na životné prostredie. Životné cyklové modely sú často využívané pri *hodnotení environmentálneho vplyvu produktov* a pri *tvorbe environmentálnych politík*.
- **Modely uhlíkovej stopy:** sa používajú na meranie a hodnotenie emisií skleníkových plynov spojených s podnikateľskými operáciami. Cieľom týchto modelov je pomôcť firmám a organizáciám zistiť, aký je ich príbeh uhlíkovej stopy, teda koľko skleníkových plynov produkujú a kde sa tieto emisie vyskytujú v ich dodávateľskom reťazci a procesoch. Týmto spôsobom pomáhajú podporovať udržateľný rozvoj a znižovať environmentálny vplyv priemyslu na životné prostredie.⁴⁵

⁴⁴ Cepic Michael, Ulrike Bechtold, Harald Wilfing, (2022). *Modelling human influences on biodiversity at a global scale—A human ecology perspective*, Ecological Modelling, Volume 465, 2022, 109854, ISSN 0304-3800, URL: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2021.109854>>

⁴⁵ Zawartka P, Burchart-Korol D, Blaut A. (2020). *Model of Carbon Footprint Assessment for the Life Cycle of the System of Wastewater Collection, Transport and Treatment*. Sci Rep. 2020 Apr 2;10(1):5799. URL: <[doi: 10.1038/s41598-020-62798-y](https://doi.org/10.1038/s41598-020-62798-y)>

- **Modely environmentálneho riadenia:** sa používajú na riadenie a monitorovanie environmentálneho výkonu firiem. Firmy môžu použiť tieto modely na identifikáciu oblastí, v ktorých môžu zlepšiť svoj environmentálny výkon, zvýšiť svoju environmentálnu udržateľnosť a získať konkurenčnú výhodu na trhu. Cieľom je minimalizovať negatívne environmentálne dopady a zároveň maximalizovať prínosy pre spoločnosť a životné prostredie. Modely environmentálneho riadenia zahŕňajú rôzne postupy a nástroje, ako napríklad *environmentálny audit*, *environmentálny manažment*, *environmentálny rating* a *certifikáciu* a podobne.
- **Modely obnoviteľnej energie:** sa zameriavajú na skúmanie a optimalizáciu využívania zdrojov obnoviteľnej energie, ako sú napríklad slnečná, veterná, vodná alebo geotermálna energia. Cieľom týchto modelov je zlepšiť udržateľnosť a environmentálnu efektívnosť energetických systémov a znížiť emisie skleníkových plynov a minimalizáciu svojej závislosti na fosílnych palivách. Sú preto dôležitými nástrojmi pre *rozhodovanie a plánovanie* v oblasti *obnoviteľnej energie*.
- **Modely environmentálneho rizika:** sú zamerané na predpovedanie environmentálneho rizika a jeho dopadov na hospodárenie firiem. Cieľom týchto modelov je minimalizovať negatívny environmentálny vplyv na životné prostredie a zlepšiť udržateľnosť. Môžu byť využité v rôznych odvetviach a pri rôznych činnostiach, napríklad pri *plánovaní nových projektov*, *výroby*, *logistiky* a podobne.⁴⁶

Vyššie uvedené environmentálne modely a metódy sa zameriavajú na hodnotenie environmentálnych problémov z ekonomického hľadiska a na poskytnutie návodov na ich riešenie. Používajú sa na identifikáciu a vyhodnocovanie nákladov a prínosov rôznych environmentálnych politík a stratégií, a taktiež na určenie optimálneho rozsahu environmentálnej regulácie. Tieto modely sú zvyčajne vypracované na *makroekonomickom* alebo *sektorovom základe*.

Na druhej strane, **environmentálne modely pri rozhodovaní firiem** sa zameriavajú na aplikáciu environmentálneho manažmentu na konkrétnu firmu alebo podnik. Tieto modely sa zvyčajne používajú na meranie a hodnotenie environmentálnych dopadov

⁴⁶ Bender, A. et al. (2017). *A Review of Methods and Models for Environmental Monitoring of Marine Renewable Energy*. URL: <<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1144892/FULLTEXT01.pdf>>

podnikovej činnosti, identifikáciu environmentálnych rizík a stanovenie spôsobov ich minimalizácie alebo odstránenia. Sú často vypracované na *mikroekonomickom základe* a zohľadňujú špecifické vlastnosti a potreby konkrétnej firmy alebo odvetvia.

Niektoré z najznámejších modelov environmentálnej ekonómie, ktoré sa používajú v **rozhodovacom procese firiem**, zahŕňajú napríklad:

- **Hodnotenie celkových nákladov** (*Total Cost Assessment – TCA*) – je model na meranie celkových nákladov, ktoré vznikajú pri výrobe a používaní tovaru alebo služby. TCA zohľadňuje nielen priame náklady, ako sú náklady na suroviny a energiu, ale aj nepriame náklady, ako sú environmentálne náklady na produkciu odpadu, emisie do ovzdušia a vody, ale aj vplyv na zdravie a kvalitu života ľudí. Týmto spôsobom môžu firmy *zvážiť environmentálny dopad svojich produktov* a prispieť k udržateľnému hospodárstvu. TCA sa často používa v súvislosti s rozhodovaním o využívaní obnoviteľných zdrojov energie alebo pri návrhu environmentálne zodpovedných politík a opatrení.⁴⁷
- **Analýza životného cyklu** (*Life Cycle Assessment – LCA*) – je analytická metóda na *hodnotenie vplyvu výrobku alebo procesu na životné prostredie počas celého jeho životného cyklu*, od výroby až po likvidáciu. Jej cieľom je poskytnúť podrobný pohľad na environmentálne vplyvy produktu alebo procesu a identifikovať oblasti, v ktorých môže byť zlepšená jeho environmentálna výkonnosť. Na základe týchto informácií môžu firmy navrhnúť a implementovať opatrenia na zlepšenie svojej environmentálnej výkonnosti a znižovanie negatívneho vplyvu na životné prostredie.⁴⁸
- **Environmentálna vstupno-výstupná analýza** (*Environmental Input-Output Analysis – EIOA*) – je analytický nástroj, ktorý poskytuje systematický pohľad na environmentálny vplyv ekonomických aktivít v rámci celej ekonomiky. Úlohou tejto metódy je identifikovať, aké množstvo rôznych druhov materiálov, energie a emisií vzniká v rámci celého hospodárstva a ako sa tieto faktory navzájom ovplyvňujú. Pomocou EIOA je možné, aby firmy zistili, aké *odvetvia* sú *najväčšími spotrebiteľmi energie* a aké produkujú najviac odpadu.⁴⁹

⁴⁷ Hamilton, M. et al. (2005). *Total cost assessment history, methodology, tools, and a Case Study*. ASME's IMECE 2005, AIChE Institute for Sustainability.

⁴⁸ Wall, F. – Pell, R. (2020). *Chapter 317 - Responsible sourcing of rare earths: Exploration-stage intervention including life cycle assessment*, Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths, Elsevier, Volume 58, 2020, Pages 155-194, ISBN 9780128211120 URL: <<https://doi.org/10.1016/bs.hpcr.2020.10.001>>

⁴⁹ Kitzes, J. (2013). *An Introduction to Environmentally-Extended Input-Output Analysis*. Resources 2, no. 4: 489-503. URL: <<https://doi.org/10.3390/resources2040489>>

- **Analýza nákladov a prínosov** (*Cost-Benefit Analysis – CBA*) – je jedným z modelov environmentálnej ekonómie, ktorý sa používa na posúdenie nákladov a prínosov spojených s určitou environmentálnou politikou alebo projektom. Analýza nákladov a prínosov sa snaží nájsť najlepší spôsob, ako dosiahnuť cieľ ochrany životného prostredia za najnižšie náklady pre spoločnosť, pričom sa stáva užitočným nástrojom pre rozhodovanie v oblasti *environmentálnej politiky* a plánovaní *projektov* v rámci *environmentálneho manažmentu*.⁵⁰
- **Analýza ekologickej účinnosti** (*Eco-Efficiency Analysis – EEA*) – je metóda, ktorá hodnotí environmentálne, ako aj ekonomické aspekty produktov a služieb, medzi ktorými sa snaží nájsť rovnováhu. Analýza ekologickej účinnosti pomáha podnikom identifikovať oblasti, v ktorých môžu zlepšiť svoju *environmentálnu účinnosť* a zároveň dosiahnuť *úspory v nákladoch na zdroje*. Často sa využíva v priemyselných odvetviach, kde je potrebné zlepšiť environmentálne výkony a zároveň dosiahnuť *ekonomickú efektívnosť*.⁵¹
- **Analýza dátových obalov** (*Data Envelopment Analysis – DEA*) – je považovaná za účinný nástroj v oblasti environmentálnej ekonómie, pretože umožňuje hodnotiť efektívnosť využitia zdrojov a zároveň zohľadňovať environmentálne faktory. Táto metóda sa používa pri rozhodovaní firiem, ktoré chcú zlepšiť svoju efektívnosť a zároveň minimalizovať svoj environmentálny vplyv. DEA metóda umožňuje identifikovať *najefektívnejšie firmy* a analyzovať, ako dosiahli svoju *efektívnosť*, aby ostatné firmy mohli zlepšiť svoje výsledky a minimalizovať svoj environmentálny vplyv. Využitie DEA metódy tak môže pomôcť podnikom dosiahnuť rovnováhu medzi hospodárskymi a environmentálnymi cieľmi.⁵²

Nakoľko sa s analýzou DEA budeme v značnej miere zaoberať v aplikačnej časti, rozhodli sme sa v ďalšej podkapitole venovať priestor objasneniu pojmu *efektívnosť*, ktorého význam sa v poslednom čase ukazuje v rozličných sektorových oblastiach ľudskej činnosti.

⁵⁰ O'Mahony, T. (2021). *Cost-Benefit Analysis and the environment: The time horizon is of the essence*, Environmental Impact Assessment Review, Volume 89, 2021, 106587, ISSN 0195-9255, URL: <<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106587>>

⁵¹ Sorvari, J. et al. (2011). *Survey on the Environmental Efficiency Assessment Methods and Indicators*. MMEA Research Report nr D2.1.1 HELSINKI 2011. ISBN 978-952-5947-15-1

⁵² Mardani, A. et al. (2018). *Data Envelopment Analysis in Energy and Environmental Economics: An Overview of the State-of-the-Art and Recent Development Trends*. Energies 11, no. 8: 2002. URL: <<https://doi.org/10.3390/en11082002>>

Efektívnosť a DEA sú spojené v oblasti hodnotenia a merania efektívnosti firiem a organizácií. Model DEA je metódou, ktorá sa používa na posúdenie efektívnosti viacerých jednotiek (napr. firiem) vzhľadom na vstupy, ktoré využívajú, a výstupy, ktoré generujú. Jeho cieľom je identifikovať, ktoré jednotky dosahujú najlepšiu efektívnosť a slúžiť ako nástroj pre rozhodovanie a zlepšovanie výkonu. Efektívnosť zahŕňa schopnosť dosahovať maximálny výstup z daných vstupov, čo znamená, že firma dosahuje optimálne výsledky pri využití svojich zdrojov.

Model DEA sa používa na kvantifikáciu a porovnávanie efektívnosti medzi rôznymi jednotkami na základe ich výstupov a vstupov. Pomocou modelu DEA je možné identifikovať jednotky, ktoré sú efektívne, čo znamená, že dosahujú maximálny výstup pri daných vstupoch, a jednotky, ktoré nie sú efektívne a majú potenciál na zlepšenie. Týmto spôsobom model DEA pomáha firmám identifikovať slabé miesta a optimalizovať svoje procesy a využívanie zdrojov s cieľom dosiahnuť vyššiu efektívnosť.

Takže spojitosť medzi efektívnosťou a modelom DEA spočíva v tom, že model DEA sa používa na meranie a hodnotenie efektívnosti firiem a organizácií na základe ich schopnosti dosahovať optimálne výsledky pri daných vstupoch.

V závere tejto kapitoly priblížime úspešnosť využitia vybraných modelov a metód a ich prínosy pre riešenie environmentálnych problémov na konkrétnych **zahraničných a slovenských firmách**, s dôrazom na firmy v **odvetví priemyselnej výroby**.

Existuje veľa **úspešných zahraničných firiem**, ktoré používajú modely environmentálnej ekonómie na podporu svojho rozhodovacieho procesu a dosahujú významné environmentálne výsledky. Tu je niekoľko príkladov:

1. **IKEA:** Spoločnosť IKEA využíva nákladovo-prínosovú analýzu (CBA) pri rozhodovaní o environmentálnych investíciách. Napríklad pri prechode na výrobu a predaj energeticky úsporných žiaroviek vykonala CBA, kde zistila, že investícia do týchto žiaroviek je výhodná z hľadiska nákladov aj environmentálneho prínosu.⁵³
2. **Unilever:** Firma Unilever používa model udržateľnej analýzy životného cyklu (LCA) na hodnotenie environmentálneho vplyvu svojich produktov. Na základe

⁵³ UNHCR, the UN Refugee Agency | UNHCR. (2021). *Mid-Term Process Evaluation of the IKEA Foundation Livelihoods and Energy Projects Among Somali Refugees and Host Communities in Ethiopia*. Evaluation Report. URL: <<https://www.unhcr.org/sites/default/files/legacy-pdf/61fa60454.pdf>>

LCA identifikujú oblasti s najväčším environmentálnym vplyvom a následne navrhujú opatrenia na zlepšenie, napríklad redukciu spotreby vody či emisií CO₂.⁵⁴

3. **Walmart:** Walmart využíva ekonometrické modely na predpovedanie spotreby energie a optimalizáciu svojich logistických procesov. Tieto modely im umožňujú identifikovať efektívne spôsoby riadenia zásob, optimalizácie trasy a minimalizácie environmentálneho vplyvu ich prevádzok.⁵⁵
4. **Tesla:** Automobilová spoločnosť Tesla používa kombináciu nákladovo-účinnnej analýzy (CBA) a ekonometrických modelov na rozhodovanie o investíciách do vývoja elektrických vozidiel a obnoviteľnej energie. Tieto modely im pomáhajú určiť najefektívnejšie spôsoby dosiahnutia ich environmentálnych cieľov.⁵⁶

Poznáme aj ďalšie príklady firiem z odvetvia **priemyselnej výroby**:

1. **General Electric (GE):** GE je známa spoločnosť v oblasti energetiky a priemyselnej výroby. Využíva modely environmentálnej ekonómie na optimalizáciu svojich výrobných procesov a na vyhodnocovanie investícií do ekologickejších technológií, ako napríklad v oblasti veterných turbín alebo solárnych panelov.⁵⁷
2. **Toyota:** Automobilový výrobca Toyota sa angažuje v environmentálne udržateľnom rozvoji a používa modely environmentálnej ekonómie na riadenie svojich výrobných operácií. Pomocou týchto modelov identifikujú oblasti s najväčším potenciálom na znižovanie emisií a využívajú efektívne opatrenia na minimalizáciu svojho environmentálneho vplyvu.⁵⁸
3. **3M:** Spoločnosť 3M, známa svojimi inovatívnymi výrobkami, používa modely environmentálnej ekonómie na výskum a vývoj nových technológií, ktoré znižujú environmentálny dosah ich výrobkov. Tieto modely im pomáhajú identifikovať ekonomicky efektívne riešenia, ktoré znižujú spotrebu zdrojov a emisie.⁵⁹

⁵⁴ Unilever. (2023). *Reducing our environmental impact*. URL: <<https://www.unilever.com/planet-and-society/safety-and-environment/reducing-our-environmental-impact/>>

⁵⁵ Walmart. (2021). *Environmental, Social and Governance. FY2022 Summary Report*. URL: <<https://corporate.walmart.com/esgreport2021/esg-issues/climate-change>>

⁵⁶ Yixi, X. et al. (2019). *An Evaluation Framework for the Planning of Electric Car-Sharing Systems: A Combination Model of AHP-CBA-VD*. Sustainability 11, no. 20: 5627. <https://doi.org/10.3390/su11205627>

⁵⁷ Sustainability | GE Renewable Energy - General Electric. (2021). *Sustainability Report Sustainability at core*. URL: <https://www.ge.com/sites/default/files/ge2021_sustainability_report.pdf>

⁵⁸ Toyota Motor Corporation. (2020). *Environmental Report 2020*. URL: <https://global.toyota/pages/global_toyota/sustainability/report/er/er20_en.pdf>

⁵⁹ 3M Science. Applied to Life. (2023). *Advancing our impact: 2023 Global Impact Report*. URL: <<https://multimedia.3m.com/mws/media/2292786O/3m-2023-global-impact-report.pdf>>

4. **Siemens:** Siemens je medzinárodná spoločnosť pôsobiaca v oblasti priemyselnej automatizácie, energetiky a dopravy. Využíva modely environmentálnej ekonómie na optimalizáciu výrobných procesov a na vyhodnocovanie environmentálnych rizík a prínosov pri rozhodovaní o investíciách a projektoch.⁶⁰

Rozdielne spoločnosti využívajú rôzne modely environmentálnej ekonómie v závislosti od ich oblasti pôsobenia, cieľov a kontextu. Ich úspech spočíva vo využívaní týchto modelov na identifikáciu efektívnych opatrení a dosahovanie environmentálnych pozitívnych výsledkov.

Môžeme zhodnotiť veľa **úspešných firiem** pôsobiacich na **Slovensku**, ktoré využívajú modely environmentálnej ekonómie a zaoberajú sa **udržateľným rozvojom**:

1. **Slovenské elektrárne:** Je najväčším výrobcom elektrickej energie na Slovensku a zameriava sa na environmentálne udržateľný rozvoj. Využíva environmentálne modely pri plánovaní a riadení svojich energetických zdrojov a investícií do obnoviteľných zdrojov energie (Slovenské elektrárne, Výročná správa za rok 2020).
2. **Západoslovenská distribučná:** Spoločnosť Západoslovenská distribučná sa zameriava na distribúciu elektrickej energie na západnom Slovensku. Využíva modely environmentálnej ekonómie pri optimalizácii prevádzky svojich distribučných sústav a pri plánovaní investícií do modernizácie a efektívnejšieho využívania zdrojov (Západoslovenská distribučná, a. s. Výročná správa za rok 2022).
3. **Slovalco:** Hlinikáreň patrila medzi najväčších slovenských výrobcov hliníka, ktorá bola nútená odstaviť svoju výrobu 10. januára 2023 z dôvodu výšky kompenzácií pre energeticky náročné podniky.⁶¹ Táto spoločnosť sa snažila minimalizovať svoj environmentálny vplyv a využívala rôzne modely environmentálnej ekonómie pri monitorovaní a znižovaní emisií, riadení využívania zdrojov a pri hľadaní inovatívnych riešení v oblasti výroby hliníka (Výročná správa za rok 2021).
4. **Matador Group:** Skupina Matador je slovenským výrobcov automobilových a priemyselných pneumatík. Sú si vedomí svojej environmentálnej zodpovednosti a využívajú modely environmentálnej ekonómie pri plánovaní a monitorovaní

⁶⁰ Siemens. (2022). *Siemens Sustainability Report 2022*. URL: <<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:c1088e4f-4d7f-4fa5-8e8e-33398ecf5361/sustainability-report-fy2022.pdf>>

⁶¹ Turza, R. (2022). *Osud jedinej výroby hliníka na Slovensku je spečatený, Slovalco definitívne končí*. In: HNonline, [online]. 2022 [cit. 2022-08-17]. URL: <<https://hnonline.sk/finweb/ekonomika/96036089-osud-jedinej-vyroby-hlinika-na-slovensku-je-specateny-slovalco-definitivne-konci>>

environmentálnych ukazovateľov, znižovaní spotreby zdrojov a vylepšovaní svojich výrobných procesov.⁶²

Sú známe aj iné **firmy** pôsobiace na **Slovensku** z odvetvia **priemyselnej výroby**:

1. **Volkswagen Slovakia**: Spoločnosť Volkswagen Slovakia je jednou z najväčších priemyselných firiem na Slovensku. Vyrába automobily pre medzinárodný trh a snaží sa minimalizovať svoj environmentálny vplyv. Využíva modely environmentálnej ekonómie pri plánovaní a riadení svojich výrobných procesov, ako aj pri znižovaní emisií a využívaní obnoviteľných zdrojov energie.⁶³
2. **Slovnaft**: Spoločnosť Slovnaft je najväčšou rafinériou na Slovensku a zaoberá sa výrobou a distribúciou ropných produktov. Využíva modely environmentálnej ekonómie pri plánovaní a riadení svojich prevádzok, monitorovaní environmentálnych ukazovateľov a zavádzaní technológií na zníženie emisií a zlepšenie energetickej efektívnosti (Slovnaft, Výročná správa za rok 2021).
3. **U.S. Steel Košice**: Spoločnosť U.S. Steel Košice je najväčším oceliarom na Slovensku. Snaží sa minimalizovať svoje environmentálne zaťaženie a využíva modely environmentálnej ekonómie pri plánovaní a riadení svojich výrobných procesov, monitorovaní emisií a implementácii technológií na znižovanie environmentálneho vplyvu (U.S. Steel Košice, Správa o udržateľnosti 2021).
4. **Mondi SCP**: Spoločnosť je významným výrobcom obalových materiálov a papiera na Slovensku. Zaoberá sa environmentálnou udržateľnosťou a využíva modely environmentálnej ekonómie pri plánovaní a monitorovaní environmentálnych ukazovateľov, riadení odpadov a znižovaní environmentálneho vplyvu výroby.⁶⁴

Tieto príklady ukazujú, že aj na Slovensku existuje viacero firiem z odvetvia priemyselnej výroby, ktoré si uvedomujú dôležitosť environmentálneho aspektu a snažia sa využívať modely environmentálnej ekonómie na dosiahnutie udržateľného rozvoja, zlepšenie svojho environmentálneho vplyvu, a tým pádom aj zvýšenie svojej konkurencieschopnosti voči ostatným firmám z rovnakého odvetvia.

⁶² Matador Group. (2021). *Sustainability Report 2021*. URL: <<https://www.matadorresources.com/static-files/e98931b7-31c7-423a-a24f-ae4fc68e5c3c>>

⁶³ Volkswagen Slovakia. (2020). *Na ceste k udržateľnosti 2020*. URL: <https://sk.volkswagen.sk/content/dam/companies/sk_vw_slovakia/podnik/vyroczne_spravy/Vyroчна_sprava_2020.pdf>

⁶⁴ Mondi SCP (2021). URL: <<https://www.mondigroup.com/media/15668/účtovná-závierka-2021.pdf>>

1.5 Ekonomická a environmentálna efektívnosť

V podkapitole objasňujeme pojem efektívnosť, ktorý sa v poslednom čase ukazuje v rozličných sektorových oblastiach ľudskej činnosti (*napr. finančný a bankový sektor, verejná správa, poľnohospodárstvo, zdravotníctvo, atď.*). Medzi ukazovatele výkonnosti začleňujeme aj pojem produktivita, ktorá sa častokrát s pojmom efektívnosť zamieňa. Výkonnosť podnikateľského subjektu môžeme okrem efektívnosti merať aj pomocou súboru pomerových finančných ukazovateľov (*napr. likvidita, aktivita, zadlženosť, rentabilita*), a súboru relatívnych ekonomických ukazovateľov (*napr. obratovosť pracovného kapitálu, produktivita práce a kapitálu, obrátka zásob, využitie kapacít, rentabilita vlastného imania*) či viacerých ďalších zameraných na schopnosť udržať sa na trhu a obstať v konkurencii.

Na úvod si vysvetlíme ako pojem efektívnosť chápe ekonomická teória a aké druhy efektívnosti v produkčnej sfére rozlišuje. Následne si predstavíme niektoré často používané kvantitatívne metódy analýzy efektívnosti a na jednu z nich, tzv. analýzu dátových obalov (DEA), sa bližšie zameriame. Cieľom kapitoly je poukázať na významné aspekty teórie produkčnej efektívnosti, ktoré neskôr využijeme v empirickej analýze.

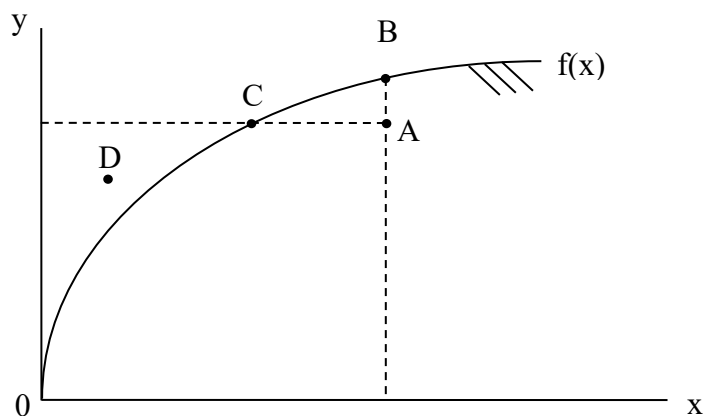
1.5.1 Pojem efektívnosti

Efektívnosť je jedným z fundamentálnych konceptov ekonómie a znázorňuje absenciu plytvania, resp. čo najúčinnšie uspokojenie ľudských potrieb alebo prianí. Ekonomická efektívnosť ponúka informácie o tom, do akej miery je realizovateľné súčasný stav pozdvihnúť zmenou správania v rôznych oblastiach života. Autori Samuelson, Nordhaus (1991) a Mankiw (2007) pojednávajú ekonomickú efektívnosť ako dôležitý nástroj ekonomického rozhodovania vyjadrujúceho schopnosť, ktorá maximalizuje úroveň uspokojenia dosiahnutú pri daných zdrojoch. Celková efektívnosť ekonomiky, ako zložitého systému, je stanovená efektívnosťou prebiehajúcich osobitných činností. V rámci spomínaného kontextu môžeme rozlíšiť napríklad efektívnosť v zmene, vo výrobe alebo v spotrebe. V nasledujúcej časti sa zameriame na meranie efektívnosti, na strane výroby, pri ktorej je možné rozlišovať medzi alokačnou a technickou, kde nám pomôže prístup Farrella (1957) a jeho dôraz na dôležitosť merania efektívnosti pre tvorcov hospodárskej politiky.

V prvej časti si predstavíme najjednoduchší scenár, pri ktorom podnik produkuje jeden typ výstupu pri použití jedného typu vstupu. Na grafe 3 môžeme sledovať výrobné možnosti podniku, ktoré sú stanovené produkčnou funkciou, pričom každá úroveň vstupu

je vyjadrená maximálnym možným výstupom, ktorý je možné vyrobiť pri vymezenej technológii. Podnik je technicky efektívny ($e = 1$) v prípade, ak dokáže produkovať maximálny produkt (napr. na grafe body B a C). Bod A predstavuje situáciu, kedy je výroba (pod produkčnou funkciou) možná, na druhej strane nie je technicky efektívna ($0 < e < 1$). Vysvetlenie spočíva v tom, že na grafe vidíme efektívnejší bod B, pri ktorom je možné realizovať väčší výstup s rovnakým množstvom vstupov. *Výstupne orientovaná* technická efektívnosť vzniká vtedy ak, porovnáme skutočný a maximálne možný výstup (x_A / x_B) pri súčasnej technológii a daných vstupoch. V bode C sa nám javí ďalšia zaujímavá situácia, kedy s použitím nižšieho množstva vstupov je možné vyprodukovať rovnaký výstup. Takto vzniká *vstupne orientovaná* efektívnosť vyjadrená efektívnosťou v tvare y_C / y_A s rozsahom, ktorý je daný intervalom $(0,1]$. Bod D (nad produkčnou funkciou) ukazuje situáciu, kedy nie je možné výrobu realizovať pri súčasnej technológii. Vyjadríme to krátkou definíciou: *technická efektívnosť predstavuje schopnosť produkčnej jednotky pri danej technológii maximalizovať mieru vstupu a výstupu*. Inými slovami, podnik je technicky efektívny, ak produkuje maximálny výstup z daného vstupu pri súčasnej technológii alebo, ak používa minimálne množstvo vstupu na výrobu istého produktu.

Graf 3 Produkčná funkcia ako produkčná hranica s jedným vstupom a jedným výstupom

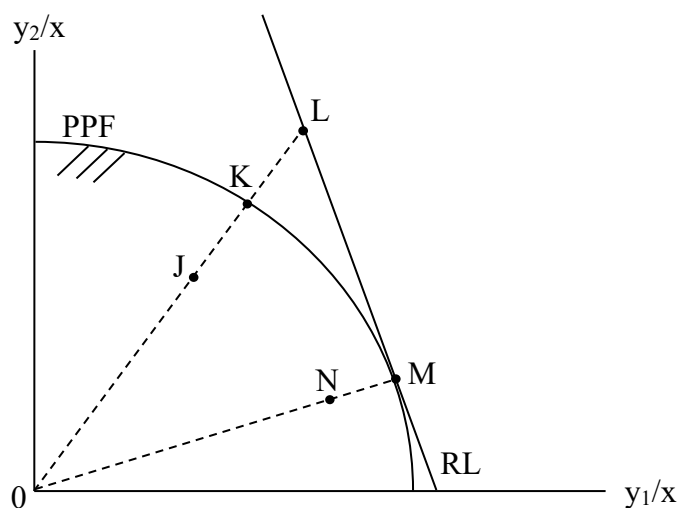


Zdroj: Vlastné spracovanie podľa FENDEKOVÁ, E. – FENDEK, M. *Mikroekonomická analýza*. Vydavateľstvo : Wolters Kluwer (Iura Edition), 2008. ISBN 978-80-8078-180

V dnešnom svete sa však stretávame s oveľa zložitejšími príkladmi v súvislosti s analýzou efektívnosti, ktorá je náročnejšia na grafickú analýzu a v rámci teoretickej roviny sa limituje na dva vstupy alebo dva výstupy. Vo väčšine prípadov podnikateľské subjekty využívajú súbežne výrobných faktorov viac, ako aj podniky produkujú väčšie množstvo druhov tovaru alebo poskytujú viac služieb.

Hranicu výrobných možností (*Production Possibility Frontier* – PPF) resp. hranicu efektívnosti s dvomi výstupmi považujeme za jeden z dôležitých pojmov v analýze dátových obalov (DEA). Graf 4 nám dáva možnosť prísť na výstupne orientovanú technickú efektívnosť cez krivku PPF znázorňujúcu všetky kombinácie výstupov pri danom vstupe, ktoré je možné realizovať pri súčasnej technológii. Body K a M ležiace na hranici znázorňujú situáciu, kedy sú podniky technicky efektívne. Vo vnútri hranice produkčných možností sa nachádzajú body J a N, ktoré sú na jednej strane dosiahnuteľné, ale technicky neefektívne. Dôvodom je výsledok v teoretickej rovine, kedy je z daného vstupu pravdepodobné vyprodukovať väčší výstup. Technická efektívnosť je stanovená dvoma pomermi, ktoré prislúchajú bodu J ako $0J / 0K$ a bodu N ako $0N / 0M$ a body nad krivkou produkčných možností nie sú realizovateľné.

Graf 4 Alokačná a technická efektívnosť výroby s dvoma výstupmi (výstupne-orientovaná)



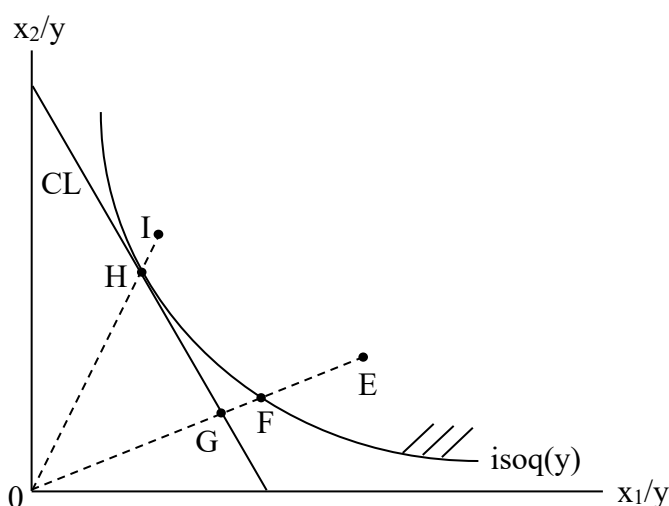
Zdroj: Vlastné spracovanie podľa HERRERO, I. – S. PASCOE, S. (2002) *Estimation of Technical Efficiency : A Review of Some of the Stochastic Frontier and DEA Software*. CHEER Virtual Edition, 15(1).

Graf 5 znázorňuje prípad viacnásobného vstupu, kedy sa na analýzu technickej efektívnosti využíva krivka zachytávajúca súbor všetkých minimálnych kombinácií vstupov, ktoré sú nevyhnutné pri súčasnej technológii na produkciu výstupu. Geometricky je izokvanta krivkou pre každú rovinu výstupu rozdielna. Aj v tomto prípade sú body H a F, ležiace na vyznačenej izokvante, technicky efektívne. Na druhej strane, body E a I, ležiace nad izokvantou, zdrojmi najviac plytvajú, vzhľadom k ich využívaniu vo väčšom množstve, čo u nich spôsobuje prejav technickej neefektívnosti. Podľa definície technickej efektívnosti od ekonóma Farella (1957) výraz $0H / 0I$ a $0F / 0E$ udáva technickú efektívnosť týchto

firiem. Všetky body pod izokvantou, ako aj bod G, nie je možné dosiahnuť pri súčasnej technológii.

Firmy, ktoré majú viacnásobný vstup alebo výstup znázorňujú situáciu, kedy nie je možné stotožnenie technickej a ekonomickej efektívnosti. Hlavným dôvodom je zámer firmy aj na iné ciele, ako len maximalizáciu roviny výstupu z dostupnej kapacity zdrojov. Prvý cieľ zhodný s cenovou efektívnosťou Farella (*vstupne orientovaný prístup alokačnej efektívnosti*) predstavuje produkciu výstupu pomocou takej kombinácie vstupov, ktorá sa snaží minimalizovať náklady pri dostupných cenách. Druhý z týchto cieľov (*výstupne orientovaný prístup alokačnej efektívnosti*) predstavuje produkciu výstupov z takej kombinácie vstupov, ktorá sa snaží firme pri dostupných predajných cenách maximalizovať výnosy.

Graf 5 Alokačná a technická efektívnosť výroby s dvoma výstupmi (vstupne-orientovaná)



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa OUM, T. H. – WATERS, I. I. W. G. – YU, C. (1999) *A survey of productivity and efficiency. Measurement in rail transport*, Vydavateľstvo : University of Bath, Vol. 33. ISSN: 0022-5258

1.5.2 Základné techniky hodnotenia efektívnosti

Základné metódy a techniky hodnotenia ekonomickej efektívnosti môžeme rozčleniť na štyri: *deterministické, stochastické, parametrické a neparametrické*. Každá jedna zo základných techník má však svoje kladné aj negatívne stránky. Medzi deterministickými a stochastickými metódami spočíva hlavný rozdiel v ich postoji k náhodnej zložke. Predpoklad deterministických prístupov spočíva v princípe odklonu od hranice, ktorý je spôsobený neefektívnosťou. Stochastické prístupy zase na druhej strane prikladajú váhu

existencii náhodnosti, ale takisto aj odklonu od hranice spôsobenej neefektívnosťou (Kengil a kol., 2010).

Analýza SFA a metóda COLS, ako zástupcovia parametrických prístupov reprezentujú regresívne techniky, ktorých predpokladom je existencia osobitnej funkčnej formy. Metóda DEA je jedným z najznámejších zástupcov neparametrických prístupov, ktorých princípom je vyhodnocovanie neefektívnosti relatívnej ku všetkým jednotkám v danej množine.

1.5.3 Kvantitatívne metódy analýzy efektívnosti

Autori Jablonský a Dlouhý (2004) poukazujú na významnosť finančných pomerových ukazovateľov ako jeden z najbežnejších nástrojov analýzy efektívnosti v podnikovej praxi a ako nástroj ohodnotenia finančného zdravia podniku resp. finančnej efektívnosti podniku. V tejto časti si predstavíme štyri najviac používané kvantitatívne modely a metódy, ktoré sa využívajú na hodnotenie technickej efektívnosti.

Literatúru o analýze efektívnosti môžeme rozdeliť do dvoch hlavných oblastí: parametrické a neparametrické metódy. Najdôležitejším predstaviteľom neparametrických metód je bezpochyby Analýza dátových obalov (*Data Envelopment Analysis* – DEA).

DEA je model lineárneho programovania pôvodne zavedený Charnesom a kol. (1978) a rozšírený, okrem iného, o Banker a kol. (1984) na zohľadnenie variabilných výnosov z rozsahu. DEA vyvíja empirickú hraničnú funkciu, ktorej tvar je určený najefektívnejšími tvorcami pozorovaného súboru údajov. Pretože efektívnosť sa meria ako vzdialenosť k tejto hranici, bez zohľadnenia štatistického šumu, DEA je deterministický model. Hlavnou výhodou metódy je flexibilita vďaka jej neparametrickej povahe, t.j. nie je potrebný žiadny predpoklad o produkčnej funkcii.

Parametrické metódy sú založené na ekonometrickej metóde najmenších štvorcov (OLS). **Metóda COLS** (*Corrected Ordinary Least Squares*) odhaduje efektívnu hranicu posunutím regresie OLS smerom k najefektívnejšiemu výrobcovi. Následne meria neefektívnosť ako vzdialenosť k tejto hranici. COLS má však rovnakú nevýhodu ako DEA, je stále deterministická.

Aigner a kol. (1977) a Meeusen a Broeck (1977) vyvinuli stochastický parametrický model, konkrétne stochastickú hraničnú **analýzu SFA** (*Stochastic Frontier Analysis*). Analýza SFA je prístup založený na regresii, ktorý integruje dva nepozorované chybové pojmy predstavujúce neefektívnosť a štatistický šum. Za predpokladu produkčnej funkcie

a špecifických distribúcií pre chybové členy umožňuje kalibráciu pomocou metódy odhadu (napr. maximálna pravdepodobnosť). Hlavnou výhodou je možnosť merania účinnosti pri súčasnom zohľadnení prítomnosti štatistického šumu. Flexibilita metódy DEA a stochastická povaha metódy SFA vysvetľujú, prečo sú to dve najpopulárnejšie kvantitatívne metódy na meranie efektívnosti.

Alternatívou k metóde DEA je **technika MEA** (*Multi-directional Efficiency Analysis*) ako viacrozmerná analýza efektívnosti, ktorá sa niekedy označuje aj ako potenciálne zlepšenie DEA. Je to novšia technika, ktorú prvýkrát zaviedli Bogetoft a Hougard (1999) a následne ju sfunkčnili Asmild a kol. (2003). Na rozdiel od prístupu DEA, prístup MEA vyberá referenčné hodnoty tak, aby vstupné kontrakcie alebo expanzie výstupu boli úmerné potenciálnemu zlepšeniu identifikovanému tým, že sa osobitne zväží potenciál zlepšenia v každej vstupnej alebo výstupnej premennej, nielen úrovne účinnosti, ale aj efektívnosť systémov (Wang, 2013).

1.6 Analýza dátových obalov (DEA Metóda)

Nasledujúcou podkapitolou práce si vymedzíme jedného z najdôležitejších predstaviteľov neparametrických metód, analýzu dátových obalov (*Data Envelopment Analysis* – DEA), ktorú sme v predchádzajúcej časti stručne spomenuli s ďalšími kvantitatívnymi metódami merania efektívnosti rozhodovacích jednotiek.

1.6.1 Úvod do problematiky analýzy dátových obalov

Povedomie o negatívnom vplyve ekonomického rozvoja na životné prostredie viedlo v posledných desaťročiach k značnému množstvu výskumu v problematike merania trvalo udržateľného rozvoja. Z politického a ekonomického hľadiska dokonalý indikátor (resp. celý rad indikátorov) trvalo udržateľného rozvoja by mal umožňovať nielen objektívne porovnania, ale aj posúdenie vplyvu rôznych typov regulácií, napr. Dane, normy znečistenia, povolenia (Tyteca, 1996). Zo širokej škály rôznych metód konštrukcie indikátorov environmentálnej výkonnosti (EPI) si v posledných rokoch získala popularitu a uznanie environmentálna metóda DEA – rozšírená verzia *Data Envelopment Analysis* (DEA) (Zhou et al. 2008b).

Koncept environmentálnej metódy DEA zaviedli Färe a kol. (1989). Vyvinuli a implementovali výkonnostný index založený na metóde DEA, ktorý umožňuje mnohostranné porovnanie produktivity jednotiek produkujúcich viacero výstupov, z ktorých

niektoré sú nežiaduce. Neskôr Callens a Tyteca (1999) navrhli ukazovatele na meranie trvalo udržateľného rozvoja založené na koncepte hraníc DEA. V ich práci bola ekonomická, sociálna a environmentálna efektívnosť označená ako nevyhnutná pre hodnotenie trvalo udržateľného rozvoja. Jednou z nedávnych pozícií medzi teoretickými publikáciami sú Guo a Wu (2013), ktorí rozširujú model DEA tak, aby zahŕňal nežiaduce výstupy (ako znečistenie), s cieľom vytvoriť jedinečné hodnotenie založené na „optimálnych tieňových cenách“ pri analýze jednotiek, ktoré v tradičnom modeli DEA získajú rovnaké skóre účinnosti. Sueyoshi a Yuan (2015) zase navrhli riešenie problému nulových a záporných hodnôt v súbore údajov pri hodnotení environmentálnej efektívnosti s využitím DEA.

Počas aplikačných prác bola metóda DEA použitá na hodnotenie environmentálneho správania jednotiek rôzneho rozsahu: regiónov, krajín, provincií, sektorov a firiem. Veľa publikácií bolo predovšetkým venovaných hodnoteniu situácie v Číne, kde rýchlo sa rozvíjajúca čínska ekonomika je vysoko energeticky náročná a vo veľkej miere znečisťuje životné prostredie. Podľa agentúry pre ochranu životného prostredia môžeme zhodnotiť, že Čína celosvetovo vypúšťa najviac oxidu uhličitého (CO_2) a oxidu siričitého (SO_2) (*Environmental Protection Agency – EPA*, 2014). Meng a kol. (2013) predstavili statický a dynamický neradiálny indikátor environmentálnej výkonnosti DEA na meranie environmentálnej výkonnosti priemyselných sektorov v Číne v období rokov 1998 – 2009. Prezentovaný prístup bol testovaný na základe dvoch vstupov: priemyselná pracovná sila a spotreba energie, jeden požadovaný výstup: priemyselná pridaná hodnota a nežiaduce výstupy: priemyselný CO_2 , odpadový plyn, odpadová voda a tuhý odpad. Spomínaná analýza umožnila dospieť k záveru, že vo všeobecnosti došlo k zlepšeniu environmentálneho správania.

Pokiaľ ide o práce porovnávajúce environmentálnu efektívnosť rôznych krajín s použitím DEA, takéto analýzy vykonali okrem iného Zaim a Taskin (2000), Färe a kol. (2004), Zhou a kol. (2007), Lozano a Gutiérrez (2008) alebo Zhou a kol. (2012). Zaim a Taskin (2000) aplikovali metodiku na hranici environmentálnej produkcie na porovnanie 25 krajín OECD z hľadiska environmentálnej efektívnosti od roku 1980 do roku 1990. Zohľadnili reálny HDP (ako požadovaný výstup), CO_2 (ako nežiaduci výstup), ako aj celkovú zamestnanosť a celkový kapitál (ako vstupy). Färe a spol. (2004) poskytli index environmentálnej výkonnosti, ktorý bolo možné vypočítať pomocou lineárneho programovania DEA a aplikovali navrhovaný prístup na vzorku krajín OECD v roku 1990. Zhou a kol. (2007) použili neradiálny model DEA s väčšou diskriminačnou silou ako radiálne a modelovali environmentálnu výkonnosť 26 krajín OECD v období rokov 1995 –

1997. Na základe rebríčkov efektívnosti premeny pracovnej sily a energie na HDP, berúc do úvahy nežiaduce produkty ako: CO₂, Sox, Nox a CO, sa zistilo, že krajiny zaznamenali zlepšenie environmentálneho správania.

Sueyoshi a kol. (2010) analyzovali prevádzkovú efektívnosť, environmentálnu efektívnosť a jednotnú efektívnosť uhoľných elektrární v Spojených štátoch s využitím neradiálnej metódy DEA. Vstupné údaje zahŕňali: počet zamestnancov, investičné náklady, celkové nepalivové náklady na prevádzku a údržbu a spotrebu paliva. Žiaduce a nežiaduce výstupy boli: GWh, celkové množstvo SO₂, Nox a CO₂. Mnoho výskumníkov sa ujalo hodnotenia efektívnosti sektorov hospodárstva. Makridou (2016) sa sústredili na energeticky najnáročnejšie sektory v krajinách EÚ a použitá metodológia bola metóda DEA kombinovaná s Malmquistovým indexom (založený na využití *dištančných funkcií*) na analýzu trendov v čase a viacúrovňová lineárna regresia na zistenie najvýznamnejších faktorov ovplyvňujúcich odhadovanú účinnosť. Z analýzy vyplynuli pozitívne závery o zvýšení celkovej efektívnosti.

Metóda DEA v kombinácii s indexom environmentálnej výkonnosti EPI umožnili (Baležentis a kol., 2016) zoskupiť litovské ekonomické sektory z hľadiska indexu EPI a miery rastu. Hodnoty EPI boli hodnotené na základe hrubej pridanej hodnoty, odpracovaných hodín, kapitálu a emisií CO₂, N₂O. Ako sa dalo očakávať, najneefektívnejšími odvetvami boli ťažba ropy a letecká doprava.

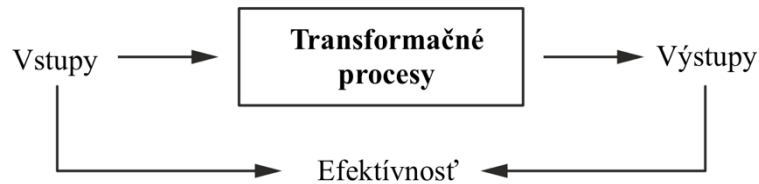
Táto práca predstavuje environmentálnu koncepciu analýzy produktivity založenú na analýze dátových obalov (DEA), ktorá berie do úvahy žiaduce a nežiaduce výstupy rozvoja s cieľom posúdiť výkonnosť vybraných podnikov.

1.6.2 Koncepčný rámec DEA metódy

Data Envelopment Analysis (DEA), pôvodne navrhnutá Charnesom a kol. (1978) je metóda na meranie relatívnej účinnosti súboru homogénnych rozhodovacích jednotiek (*Decision Making Units* – DMU). Základná DEA umožňuje hodnotiť systémy s viacerými vstupmi a výstupmi. Poskytuje syntetický indikátor, ktorý zohľadňuje silné stránky každej analyzovanej jednotky.

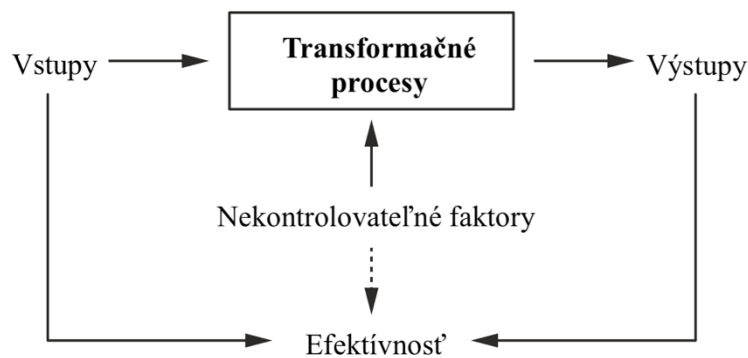
Na obrázku 5 je prezentovaná myšlienka metódy DEA. Od jej zavedenia boli modely DEA upravované, menené a dopĺňané.

Obrázok 5 Myšlienka metódy DEA



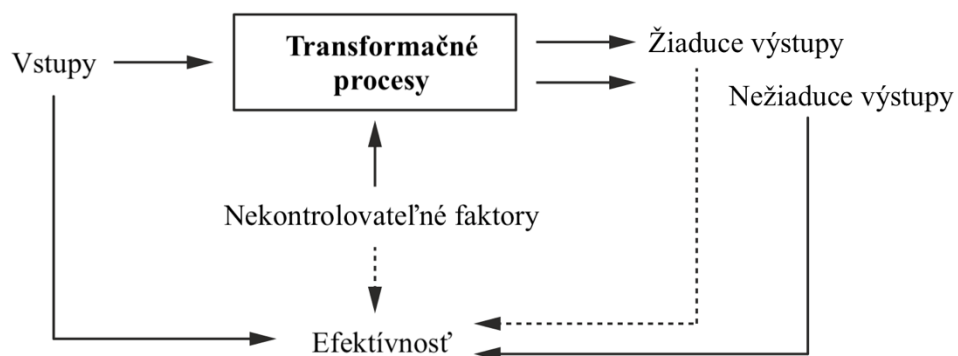
Jedným z najdôležitejších vývojov bola možnosť prispôbiť sa nekontrolovateľným faktorom, ktoré ovplyvňujú efektívnosť, ale nepodliehajú kontrole alebo riadeniu, čo sme chceli poukázať na nasledujúcom obrázku 6.

Obrázok 6 Myšlienka metódy DEA s nekontrolovateľnými faktormi



Obrázok 7 poukazuje na vyvinuté DEA modely, ktoré sa zaoberajú nežiaducimi, ale nevyhnutnými slabými jednorazovými výstupmi a adaptujú takéto premenné v analýze.

Obrázok 7 Myšlienka metódy DEA so žiaducimi a nežiaducimi výstupmi



Zdroj: CHODAKOWSKA, E. - NAZARKO, J. (2017). *Environmental DEA method for assessing productivity of European countries*, Technological and Economic Development of Economy, 23(4)

Analýza dátových obalov (DEA) je metóda založená na lineárnom programovaní (LP) na posúdenie úrovne účinnosti rozhodovacích jednotiek (DMU) s viacerými vstupmi a výstupmi. Princíp lineárneho programovania (LP) spočíva v odhade z empirických dát namiesto používania krivky PPF a z pozorovaných jednotiek vytýči podľa správania tie najefektívnejšie počas premeny vstupov na výstupy. Metóda DEA je užitočná na empirické meranie produktívnej efektívnosti DMU, napríklad zdravotníctva, školstva, ekonomík, bánk, a mnohých ďalších. Autor Dlouhý (2007) za hlavný dôvod širokého zámeru tejto metódy považuje fakt, že DEA je schopná kvantifikovať efektívnosť bez potreby poznať vstupné a výstupné ceny, čo je charakterizované značnou výhodou pri komparácii účinnosti jednotiek na nedokonale konkurenčnom trhu, prípadne aj naprieč rôznymi krajinami sveta.

Prvý model DEA z roku 1978, *Charnes, Cooper a Rhodes* (CCR) model, hodnotí úroveň účinnosti každej DMU z dvoch hľadísk, radiálnej neefektívnosti a zmesi neefektívnosti. Radiálna neúčinnosť sa meria pomocou skalárneho indexu radiálnej účinnosti, zatiaľ čo neefektívnosť zmesi je identifikovaná uvoľnením zodpovedajúceho lineárnemu programovaniu. Tento proces hodnotenia naznačuje, že na meranie účinnosti by sa nemal brať do úvahy len index radiálnej účinnosti, ale aj previsy úrovni. Model CCR a ďalšie modely DEA s podobným procesom hodnotenia sa v literatúre označujú ako radiálne modely DEA. Inverzná DEA je rozšírením DEA, ktoré bolo počas posledných dvoch desaťročí intenzívne študované a aplikované. Ukázalo sa, že je užitočné v rôznych aplikáciách v reálnom živote, pretože rozšírilo konvenčné DEA o funkciu predpovedí. Základným predpokladom inverznej DEA je, že počas sledovaného obdobia zostáva úroveň účinnosti DMU rovnaká. Za tohto predpokladu, ak sa napríklad vstupy DMU zmenia na inú úroveň, potom upraví svoje výstupy tak, aby stav účinnosti DMU zostal nezmenený.

1.6.3 Efektívnosť a environmentálne premenné v modeli DEA

Normované modely DEA podmieňujú produkciu z analogických vstupov na analogické výstupy v obdobnom prostredí pre každú jednu z rozhodovacích jednotiek objavujúcej sa v analýze. Podľa Jahanshahloo a kolektívu autorov (2010) sa uchováva podmienka analogického prostredia, ktorý je v skutočnosti narušený a preto je nevyhnutné do analýzy zaradiť aj faktory, ktoré charakterizujú rozdiely medzi pozorovanými prostrediami.

Počas posledných dvoch dekád vyvolala téma vplyvu environmentálnych faktorov na ekonomické aktivity veľkú diskusiu nielen v odbornej sfére, ale aj v laickej verejnosti.

Vznikla potreba prispôbiť tradičné metódy analýzy produktivity a efektívnosti tak, aby bolo možné integrovať environmentálnu podstatu do štandardných mier technickej a ekonomickej efektívnosti kvôli presnejšiemu monitorovaniu a hodnoteniu firiem a ich výrobných procesov. V minulosti sa už autori ako Tyteca (1996), Scheel (2001) pokúšali túto situáciu vyriešiť a ukázali sa možnosti, ktoré znázorňujú začlenenie environmentálnych premenných do DEA.

Niektoré z príkladov udávajú aj autori z roku 1999 (Fried, Schmidt a Yaisawarng):

1. základné formy vlastníctva (súkromné a verejné);
2. charakteristiky lokalizačných údajov:
 - *tepelné elektrárne závislé od kvality a množstva dodávaného uhlia,*
 - *elektrické siete, ktorú sú ovplyvnené priemernou hustotou obyvateľstva a veľkosťou nákupov jednotlivých zákazníkov,*
 - *školy z hľadiska podrobnej socio-ekonomickej analýzy statusu detí pochádzajúcich z odlišných miest, obcí a dedín;*
3. sila a hospodárenie odborových zväzov;
4. vládne regulačné opatrenia a intervencie.

Úpravou štatistických metód ako parametrických alebo parametrických dokážeme získať intenzitu environmentálnej výkonnosti pre overenie efektívnosti. Prístup nadmernej majority zverejnených štúdií znázorňuje zahrnutie mimoriadnej environmentálnej premennej do modelu v dvoch verziách, ako slabo použiteľný výstup alebo nasledujúci vstup.

Na riešenie spojených environmentálnych premenných sú k dispozícii **dve možnosti**:

a1) jednostupňové modely

Jednostupňové modely sú rozšírenými verziami základného modelu lineárneho programovania; inými slovami, sú to upravené DEA modely. Prvý z nich navrhol Banker & Morey (1986), potom Golany a Roll (1993) a Ruggiero (1996) navrhli niektoré úpravy takéhoto modelu, aby prekonali niektoré z jeho obmedzení.

Autori Banker & Morey v roku 1986 navrhli preformulovanie základného modelu DEA s variabilnými výnosmi z rozsahu, aby bolo možné zvládnuť exogénne fixné vstupy alebo výstupy; ale používa sa aj pri premenných, ktoré môžu ovplyvniť výkon výrobcu, aj keď nie sú ani vstupmi, ani výstupmi samotného výrobného procesu. S environmentálnymi premennými sa teda zaobchádza ako s ľubovoľnými vstupmi a výstupmi. Autori navrhujú

vložiť exogénne fixnú premennú priamo do cieľovej funkcie spolu s ľubovoľnými vstupmi a výstupmi (v závislosti od smeru vplyvu exogénnej premennej). Rozsah, v akom možno exogénnu premennú znížiť bez toho, aby sa vyžadovalo zníženie výstupov alebo zvýšiť bez potreby rozšírenia vstupov by bol nezmyselný výsledok. Vzhľadom na to, že je exogénne fixovaný, manažéri ho nemôžu znižovať ani zvyšovať a k problému je potrebné pridať obmedzenie, aby sa špecifikovalo, že sa udržiava konštantný. Tento model je použiteľný len vtedy, ak je vopred známy smer každej zahrnutej environmentálnej premennej na efektívnosť (t. j. či je konkrétna premenná priaznivá alebo škodlivá pre výrobu).

a2) viacstupňové postupy

Hlavnou charakteristickou črtou viacstupňových postupov je, že v prvej fáze vyžadujú odhad tradičného modelu DEA bez zohľadnenia úlohy vonkajších faktorov a následne zisťovanie vplyvu environmentálnych premenných na efektívnosť opatrení založených na DEA, v jeden alebo viac dodatočných stupňov.

Tieto prístupy možno rozdeliť do dvoch, troch a štyroch fáz. V dvojstupňových postupoch sa technika DEA používa v spojení s inými ekonometrickými alebo štatistickými technikami, ako je regresná analýza a stochastická hraničná analýza (SFA). Z podrobnejšieho hľadiska sa v prvej fáze tradičný model DEA spúšťa len s dobrovoľnými premennými, zatiaľ čo druhá fáza sa používa na zohľadnenie vplyvu prostredia na produkciu, teda na skóre DEA.

Ruggiero (1998) navrhuje trojstupňový postup, kde miery účinnosti dané modelom DEA odhadnutým v prvej etape sú regresívne na súbore premenných reprezentujúcich faktory prostredia v druhej etape. Odhadované koeficienty sa potom použijú na vytvorenie indexu celkovej drsnosti prostredia, ktorý je zahrnutý v tretej fáze modelu lineárneho programovania.

Autor Tyteca (1996) sa podieľa na detailnej sumarizácii prehľadu literatúry o metódach určených na posúdenie environmentálnej výkonnosti firiem. Trojica autorov Färe, Grosskopf a Tyteca v roku 1996 aplikovali inputovo-orientovaný DEA model za predpokladu nepriaznivých výstupných premenných, ktoré charakterizujú znečistenie ovzdušia. Detailná analýza upozornila na ukazovatele environmentálnej výkonnosti uhol'ných elektrární, pričom celková efektívnosť bola rozložená na environmentálnu a inputovú. Hodnoty ukazovateľa, ktoré determinujú výsledok environmentálnej efektívnosti alebo neefektívnosti vyjadrujú pevné hodnoty menšie nadmieru rovné jednej.

2 CIEĽ PRÁCE

Dizertačná práca sa zameriava na známe modely a metódy environmentálnej ekonómie a možnosti ich využitia v rozhodovaní firiem na nedokonale konkurenčných trhoch s dôrazom na výkonnosť podnikových procesov vo forme zavádzania zelených inovácií za účelom zlepšovania životného prostredia.

Hlavným cieľom dizertačnej práce je **analyzovať a porovnať efektívnosť vybraných priemyselných podnikov pôsobiacich na Slovensku použitím neparametrických kvantitatívnych modelov environmentálnej ekonómie so zámerom na možnosti zavedenia takých premenných do modelov rozhodovania, ktoré zohľadňujú ochotu firiem správať sa v súlade s ochranou životného prostredia.** Aplikácia metód *hodnotenia efektívnosti v radiálnych modeloch* a testovanie *významnosti rozdielov vplyvu environmentálnych premenných na efektívnosť firiem* umožní obohatiť doterajší empirický výskum o získané výsledky práce a vytvorí priestor *navrhnuť odporúčania* pre rôzne sféry národného hospodárstva.

2.1 Čiastkové ciele

K naplneniu stanoveného hlavného cieľa dizertačnej práce je potrebné ho dekomponovať na **čiastkové ciele** v rámci teoretickej a praktickej časti práce.

- *Čiastkové ciele teoretickej časti práce:*

- Teoretické vymedzenie vzájomného vzťahu ekonómie a životného prostredia z domácich a zahraničných zdrojov s ohľadom na logické prepojenie súvislostí medzi nimi a vznikajúce vplyvy v rekurzívnom vzťahu.
- Identifikácia a vymedzenie najdôležitejších dôvodov potreby modelov a indexov vo vzťahu k environmentálnej ekonómii.
- Posúdenie významných poznatkov pre modelovanie ekonómie a životného prostredia s podrobným monitorovaním vlastností environmentálnych zásahov pri identifikácii súčasných modelov, metód a indexov.
- Vymedzenie pojmu efektívnosť z pohľadu ekonomickej teórie a vypracovanie prehľadu kvantitatívnych metód analýzy merania efektívnosti jednotiek.

- Identifikácia jedného z najpoužívanějších predstaviteľov neparametrických metód - analýzy dátových obalov (DEA) a vymedzenie jej koncepčného rámca, čo bude predstavovať hlavný predpoklad pre zrealizovanie výskumu.
- *Čiastkové ciele praktickej časti práce:*
- Prehĺbenie a analýza súčasného stavu životného prostredia z pohľadu emisií CO₂ a vybraného priemyselného odvetvia v prostredí EÚ a Slovenskej republiky,
 - Analýza a výber vhodných vstupných a výstupných dát do environmentálnych indexov a vyhodnotenie úrovne environmentálnej zodpovednosti zástupcov vybraného priemyslu,
 - Identifikácia a výber vstupných a výstupných premenných do modelu DEA na zhodnotenie environmentálnej efektívnosti pre jednotlivé podnikateľské subjekty,
 - Prieskum a posúdenie vzájomnej závislosti vstupných a výstupných premenných pomocou korelačnej matice,
 - Zhodnotenie miery efektívnosti vybraných podnikateľských subjektov pôsobiacich na Slovensku v priemyselnej výrobe s využitím metódy DEA,
 - Posúdenie a porovnanie použitých environmentálnych modelov DEA,
 - Návrh optimalizácie vstupných a výstupných premenných s odporúčaniami pre neefektívne priemyselné podniky v záujme udržateľnej budúcnosti a ochrany životného prostredia, tak aby dosahovali požadovanú efektívnosť,
 - Formulácia prínosov praktickej časti dizertačnej práce pre obohatenie doterajšieho empirického výskumu o získané výsledky práce a návrh odporúčaní pre rôzne sféry národného hospodárstva.

2.2 Hypotézy

Na základe hlavného cieľa dizertačnej práce a jej čiastkových cieľov nám vyplývajú nasledovné hypotézy, ktoré sú overované v kapitole 4 s názvom Výsledky práce.

Hypotéza 1:

- H0: Neexistuje štatisticky významná závislosť medzi veľkostnou štruktúrou podnikateľského subjektu a jeho environmentálnou efektívnosťou.
- H1: Existuje štatisticky významná závislosť medzi veľkostnou štruktúrou podnikateľského subjektu a jeho environmentálnou efektívnosťou.

Hypotéza 2:

- H0: Neexistuje štatisticky významná závislosť medzi odvetvím pôsobenia podnikateľského subjektu a jeho environmentálnou efektívnosťou.
- H1: Existuje štatisticky významná závislosť medzi odvetvím pôsobenia podnikateľského subjektu a jeho environmentálnou efektívnosťou.

Hypotéza 3:

- H0: Implementácia a využívanie environmentálnych modelov a metód v podnikateľských subjektoch nesúvisí s počtom predaných tovarov/služieb.
- H1: Implementácia a využívanie environmentálnych modelov a metód v podnikateľských subjektoch súvisí s počtom predaných tovarov/služieb.

Hypotéza 4:

- H0: Analýza a aplikácia environmentálnych modelov a metód v podnikateľských subjektoch nesúvisí so vstupnými a výstupnými premennými.
- H1: Analýza a aplikácia environmentálnych modelov a metód v podnikateľských subjektoch súvisí so vstupnými a výstupnými premennými.

Hypotéza 5:

- H0: Výsledky environmentálnej efektívnosti podnikateľských subjektov pomocou metódy DEA nesúvisia s celkovými tržbami spoločnosti.
- H1: Výsledky environmentálnej efektívnosti podnikateľských subjektov pomocou metódy DEA súvisia s celkovými tržbami spoločnosti.

3 METODIKA PRÁCE A METÓDY SKÚMANIA

Vychádzajúc zo stanoveného hlavného cieľa a čiastkových cieľov dizertačnej práce, popíšeme v tejto kapitole základnú metodiku a metódy skúmania, prostredníctvom ktorých sa budeme snažiť vyvodit' závery práce za účelom maximalizácie prínosov nielen z hľadiska ekonomickej teórie, ale aj hospodárskej praxe.

V tejto kapitole vymedzíme a charakterizujeme objekt skúmania a ďalej objasníme pracovný postup kreovania dizertačnej práce z chronologického hľadiska, uvedieme metódy výpočtu environmentálnej efektívnosti pre environmentálne premenné v radiálnych DEA modeloch a priblížime informačné zdroje a spôsoby získavania údajov.

V závere tejto kapitoly popíšeme súbor relevantných štatistických nástrojov pre zabezpečenie aplikácie DEA modelov pri analýze a vyhodnocovaní výsledkov.

3.1 Charakteristika objektu skúmania

V dizertačnej práci ako už názov napovedá sme sa rozhodli pre skúmanie environmentálnych modelov a metód v rozhodovaní podnikateľských subjektov pôsobiacich na území Slovenskej republiky, ktoré predstavujú hlavný objekt skúmania.

V našom prípade je veľmi dôležité precízne sa zamyslieť nad výberom správnej kategórie podniku. Osobitným problémom, ktorý bol identifikovaný v štúdiu s názvom *„Kroky smerom k trvalo udržateľnému rozvoju: Biela kniha pre výskum a vývoj energeticky účinných technológií*, je spôsob, ktorým majú byť malé podniky, vrátane poľnohospodárskych podnikov motivované, aby prijali environmentálne zodpovednejšie správanie. Ich prístup k informáciám o environmentálnych otázkach a príležitostiach môže byť oveľa obmedzenejší ako prístup väčších firiem. V prípade takýchto firiem sa úspory nákladov z environmentálnych investícií môžu líšiť od úspor väčších firiem.

Environmentálne zodpovedné správanie je pre podnikateľské subjekty veľkou výzvou. Na trhu sa im vytvárajú nové príležitosti získania si pozície environmentálne zodpovedných podnikov. Získanie tejto pozície je sprevádzané zavádzaním množstva environmentálnych opatrení. Rôzne systémy certifikácie a označovania dávajú podnikom možnosť upriamania pozornosti spotrebiteľov na osvedčené postupy a poukazujú na možnosti odlišenia sa od konkurencie. Takéto podniky pomáhajú aj pri riešení environmentálnych problémov, akými sú napríklad znečistenie, fragmentácia ekosystémov, degradácia lesov, ale aj vystavovanie ľudí účinkom chemických látok v spotrebiteľských výrobkoch.

Predmetom nášho skúmania v dizertačnej práci bude 22 vybraných podnikateľských subjektov pôsobiach na Slovensku v rámci sekcie priemyselnej výroby podľa SK NACE v zmysle Vyhlášky 306/2007 Z. z..⁶⁵ Kvôli presnejšiemu monitorovaniu a hodnoteniu firiem a ich výrobných procesov vznikla potreba prispôbiť tradičné metódy analýzy produktivity a efektívnosti tak, aby bolo možné integrovať environmentálnu podstatu do štandardných mier technickej a ekonomickej efektívnosti. Vo vybraných podnikateľských subjektoch preto budeme skúmať environmentálne premenné usporiadané do viacerých kategórií.

Na základe stanoveného cieľa práce v zmysle analýzy modelov a metód environmentálnej ekonómie a ich následnej aplikácie v rozhodovaní firiem na nedokonale konkurenčných trhoch sme sa zamerali na vybrané priemyselné podniky s:

- **vysokou mierou environmentálneho vplyvu**, ktoré produkujú veľké množstvo odpadu alebo emisií, pretože sú vhodné pre environmentálnu metódu DEA. Takéto podniky by mali byť schopné optimalizovať svoje výstupy a minimalizovať svoje emisie a odpady, aby zlepšili svoju environmentálnu efektívnosť.
- **vysokou energetickou spotrebou**, ktoré spotrebúvajú veľké množstvo energie, sú vhodné pre použitie environmentálnej metódy DEA. Tieto podniky by mali byť schopné optimalizovať svoju spotrebu energie a minimalizovať svoj environmentálny vplyv.

Priemyselné podniky sú jedným z najvhodnejších typov podnikov pre použitie environmentálnych indexov, environmentálnej metódy DEA či analýzy uhlíkovej stopy. Tieto podniky majú obvykle vysoký environmentálny vplyv, keďže ich produkcia môže byť spojená s emisiami, odpadmi a spotrebou zdrojov.

Je nemenej významné spomenúť, že priemyselná výroba môže byť rozdelená na rôzne odvetvia. Podľa Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky rozdeľujeme priemyselnú výrobu do 5 odvetví⁶⁶:

- [1] Strojársky priemysel
- [2] Výroba elektronických a výrobkov a elektrických zariadení
- [3] Chemické výrobky a výroba ostatných minerálnych produktov
- [4] Výroba kovov a kovových konštrukcií
- [5] Výroba nábytku a iná výroba

⁶⁵ SK NACE Rev. 2 – Vyhláška č. 306/2007 Z.z. ŠÚ SR, ktorou sa vydáva Štatistická klasifikácia ekonomických činností. URL: <<https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2007/306/20080101>>

⁶⁶ Ministerstvo hospodárstva slovenskej republiky. URL: <<https://www.mhsr.sk/priemysel/odvetvia>>

Podľa štatistickej klasifikácie ekonomických činností SK NACE Rev. 2 (*Príloha k vyhláške č. 306/2007 Z. z.*)⁶⁷ zaradujeme priemyselnú výrobu do sekcie C zahŕňajúcu procesy, ktoré transformujú fyzické a chemické vlastnosti materiálov, látok a komponentov s cieľom vytvoriť nové výrobky. Priemyselná výroba je tu rozdelená do 24 divízií⁶⁸ od 10 do 33, z ktorých budeme využívať NACE kategorizáciu s kódmi:

- **10 Výroba potravín**
 - 10.81.0 Považský cukor a.s.
- **17 Výroba papiera a papierových výrobkov**
 - 17.11.0 Bukocel, a.s.
- **23 Výroba ostatných nekovových minerálnych výrobkov**
 - 23.13.0 VETROPACK NEMŠOVÁ s.r.o.
 - 23.14.0 Johns Manville Slovakia, a.s.
 - 23.20.0 SLOVMAG, a.s. Lubeník; ŽIAROMAT a.s.
 - 23.32.0 LEIER Baustoffe SK s.r.o.; Pezinské tehelne - Paneláreň, a.s.; IPELSKÉ TEHELNE a.s.
 - 23.51.0 Danucem Slovensko a.s.; Považská cementáreň, a.s.
 - 23.52.0 DOLVAP s.r.o.; Carmeuse Slovakia, s.r.o.; Calmit, spol. s.r.o.
 - 23.99.0 Knauf Insulation, s.r.o.
- **24 Výroba a spracovanie kovov**
 - 24.10.0 U. S. Steel Košice, s.r.o.; OFZ, a.s.
 - 24.20.0 Železiarne Podbrezová a.s. skrátené ŽP a.s.
 - 24.42.0 Slovalco, a.s.
 - 24.44.0 KOVOHUTY, a.s.
- **29 Výroba motorových vozidiel návesov a prívesov**
 - 29.10.0 VOLKSWAGEN SLOVAKIA, a.s.; Jaguar Land Rover Slovakia, s.r.o.

Napriek tomu, že v súčasnosti stále pretrváva dogma z minulosti, že sme priemyselnou montážnou linkou Európy, naša ekonomika sa mení relatívne rýchlo smerom k štruktúram z vyspelých krajín sveta. V súčasnosti je tiež v podmienkach SR upriamovaná pozornosť predovšetkým na stredné školstvo, ale z vývojových tendencií je zrejmé, že určujúcim faktorom nášho napredovania v budúcnosti bude kvalita vysokého školstva.

⁶⁷ Štatistická klasifikácia EČ. URL: <<https://www.epi.sk/disk/zz/file/2007/2007c138z0306p01.pdf>>

⁶⁸ SK NACE. Priemyselná výroba. URL: <<http://www.nace.sk/nace/c-sekcia-c-priemyselna-vyroba/>>

Je dôležité poznamenať, že analýza modelov a metód environmentálnej ekonómie a ich následná aplikácia bude vykonaná v rozhodovaní firiem na nedokonale konkurenčných trhoch. Nedokonalá konkurencia sa môže vyskytovať v rôznych odvetviach a rôznych formách. Priemyslové odvetvia, ako automobilový priemysel (napr. *Volkswagen Slovakia, a.s.*), energetika (napr. *Slovenské elektrárne, a.s.*), telekomunikácie (napr. *Orange Slovensko, a.s.*), finančný sektor (napr. *Slovenská sporiteľňa, a.s.*) a podobne, sú často náchylné na nedokonalú konkurenciu. Tieto spoločnosti nie sú jediné na trhu vo svojom odvetví, ale majú značný podiel na trhu a ich konkurencia je obmedzená, čo môže mať vplyv na ceny, ponuku a kvalitu služieb pre zákazníkov.

Každé odvetvie má svoje špecifické environmentálne problémy, ktoré môžu byť riešené použitím environmentálnej metódy DEA. Pre priemyselné podniky môže byť kritické zlepšenie environmentálneho vplyvu z hľadiska ekologických a legislatívnych obmedzení. Použitie environmentálnej metódy DEA môže pomôcť podnikom zlepšiť ich environmentálne zlepšenie procesov výroby, zefektívnenie spotreby zdrojov a minimalizáciu odpadových a emisných parametrov.

Výhodou použitia environmentálnej metódy DEA v priemyselných podnikoch je, že táto metóda je schopná zohľadniť viacero výstupov a vstupov, čo umožňuje lepšiu analýzu environmentálnej efektívnosti podnikov. Metóda DEA je tiež vhodná pre podniky, ktoré sú v konkurenčnom prostredí, pretože umožňuje porovnávanie výkonnosti s ostatnými podnikmi v tom istom odvetví.

3.2 Pracovné postupy

Za účelom získania dostatočného množstva relevantných informácií potrebných pre riešenie stanoveného problému a hypotéz dizertačnej práce predchádza štúdium o súčasnom stave riešenej problematiky environmentálnej ekonómie zo zahraničných a tuzemských literárnych zdrojov, časopiseckých publikácií z ekonomickej knižnice a sekundárnych internetových zdrojov. Získané vedomosti o problematike sú podkladom k vypracovaniu teoretickej časti práce, ktorá sa bližšie zaoberá teoretickým vymedzením vzájomného vzťahu ekonómie a životného prostredia s ohľadom na logické prepojenie súvislostí medzi nimi, identifikovaním dôvodov potreby modelov a indexov vo vzťahu k environmentálnej ekonomii. Následne cez chronologický prechod od vysvetlenia pojmu efektívnosť z pohľadu ekonomickej teórie, vypracovania prehľadu často používaných kvantitatívnych metód

analýzy efektívnosti a predstavenia neparametrickej metódy DEA s jej koncepčným vymedzením, modelovým vyjadrením a environmentálnymi premennými.

Nevyhnutným krokom k naplneniu cieľa v praktickej časti je formulácia súvisiacich hypotéz pre ich následné preukázanie platnosti alebo neplatnosti. Ďalšiu časť sprevádza vymedzenie a charakteristika vhodných podnikateľských subjektov pre ktorých je otázka ochrany životného prostredia veľkou výzvou. Na trhu sa im vytvárajú nové príležitosti získania si pozície environmentálne zodpovedných podnikov a získanie tejto pozície je sprevádzané zavádzaním množstva environmentálnych opatrení, ktoré zmierňujú negatívne vplyvy na životné prostredie a zároveň znižujú výrobné náklady.

Výpočtu environmentálnej efektívnosti vybraných podnikateľských subjektov bude predchádzať preskúmanie súčasného stavu environmentálnej koncepcie v objektoch skúmania a ďalej získanie vstupných a výstupných údajov do matematického modelu pre analyzovanie úrovne environmentálnej efektívnosti vybraných podnikateľských subjektov. Výber premenných je zvyčajne najdôležitejším, no zároveň aj najťažším aspektom analýzy DEA. V prípade potreby prejde získaná databáza údajov nutnou úpravou resp. odstránením nežiaducich faktorov, ktoré by nám výsledky mohli skresľovať. Za účelom vyhodnotenia mier efektívnosti pre vybrané podnikateľské subjekty je potrebný ich výpočet podľa stanovených kvantitatívnych metód pre environmentálne premenné v radiálnych DEA modeloch s využitím programu DEA-Solver-Pro, *Version 7.0*, softvérov EMS verzia *1.3.0 (Efficiency Measurement System)*, DEAP verzia *2.1 (Data Envelopment Analysis Program)* a LIMDEP verzia *7.0 (ekonometrický a štatistický softvérový balík)*. Pomocou programu na analýzu štatistických údajov Statistica verzia *10.0* porovnáme vypočítané miery efektívnosti podnikateľských subjektov podľa vymedzených kategórií a environmentálnych premenných. Ďalšou fázou analýzy bude zisťovanie existencie štatisticky preukázateľných rozdielov v priemerných mierach technickej efektívnosti medzi environmentálnymi premennými, na ktoré využijeme program Statistica verzia *10.0* a štatistický softvér SAS verzia *9.3 (Statistical Analysis System)*.

Na záver si prejdeme návrhom modelových riešení rozhodovania subjektov pre zlepšenie opatrení v záujme udržateľnej budúcnosti a ochrany životného prostredia s následnou prezentáciou použitých modelov a metód ako účinnejších aparátov zvyšovania efektívnosti riadiacich činností skúmaných podnikateľských subjektov. Poslednou časťou by sme vyhodnotili výsledky skúmania práce a naformulovali prínosy praktickej časti dizertačnej práce pre obohatenie doterajšieho empirického výskumu o získané výsledky práce a návrh odporúčaní pre rôzne sféry národného hospodárstva.

3.3 Spôsob získavania údajov a ich zdroje

Východiskom pre vypracovanie teoretickej časti práce budú predovšetkým zahraničné a domáce knižné časopisecké publikácie v materiálnej a elektronickej podobe. Vyhľadávanie literatúry bude prebiehať predovšetkým v online databázach z odborných časopiseckých článkov, internetových publikácií venovaných danej problematike a štúdií renomovaných medzinárodných inštitúcií. Primárne a sekundárne zdroje spoľahlivých údajov ponúkajú správy IPCC, WMO, databázy EXIOBASE, databázy CIESIN o indexoch trvalo udržateľného rozvoja, databázy UNDP a správ Svetového Ekonomického Fóra.

Informačným zdrojom pre praktickú časť budú údaje zisťované z viacerých verejne dostupných databáz, ako Národný register uvoľňovania znečisťujúcich látok a prenosov mimo lokality prevádzkarne („NRZ“) pod záštitou Ministerstva životného prostredia SR, ktorý predstavuje databázu založenú na povinnom periodickom oznamovaní údajov od prevádzkovateľov, ktorých činnosti spadajú medzi činnosti uvedené v prílohe č. 1 nariadenia o E-PRTR. Čo sa týka ďalšej skupiny vstupných premenných, ich hodnoty sa získajú prostredníctvom platformy FinStat, ktorá agreguje registračné a finančné dáta o slovenských firmách z desiatok verejných zdrojov a následne tieto dáta triedi, spracováva, vyhodnocuje, analyzuje a vizualizuje. V prípade výstupnej premennej bude opäť zvolená platforma FinStat, ale v niektorých prípadoch spoločností musia byť použité aj výročné správy a účtovné závierky pre overenie správnosti údajov.

3.4 Použité metódy vyhodnotenia a interpretácia výsledkov

Obsahové vymedzenie dizertačnej práce si v záujme dosiahnutia vytýčeného cieľa vyžaduje použitie viacerých vedeckých metód skúmania. Pri spracúvaní problematiky modelov environmentálnej ekonómie sme používali nasledovné metódy skúmania:

- metóda **komparácie** - použitá v teoretickej časti pri porovnávaní rôznych definícií, teoretických prístupov rôznych autorov a v aplikačnej časti pri porovnávaní environmentálnych indexov a environmentálnych modelov DEA;
- metóda **dedukcie** - pomocou ktorej sme sa dostali od všeobecných tvrdení ku konkrétnym faktom v praktickej a teoretickej časti;
- metóda **analýzy** - aplikovaná v teoretickej aj praktickej časti práce. V teoretickej časti pri analýze súčasného stavu problematiky environmentálnej ekonómie a v praktickej časti pri analýze súčasných modelov environmentálnej ekonómie;

- metóda **syntézy** - v teoretickej časti pri vyhodnocovaní teoretických poznatkov, ktoré sa zlúčia a následne umožnia vytvorenie teoretickej jednotnej bázy. V praktickej časti pri formulovaní záverov vyplývajúcich z čiastkových riešení problémov výskumu do uceleného celku.

Okrem uvedených tradičných metód budeme využívať aj analytické metódy:

- **matematicko-štatistické** - využívané v praktickej časti dizertačnej práce pri spracúvaní vstupných a výstupných premenných do modelov DEA a následne pri skúmaní miery efektívnosti medzi priemyselnými podnikmi. Zo štatistických metód boli použité metódy popisnej deskriptívnej a analytickej štatistiky, korelačná matica pri vstupných a výstupných environmentálnych premenných;
- **modelovanie** - použité pri aplikácii metód hodnotenia efektívnosti v radiálnych a neradiálnych DEA modeloch pri environmentálnych premenných.

Modely DEA môžeme rozdeliť do dvoch kategórií - **radiálnych** a **neradiálnych**.

Radiálne modely sa zameriavajú buď na vstupy alebo na výstupy a slúžia na určenie úrovne efektívnosti. Pri modeloch orientovaných na vstupy sa snažia minimalizovať ukazovatele na strane vstupov, zatiaľ čo pri modeloch orientovaných na výstupy sa snažia zvýšiť ukazovatele na strane výstupov, aby dosiahli efektívnosť subjektu. Medzi radiálne modely patria napríklad *CCR* a *BCC* modely. **Radiálne premenné** predstavujú premenné, ktoré sa používajú na opis systémov, ktoré majú sférickú symetriu. Radiálna premenná sa používa na popis vzdialenosti od nejakej centrálnej pozície alebo bodu. Pri riešení problémov so sférickou symetriou je radiálna premenná zvyčajne vo forme vzdialenosti od stredového bodu. Tieto premenné majú tendenciu redukovať pôvodný systém na jednoduchšiu formu a umožňujú analytické riešenie rovníc v týchto problémoch.

Na druhej strane, **neradiálne modely** nie sú orientované ani na vstupy, ani na výstupy. Jedným z príkladov neradiálnych modelov sú aditívne modely, ktoré sú tiež nazývané *SBM* (slack based measure) modely. **Aditívne modely** ako štatistické modely používané na predikciu alebo vysvetľovanie závislej premennej na základe príspevku viacerých nezávislých premenných. V týchto modeloch sa predpokladá, že vplyv jednotlivých premenných na závislú premennú je aditívny, čo znamená, že ich vplyvy sa sčítavajú. V aditívnom modeli je závislá premenná vyjadrená ako súčet príspevkov nezávislých premenných, ktoré môžu byť lineárne aj nelineárne. Každá nezávislá premenná prispieva ku konečnému výsledku závislej premennej svojím vlastným spôsobom a ich

efekty sú sčítané. Aditívne modely majú niekoľko výhod, pričom jednou z nich je interpretovateľnosť, pretože príspevky jednotlivých premenných môžu byť ľahko analyzované a vysvetlené. Taktiež sú flexibilné, pretože môžu zahrnúť nelineárne vzťahy medzi premennými pomocou nelineárnych funkcií. Avšak aditívne modely majú aj obmedzenia, kde napríklad nemusia zachytávať interakcie medzi premennými, pretože ich príspevky sa sčítajú nezávisle. V prípade komplexnejších vzťahov a interakcií medzi premennými môže byť potrebné použiť iné typy modelov, ako napríklad *multiplikatívne modely*.

3.4.1. Matematické vyjadrenie DEA modelu – CCR model

Matematicky je myšlienka metódy DEA vyjadrená tak, že pre každú DMU sa pomocou techník lineárneho programovania hľadá taká kombinácia váh, aby bola dosiahnutá maximalizácia relativity váženého súčtu vstupov a výstupov.

Prvý model DEA (CCR) má formu (vzorec 1) organizovaného procesu výberu najlepšieho variantu, čo znázorňuje mieru účinnosti q jednotky, stanovenú na maximálnu hodnotu účelnej funkcie v pomere ku sume vážených vstupov a výstupov klasifikovanej jednotky. Na to, aby bola splnená podmienka hodnoty nižšej ako 1 po dosadení vyrátaných váh, je potrebné využiť program na hľadanie hodnôt váh, ktoré sú označené ako v_j a u_i osobitných druhov vstupov a výstupov. Nie je jednoznačné ani stanovenie veľkosti váh v modeli, nakoľko zastúpením veličín vstupu a výstupu musia byť nenulové hodnoty.

$$z = \frac{\sum_{i=1}^r u_i y_{iq}}{\sum_{j=1}^m v_j x_{jq}} \rightarrow \max \quad (1)$$

za podmienky

$$\frac{\sum_{i=1}^r u_i y_{ik}}{\sum_{j=1}^m v_j x_{jk}} \leq 1; \quad k = 1, \dots, n$$

$$u_i, v_j > 0; \quad i = 1, \dots, r; \quad j = 1, \dots, m.$$

kde modelové veličiny predstavujú nasledovné zastúpenie:

z miera účinnosti q jednotky ($q = 1, \dots, n$)

n počet sledovaných firiem
 y_{ik} i výstup k jednotky ($i = 1, \dots, r$)
 r počet druhov výstupu
 u_i váha i výstupu
 x_{jk} j vstup k jednotky ($j = 1, \dots, m$)
 m počet druhov vstupov
 v_j váha j vstupu

Aby bolo možné úlohu vyriešiť, je nevyhnutná linearizácia modelu. Suma vážených vstupov rovnajúca sa jednej v účelnej funkcii predstavuje základ pre vstupne orientovaný program, ktorý maximalizuje agregovaný výstup. Na druhej strane normalizovaná suma vážených výstupov charakterizuje výstupne orientovaný model. V rámci spomínaných prípadov môžeme zhodnotiť platnosť podmienky vyjadrujúcej sumu vážených výstupov, ktorá nemôže prevyšovať sumu vážených vstupov. Nižšie uvádzame aj matematické vyjadrenie oboch prípadov v rovniciach:

Maximalizovať:

$$z = \sum_{i=1}^r u_i y_{iq} \rightarrow \max \quad (2)$$

za podmienky

$$\sum_{i=1}^r u_i y_{ik} \leq \sum_{j=1}^m v_j x_{jk}; \quad k = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^m v_j x_{jq} = 1$$

$$u_i, v_j > 0; \quad i = 1, \dots, r; \quad j = 1, \dots, m.$$

Minimalizácia vstupu

$$g = \sum_{j=1}^m v_j x_{jq} \rightarrow \min \quad (3)$$

za podmienky

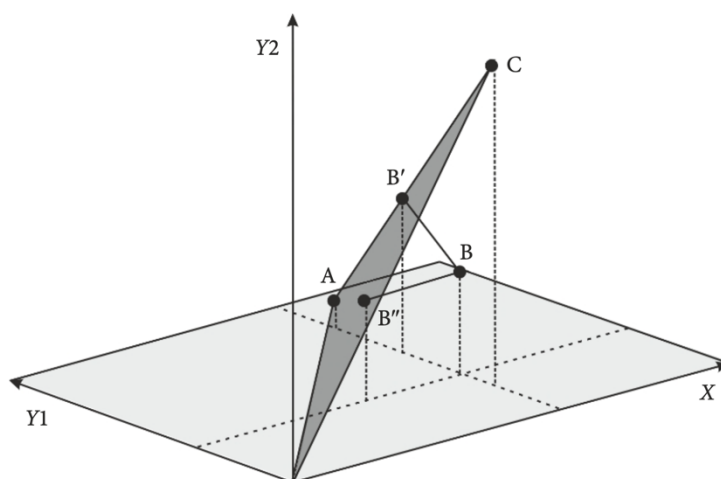
$$\sum_{i=1}^r u_i y_{ik} \leq \sum_{j=1}^m v_j x_{jk}; \quad k = 1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^r u_i x_{iq} = 1$$

$$u_i, v_j > 0; \quad i = 1, \dots, r; \quad j = 1, \dots, m.$$

Myšlienku DEA v jednoduchých prípadoch obmedzeného počtu vstupov a výstupov je možné prezentovať a riešiť graficky. Plne efektívne jednotky vytvárajú hranicu účinnosti a možnosť zlepšenia efektívnosti neefektívnych jednotiek je určená odkazovaním ich výsledkov na efektívnu hranicu. Prípád zahŕňajúci jeden vstup a dva výstupy je znázornený na grafe 6. Jednotky A, B a C majú rovnakú vstupnú hodnotu, ale rôzne výstupné hodnoty. Jednotky A a C vytvárajú hranicu, ktorá obmedzuje produkčnú schopnosť regiónu. Neefektívna jednotka B môže byť vyhodnotená odkazom na body na hraničnom povrchu – napr. B' alebo B". Posun do B' možno dosiahnuť proporcionálnym zvýšením oboch výstupov a zachovaním „*status quo*“ pre vstup, zatiaľ čo pohyb do B" – znížením vstupu a udrжанím konštantných výstupov.

Graf 6 Hranica výroby - prípad dvoch výstupov a jedného vstupu



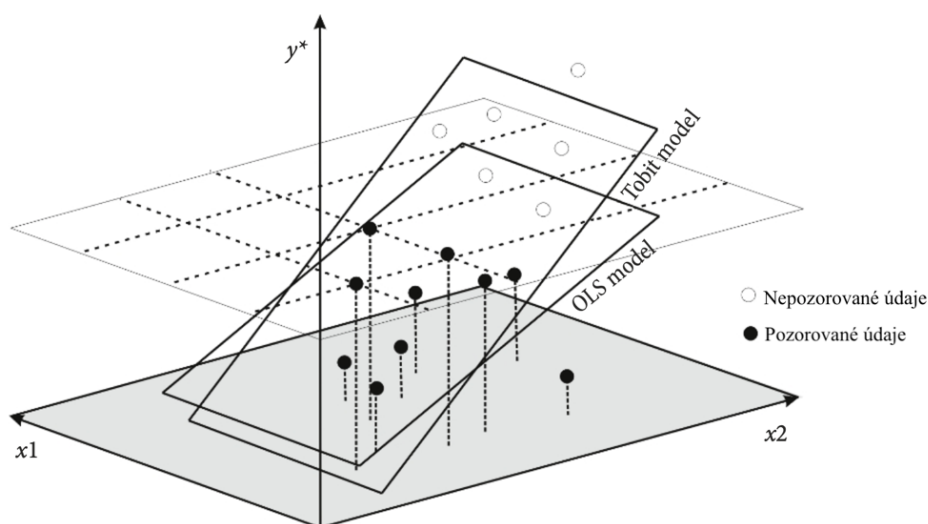
Zdroj: Vlastné spracovanie podľa ADHIKARI, B. C. (2018). *Technical Efficiency and its Determinants using SDF, DEA & Tobit Model*. LAP LAMBERT Academic Publishing. ISBN 978-6138387503.

Existuje množstvo možných spôsobov, ako upraviť model DEA tak, aby vyhovoval nekontrolovateľným faktorom. Jedným z najpopulárnejších je dvojstupňový prístup zahŕňajúci vyriešenie modelu DEA v prvom kroku a potom opravu výsledkov pomocou

koeficientov regresného modelu. Spomedzi regresných modelov možno odporučiť Tobit model (Tobin, 1958), ktorý pracuje s ohraničenou závislou premennou. Myšlienka Tobit regresie je znázornená na grafe 7. Štandardný model pre latentnú, nepozorovanú premennú – y_i^* , ktorá lineárne závisí od vektora x_i a pozorovanú nezápornú premennú y_i , možno vyjadriť ako:

$$y_i = \begin{cases} y_i^* & \text{ak } y_i^* > 0 \\ 0 & \text{ak } y_i^* \leq 0 \end{cases} \quad (4)$$

Graf 7 Tobit model (odhad podľa maximálnej vierohodnosti)



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa ADHIKARI, B. C. (2018). *Technical Efficiency and its Determinants Using SDF, DEA & Tobit Model*. LAP LAMBERT Academic Publishing. ISBN 978-6138387503.

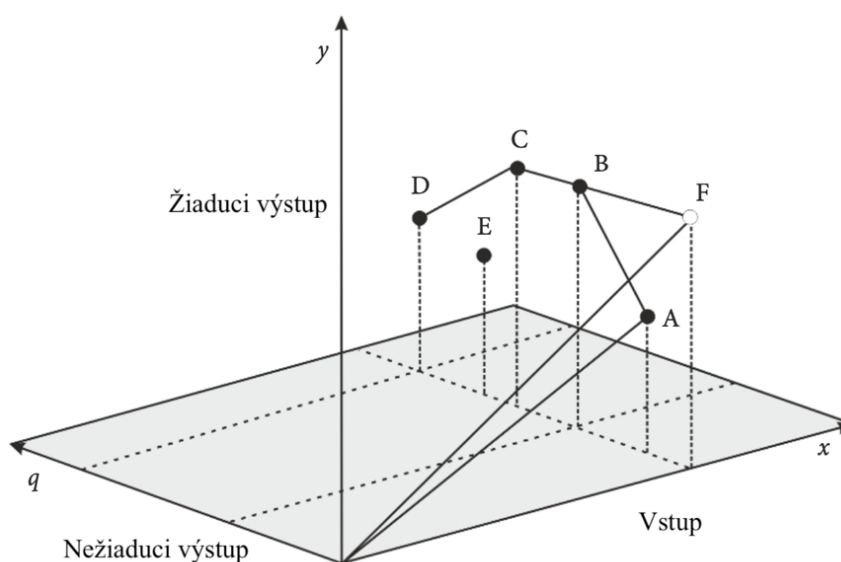
Technologicky sú všetky výstupy rozdelené na žiaduce a nežiaduce (Färe et al., 1989). Boli prijaté tieto dva predpoklady: výstupy sú slabo disponibilné a žiaduce výstupy a nežiaduce výstupy sú nulové. To znamená, že je možné len proporcionálne zníženie požadovaných a nežiaducich výstupov. Nie je možné znížiť výlučne nežiaduce výstupy. Okrem toho, nežiaduce výstupy tvoria integrované prvky výrobného procesu a musia byť produkované pri produkcii požadovaných výstupov. Jediným spôsobom, ako odstrániť všetky nežiaduce výstupy, je ukončiť výrobný proces (Meng a kol., 2013).

Graf 8 znázorňuje jednoduchý prípad s jedným žiaducim výstupom, jedným nežiaducim výstupom a jedným vstupom. DMU A a E používajú rovnakú hodnotu vstupu na výrobu rovnakého množstva požadovaného výstupu, ale majú odlišnú nežiaducu

výstupnú hodnotu, ktorá je výsledkom ich technológií. DMU A použil menej znečisťujúcu technológiu na vysokej úrovni pre životné prostredie.

Graf 8 tiež ilustruje rozdiel medzi silnou a slabou disponibilitou v prípade niekoľkých DMU: Všetky DMU používajú rovnaký vstup na vytváranie požadovaných a nežiaducich výstupov. Za predpokladu silnej disponibility nežiaducich výstupov je referenčným výstupným súborom oblasť ohraničená FBCD. Slabá dispozícia nežiaducich výstupov mení výstupy nastavené na ABCD. Existuje tiež možnosť rozlíšiť rôzne úrovne disponibility medzi nežiaducimi výstupmi (Yang & Pollitt, 2010).

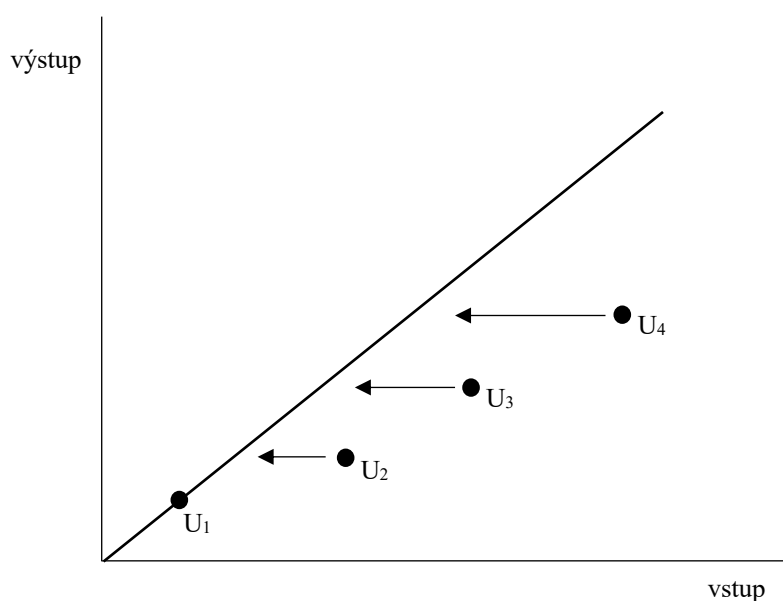
Graf 8 Produkčná množina s jedným vstupom, žiaducim a nežiaducim výstupom



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa ADHIKARI, B. C. (2018). *Technical Efficiency and its Determinants Using SDF, DEA & Tobit Model*. LAP LAMBERT Academic Publishing. ISBN 978-6138387503.

V ďalšej časti si ukážeme projekcie DMU jednotiek na hraniciach efektívnosti v CCR modeli. Efektívne a neefektívne hranice sú znázornené na grafe č. 9 a 10. Ako je možné vyčítať z grafu, U1 je na efektívnej hranici a nazýva sa DEA-efektívna alebo technicky (optimisticky) efektívna DMU. Okrem toho, tri ďalšie jednotky U2, U3 a U4 sú na hranici neefektívnej a nazývajú sa DEA-neefektívne alebo technicky (pesimisticky) neefektívne DMU.

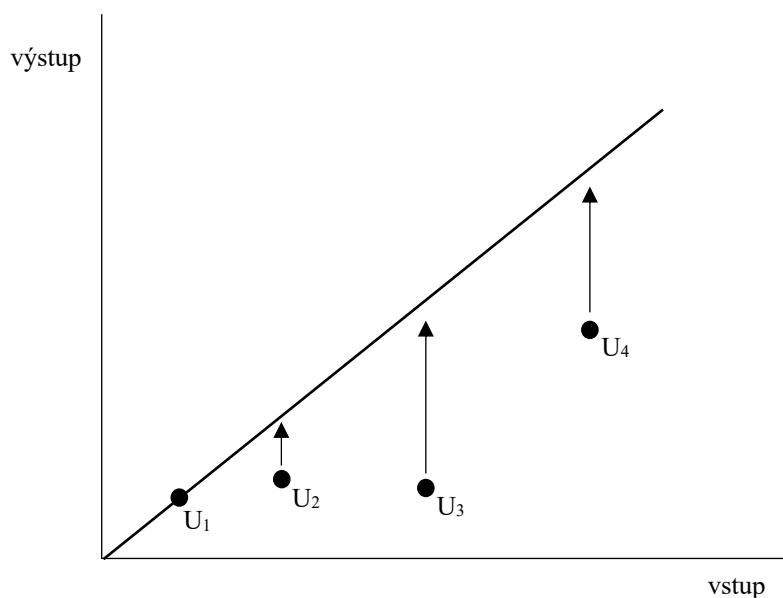
Graf 9 Vstupne orientovaný CCR model - projekcia DMU jednotiek



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa BELÁS, J. a kol. (2015). *Management finančnej výkonnosti, obchodov a rizík v komerčnej banke*. Žilina : GEORG , 2015. - 271 s. 1. vyd. ISBN 978-80-8154-140-7.

Je dôležité spomenúť, že zároveň graf 9 poukazuje na vstupne orientovaný CCR model a graf 10 na výstupne orientovaný CCR model a projektujú hranicu efektívnosti, z toho technicky efektívne a neefektívne jednotky.

Graf 10 Výstupne orientovaný CCR model - projekcia DMU jednotiek



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa BELÁS, J. a kol. (2015). *Management finančnej výkonnosti, obchodov a rizík v komerčnej banke*. Žilina : GEORG , 2015. - 271 s. 1. vyd. ISBN 978-80-8154-140-7.

3.4.2. Matematické vyjadrenie DEA modelu – BCC model

Druhým modelom DEA metódy je model nazývaný BCC, ktorý vychádza z matematického programovania, rovnako ako CCR model. Pretože nie všetky subjekty (DMU) pracujú na svojej maximálnej kapacite, nemôžeme prijať predpoklad konštantných výnosov z rozsahu (CRS). Spoločnosti napríklad nemôžu fungovať na svojej optimálnej veľkosti z dôvodu faktorov ako nedokonalá konkurencia, finančné obmedzenia, regulačné opatrenia a podobne. V roku 1984 však Banker, Charnes a Cooper vyvinuli BCC model ako rozšírenie CCR modelu, ktorý zohľadňuje variabilné výnosy z rozsahu a obsahuje aj podmienku konvexnosti. Formálne môžeme vyjadriť vstupne orientovaný primárny BCC model pre DMU nasledovne:

Maximalizovať:

$$z = \sum_i^r u_i y_{iq} + \mu \quad (5)$$

za podmienky

$$\sum_i^r u_i y_{ik} + \mu \leq \sum_j^m v_j x_{jk}; \quad k = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_j^m v_j x_{jq} = 1$$

$$u_i \geq \varepsilon, i = 1, 2, \dots, r$$

$$v_j \geq \varepsilon, j = 1, 2, \dots, m$$

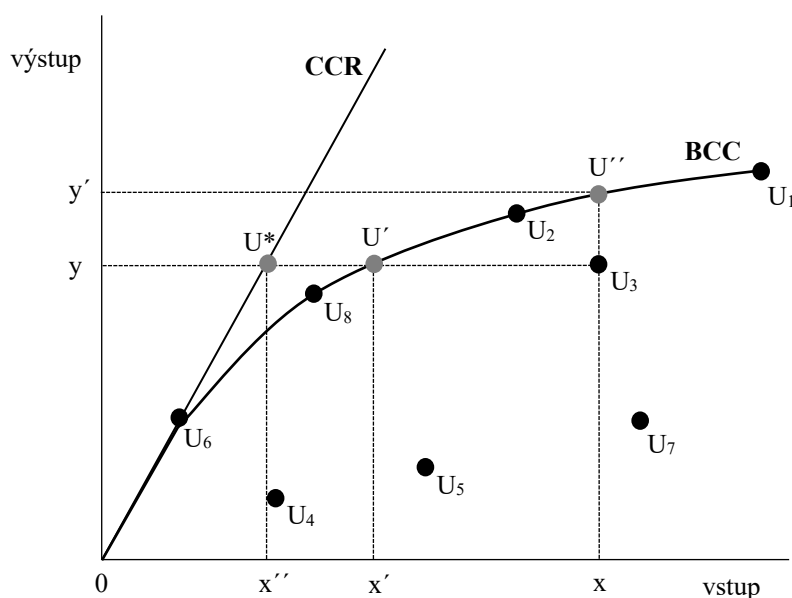
$$\mu - \text{ľubovoľné}$$

DEA modely z kategórie radiálnych BCC a CCR sa v primárnom modeli odlišujú iba vo variantoch hodnôt pre premennú μ . V CCR modeli je táto premenná nastavená na nulu, zatiaľ čo v BCC modeli môže nadobúdať akékoľvek hodnoty.

Nasledovný odsek zosumarizuje a opíše základné rozdiely medzi modelmi. CCR model predpokladá produkčné možnosti s konštantnými výnosmi z rozsahu, ktoré spĺňajú nezápornosť a vykazujú technickú efektívnosť vo forme miery θ . Táto miera vyjadruje radiálnu redukciu alebo expanziu vstupov a výstupov vzhľadom k referenčnej množine a nazýva sa **celková technická efektívnosť**. BCC model poskytuje mieru výkonnosti „čistá technická produktivita“ za predpokladu variabilných výnosov z rozsahu. Ak podnik operuje v optimálnom veľkostnom rozsahu, je plne efektívny nielen pri konštantných výnosoch z

rozsahu, ale aj pri variabilných výnosoch z rozsahu. Ak je podnik efektívny iba pri variabilných výnosoch z rozsahu a nie pri konštantných, dosahuje iba lokálnu výkonnosť (čistú technickú produktivitu), ale nie celkovú, najmä kvôli veľkosti spoločnosti. Celková výkonnosť meraná pomocou CCR modelu zahŕňa čistú technickú produktivitu meranú pomocou BCC modelu a výkonnosť z rozsahu. V podstate je možné získať hodnoty výkonnosti z rozsahu delením hodnôt zmeraných pomocou CCR modelu hodnotami zmeranými pomocou BCC modelu. Rozdiel medzi číslom 1 a zmeranou výkonnosťou z rozsahu predstavuje tzv. *nevýkonnosť z rozsahu*.

Graf 11 Produkčný set - porovnanie modelov CCR a BCC



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa BELÁS, J. a kol. (2015). *Management finančnej výkonnosti, obchodov a rizík v komerčnej banke*. Žilina : GEORG , 2015. - 271 s. 1. vyd. ISBN 978-80-8154-140-7.

Graf 11 zobrazuje produkčné možnosti CCR a BCC modelov. CCR model predpokladá konzistentnú mieru návratnosti škály, zatiaľ čo BCC model toto predpokladanie nerobí. Produkčné možnosti zahŕňajú súbor existujúcich uzlov tvoriacich konvexný pahorok a vstupné uzly, ktoré sú väčšie, a výstupné uzly, ktoré sú menšie ako uzly v tomto súbore. V tejto práci v aplikačnej časti využijeme analýzu pomocou modelu CCR aj BCC. V celku môžeme graf interpretovať jednoznačným spôsobom, že konvexná krivka BCC modelu pozostávajúca z pretínajúcich sa rovín ďaleko lepšie obaľuje pozorované dáta ako kónická krivka DEA modelu CCR. Z grafu je zrejmé, že jednotka B môže stáť pri modeli BBC efektívne s redukciou vstupu x než je potrebné pri modeli CCR.

3.4.3. Matematické vyjadrenie DEA modelu – SBM model

V predchádzajúcich dvoch častiach sme si predstavili zástupcov radiálnych modelov DEA a teraz si priblížime jeden z príkladov neradiálnych modelov a to aditívny model nazývaný SBM (*slack based measure*), ktorý používajú alternatívne metódy na výpočet miery efektívnosti. Tieto modely určujú efektívnosť na základe neradiálneho súčtu odchýlok od efektívnej hranice alebo iných mier.

V tejto časti poskytneme prehľad metódy S-SBM a SBM, ktoré predstavil Tone (2001) na hodnotenie a triedenie efektívnych jednotiek. Tieto modely SBM zahodili predpoklad proporcionálnych zmien vstupov a výstupov a priamo sa zaoberajú slackami (odchýlkovými, doplnkovými premennými). Existujú tri varianty SBM modelov: *modely orientované na vstup, výstup a neorientované*. SBM modely sú navrhnuté tak, aby spĺňali nasledujúce dve podmienky:

- (1) *Invariancia jednotiek*: Miera by mala byť invariantná voči jednotkám dát.
- (2) *Monotónnosť*: Monotónne klesajúca miera v každom slacku vstupu a výstupu.

Radiálne modely navrhnuté Charnesom majú veľa výhod pri analýze DMU, majú dve hlavné nevýhody. Po prvé, niektoré DMU môžu byť považované za tzv. slabo efektívne, čo je spôsobené faktom, že radiálna úprava vstupov či výstupov nemusí postačovať na to, aby sa DMU dostala na hranicu efektívnosti. Dodatočné individuálne úpravy sú zachytené slackmi. Po druhé, mnoho DMU môže byť považovaných za efektívne. Klasické DEA modely nedokážu rozlišovať efektívne jednotky. Riešením druhého problému je použitie super-efektívneho modelu, avšak tento model má stále prvý problém. Na vyriešenie prvého problému bol predstavený model založený na pomocných premenných a Tone predstavil S-SBM na riešenie druhého problému, ktorý je prezentovaný ako super-efektívny model. V týchto modeloch je DMU, ktorá je podhodnotená, odstránená z produkčnej množiny (PPS – *production possibility set*), a úroveň efektívnosti DMU sa vypočíta v novej PPS.

Charakteristikou modelu SBM je, že jeho úroveň efektívnosti je funkciou pomocných vstupných a výstupných premenných - slackov. Pri implementácii modelov SBM a S-SBM sa vyskytujú rôzne problémy: po prvé, na rozdiel od štandardného super-efektívneho modelu môže byť model S-SBM použitý iba pre super-efektívne skóre, ale nie pre skóre SBM. Po druhé, model S-SBM môže viesť k referenčným bodom s nízkou efektívnosťou. Po tretie, skóre SBM a S-SBM pre rovnaké DMU môžu byť pri perturbácii ich vstupov a výstupov nespojité. Model S-SBM môže nadhodnotiť super-efektívne skóre. Inými slovami, môže poskytnúť falošné hodnotenie.

4 VÝSLEDKY PRÁCE

Dizertačná práca sa zameriava na známe modely a metódy environmentálnej ekonómie a možnosti ich využitia v rozhodovaní firiem. Zaoberá sa skúmaním vzájomného vzťahu medzi ekonomikou a životným prostredím, a na možnosti zavedenia takých premenných do modelov rozhodovania, ktoré zohľadňujú ochotu firiem správať sa v súlade s ochranou životného prostredia.

4.1 Emisie CO₂ ako výzva pre udržateľnú budúcnosť

Klimatické zmeny spôsobené emisiami oxidu uhličitého (CO₂) predstavujú jednu z najväčších výziev 21. storočia. Svetová banka⁶⁹, ako najväčšia databáza, vyvinula svoju sekciu pre udržateľné ciele rozvoja. Udržateľný rozvoj zdôrazňuje dôležitosť uvažovania o dedičstve pre budúce generácie, kde okrem ekonomickej dimenzie zahŕňa aj sociálnu a environmentálnu. CO₂ nie je len plyn nevyhnutný pre rast rastlín, je to aj skleníkový plyn, ktorý predstavuje rôzne hrozby pre spoločnosť, ak je jeho koncentrácia v atmosfére príliš vysoká. V tomto prípade ohrozuje zdravie ľudí a zvyšuje globálnu teplotu a s tým súvisiace stúpanie hladiny morí v dôsledku roztápania ľadovcov. Zvyšovanie emisií CO₂ ohrozuje aj ekonomický rozvoj, kde ľudský kapitál predstavuje kľúčové aktívum pre ekonomiku a určuje výrobnú silu všetkých ostatných zdrojov. Rastúce emisie CO₂ môžu ohroziť ľudský kapitál najmä ovplyvňovaním zdravia ľudí a stúpanie hladiny morí a teploty ohrozuje globálny cestovný ruch, ktorý je pre niektoré krajiny s nízkymi príjmami veľmi dôležitý.

Erdogan, Kirca a Gedikli (2020) uviedli, že emisie CO₂ predstavujú najdôležitejší ukazovateľ environmentálneho znečisťovania.⁷⁰ Ich analýza šiestich krajín potvrdila, že rastúce emisie CO₂ negatívne ovplyvňujú ľudský kapitál tým, že spôsobujú rôzne choroby, ovplyvňujú pracovnú efektivitu a produktivitu a následne zvyšujú verejné náklady na zdravotnú starostlivosť. Namiesto toho, aby sa tieto náklady usmerňovali na hospodársky rast alebo vzdelávanie, sú zamerané na následnú sanáciu dôsledkov environmentálneho znečisťovania. Navrhujú zvyšovať povedomie medzi obyvateľmi o škodlivých účinkoch emisií CO₂ a zdôrazňovať technologický pokrok pre klesajúce emisie CO₂, čo predstavuje

⁶⁹ World Bank. Sustainable Development Goals. 2022. (accessed on 21 January 2022). URL: <[https://databank.worldbank.org/source/sustainable-development-goals-\(sdgs\)](https://databank.worldbank.org/source/sustainable-development-goals-(sdgs))>

⁷⁰ Erdogan, S.; Gedikli, A.; Kirca, M. (2020). *Is There a Relationship between CO₂ Emissions and Health Expenditures?* BRICS-T Ctries. Bus. Econ. Res. J. 2020, 11, 293–305. doi: 10.20409/berj.2019.231

výzvu pre vlády, inštitúcie, nadnárodné podniky, malé a stredné podniky a celkovú komunitu.

Európska únia (EÚ), ktorá je vedúcim svetovým obchodníkom a investorom a zároveň jedným z najdôležitejších hráčov globálnej ekonomiky, v rámci svojich rozvojových stratégií zdôrazňuje trvalo udržateľný rozvoj ako svoju prioritu. Medzi ich ciele v oblasti trvalo udržateľného rozvoja patrí *zníženie emisií CO₂ a dosiahnutie uhlíkovej neutrality*.

4.1.1 Európska únia a jej členské štáty podľa emisií CO₂

Klimatická zmena a environmentálna degradácia ovplyvňujú stav udržateľnej ekonomiky a ovplyvňujú finančné aj nefinančné inštitúcie. Potenciálne negatívne dôsledky klimatickej zmeny na ekonomickú činnosť sa odhaľujú klimatickým rizikom, ktoré vedie k nepriaznivým dopadom na ľudský život a blahobyt. Riadenie klimatických rizík a zvládanie strát a škôd si vyžaduje rozhodnutia spoločnosti, aktívne riadenie a schopnosť predvídať klimatické dynamiky týkajúce sa budúcich emisií skleníkových plynov a samozrejme aj celého vzoru sociálno-ekonomického rozvoja a rovnosti. Emisie z priemyslu predstavujú kľúčový faktor v klimatickej zmene a predstavujú jeden z najnaliehavejších svetových problémov. Každoročne narastá koncentrácia oxidu uhličitého v atmosfére a aj keď je energia základným motorom hospodárskeho rozvoja, vývoj dopytu v rôznych fázach hospodárskeho rozvoja vyžaduje životaschopné riešenia pre environmentálne problémy.

Na úrovni EÚ sa zhoršujú environmentálne problémy a hoci implementované environmentálne politiky priniesli určité výhody, používanie prírodných zdrojov pokračovalo v tlaku na životné prostredie a viedlo k novým výzvam a zraniteľnostiam v oblasti zmien klímy.

Aj keď existuje mnoho štúdií, ktoré analyzujú emisie CO₂, len málo z nich sa zameriava na profil krajín EÚ, pričom strácajú zo zreteľa najväčší prínos Európskej únie k celosvetovým emisiám skleníkových plynov. Stratégie EÚ majú za cieľ odstrániť z atmosféry viac oxidu uhličitého, ale úsilie je ešte náročnejšie vzhľadom na to, že EÚ v roku 2021 vyprodukovala približne 2,73 miliardy metrických ton oxidu uhličitého.⁷¹

Európska únia síce prijala ambiciózne rámce klimatickej legislatívy, ako je **Parížska dohoda o klíme**⁷², **Kjótsky protokol**⁷³ alebo **Európsky právny predpis** z roku

⁷¹ Statista, 2023. Carbon dioxide emissions in the European Union from 1965 to 2021. (accessed on June 2022). URL: <<https://www.statista.com/statistics/450017/co2-emissions-europe-eurasia/>>

⁷² <https://www.consilium.europa.eu/sk/policies/climate-change/paris-agreement/>

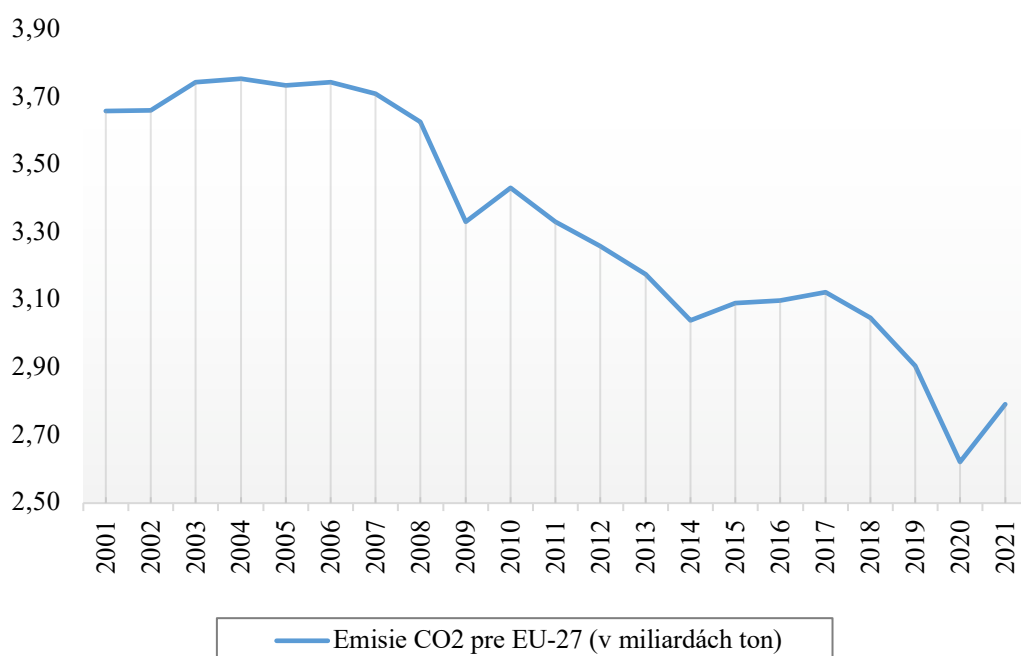
⁷³ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/?uri=LEGISSUM:kyoto_protocol

2021⁷⁴, ktoré podporujú ciele stanovené **Európskym zeleným dohovorom**⁷⁵, ale stále zostáva skupina krajín s veľkým prínosom k celosvetovým emisiám skleníkových plynov.

Parížska dohoda o klíme z roku 2015 vstúpila do platnosti v roku 2016 a stanovuje limity vo vzťahu ku globálnemu otepľovaniu. Kjótsky protokol mal za cieľ znížiť emisie skleníkových plynov a Európsky právny predpis z roku 2021 podporuje ciele stanovené Európskym zeleným dohovorom, ktorá ustanovuje potrebu dosiahnuť klimatickú neutralitu do roku 2050 a znížiť emisie CO₂ o 55 % do roku 2030 v porovnaní s rokom 1990.

Avšak na grafe číslo 12 môžeme podľa štatistík Európskej komisie vidieť, že vo väčšine členských krajín EÚ sa v treťom štvrtroku 2021 zaznamenalo zvýšenie emisií skleníkových plynov v porovnaní s rovnakým obdobím v roku 2020.

Graf 12 Vývoj emisií CO₂ krajín EÚ-27 v rokoch 2001 - 2021



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa Our World in Data based on the Global Carbon Project (2022). URL: <<https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>>

Ako jeden z hlavných dôvodov zníženia emisií CO₂ v roku 2020 by sme mohli považovať pandémiu COVID-19. Podľa nových údajov o denných emisiách fosílnych palív s príspevom Environmentálneho programu OSN (UNEP) sa celosvetové emisie oxidu uhličitého po desaťročiach neustáleho rastu v roku 2020 znížili o 6,4 % alebo 2,3 miliardy

⁷⁴ <https://www.consilium.europa.eu/sk/press/press-releases/2021/06/28/council-adopts-european-climate-law/>

⁷⁵ https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_sk

ton, keďže pandémia COVID-19 potlačila ekonomické a sociálne aktivity na celom svete.⁷⁶ Vlády rôznych krajín zaviedli opatrenia na obmedzenie šírenia vírusu, mnoho podnikov zastavilo alebo obmedzilo svoju činnosť a cestovanie medzi krajinami sa výrazne znížilo. Pandémia COVID-19 ponúkla len krátkodobé zníženie globálnych emisií, pričom do roku 2030 výrazne nezníži emisie, pokiaľ krajiny nezačnú hospodársku obnovu, ktorá zahŕňa silnú dekarbonizáciu.

Rastúci počet krajín, ktoré sa zaviazali k dosiahnutiu cieľov s nulovými čistými emisiami, je povzbudivý, pričom tieto ciele v súčasnosti zahŕňajú približne 63 % globálnych emisií. Aby však tieto ciele zostali realizovateľné a dôveryhodné, musia sa naliehavo odraziť v krátkodobej politike a vo výrazne ambicióznejších vnútroštátnych stanovených príspevkoch (*Nationally Determined Contributions* – NDC) na obdobie do roku 2030.

V júli 2021 vstúpil do platnosti **Európsky právny predpis** v oblasti klímy (*European Climate Law*). Zdalo sa, že všetky časti sú na mieste, aby bolo možné začať v energetickom a klimatickom prechode v Európe: bol stanovený klimatický cieľ do roku 2030 v súlade so záväzným príslubom dosiahnuť klimatickú neutralitu do roku 2050, mnohé legislatívne návrhy zamerané na dosiahnutie ambiciózných cieľov na úrovni EÚ aj na vnútroštátnej úrovni a kľúčové inovatívne technológie sa naďalej zlepšovali.

Okolnosti sa však zmenili a zatiaľ, čo rok 2020 bol poznačený krízou COVID-19, v roku 2021 došlo k čiastočnému oživeniu ekonomiky s odstránením obmedzení, ktoré boli zavedené v reakcii na pandémiu. Zároveň sa objavili ďalšie krízy a za posledný rok boli dopady klimatických zmien zreteľnejšie ako predtým: veľké suchá, nedostatok vody, záplavy a rekordné teploty opäť zdôraznili potenciálne ničivé účinky klimatických zmien. Priemerná ročná teplota nad európskymi suchozemskými oblasťami bola v poslednom desaťročí asi o 2 °C vyššia ako v predindustriálnom období (EEA, 2022c). Extrémy súvisiace s počasím a klímou viedli k zvýšeniu nákladov z ľudského aj finančného hľadiska.

Okrem toho sa od polovice roku 2021 objavila kríza dodávok energie, čo viedlo k výraznému zvýšeniu cien energie a neistote v dodávkach energie. To zvyšuje stávky a robí dosiahnutie energetických a klimatických politických cieľov v EÚ ešte urgentnejším. Tento vývoj sa v roku 2022 len zintenzívnil: ruská invázia na Ukrajinu ďalej narušila európsky energetický systém, zatiaľ čo v lete 2022 došlo v mnohých krajinách EÚ k bezprecedentným

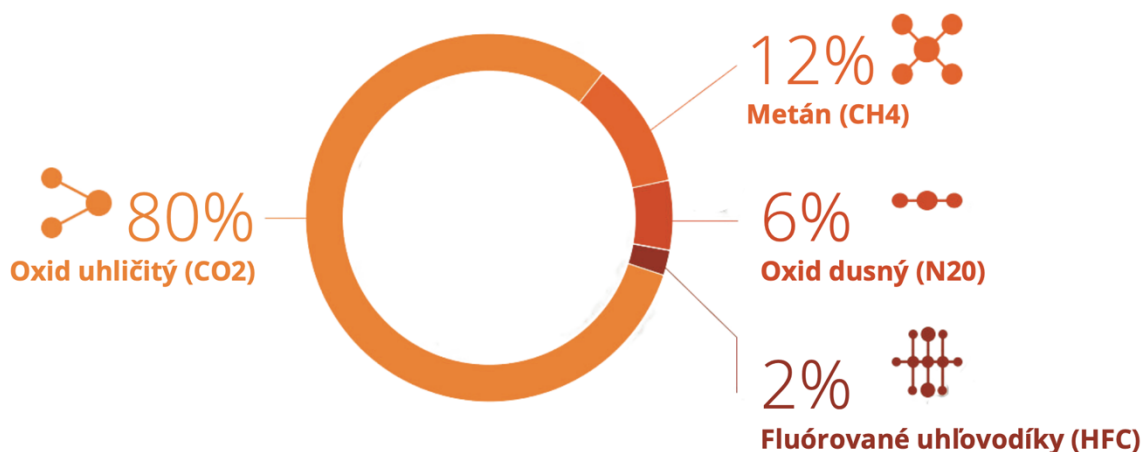
⁷⁶ Rukikaire, K. & Nullis, C. (2021) COVID-19 caused only a temporary reduction in carbon emissions – UN report. (accessed on 16 September 2021). URL: <<https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/covid-19-caused-only-temporary-reduction-carbon-emissions-un-report>>

suchám. Tieto rozvíjajúce sa krízy mali jasný vplyv na trendy a prognózy skleníkových plynov.

Predbežné údaje naznačujú, že emisie skleníkových plynov a spotreba energie v EÚ sa v roku 2021 zvýšili v porovnaní s úrovňami v roku 2020, pričom podiel obnoviteľných zdrojov energie na celkovej spotrebe energie zostal vo veľkej miere nezmenený. Môže za to najmä postpandemické oživenie ekonomiky, ale v hre sú aj ďalšie faktory. Do konca roka 2021 viedli rastúce ceny plynu k prechodu dodávok energie na cenovo dostupnejšie palivá s vysokým obsahom uhlíka, pričom sa zvýšilo používanie hnedého a čierneho uhlia. Tieto trendy pokračovali aj v roku 2022 s rozvojom novej energetickej infraštruktúry fosílnych palív, čo môže v nadchádzajúcich rokoch viesť k efektu blokovania uhlíka.

Najnovšie údaje o emisiách skleníkových plynov potvrdzujú, že všetky ciele na rok 2020, ktoré boli stanovené v roku 2008 ako ambiciózny balík, boli dosiahnuté alebo prekročené. V týchto časoch krízy bude rozhodujúce zvýšené zameranie na znižovanie emisií, zvyšovanie podielu obnoviteľnej energie a zvyšovanie úspor energie, a to tak pre hospodársku obnovu, ako aj pre opatrenia v oblasti klímy.

Graf 13 Emisie skleníkových plynov v EÚ podľa znečisťujúcich látok *



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa Európskej environmentálnej agentúry (EEA), 2019

Poznámka: * Celkové emisie skleníkových plynov bez využívania pôdy, zmien vo využívaní pôdy a lesného hospodárstva (LULUCF)

Ako znázorňuje graf 13 vyššie, najviac vypúšťaným plynom do ovzdušia je **oxid uhličitý (CO₂)**. Tento plyn vzniká pri všetkých bežných aktivitách ľudí. CO₂ je prirodzene produkovaný živočíchmi počas dýchania a rozkladom biomasy. Do atmosféry sa dostáva aj spaľovaním fosílnych palív a chemickými reakciami. Z atmosféry ho odstraňujú rastliny v procese známom ako fotosyntéza, ktorý premieňa slnečné svetlo na energiu a tiež

transformuje CO₂ a vodu na cukry a kyslík. Absorbovaný oxid uhličitý je viazaný mimo atmosféru pokiaľ rastliny neodumrú, preto majú lesy dôležitú úlohu pri zachytávaní uhlíka.

Ostatné skleníkové plyny sú síce v ovzduší v menšej koncentrácii, no zachytávajú teplo niekoľkonásobne viac, než CO₂. Keďže skleníkové plyny majú rôzny potenciál na globálne otepľovanie, ich vplyv sa zvyčajne prepočítava na ekvivalent CO₂, aby bolo porovnanie jednoduchšie. V roku 2021 predstavovali emisie skleníkových plynov vyprodukované hospodárskymi činnosťami EÚ 3,6 miliardy ton ekvivalentu CO₂, čo je o 22 % menej ako v roku 2008 (EP, 2023).

Oxid uhličitý predstavoval takmer 80 % objemu všetkých emisií skleníkových plynov v EÚ v roku 2021, za ním nasledoval metán s viac ako 12 %.

Metán vydrží v atmosfére kratšie ako CO₂, avšak pohlcuje oveľa viac slnečnej energie, je nebezpečným znečisťovateľom ovzdušia a jeho úniky môžu vyvolať výbuch, pričom je v priebehu 20 rokov viac ako 80-krát silnejší ako CO₂.

Všetky **fluórované skleníkové plyny** spolu predstavujú len približne 2 % emisií skleníkových plynov v EÚ. Aj keď sú emitované v menších množstvách, zachytávajú teplo oveľa účinnejšie ako CO₂.

V záujme boja proti klimatickým zmenám prijal Európsky parlament tzv. *Európsky právny predpis v oblasti klímy*⁷⁷, ktorým sa cieľ Európskej únie znížiť emisie skleníkových plynov do roku 2030 mení zo 40 % na najmenej 55 % a klimatická neutralita do roku 2050 sa stáva právne záväznou. Tento zákon je súčasťou *Európskeho zeleného dohovoru*⁷⁸, plánu EÚ na dosiahnutie klimatickej neutrality. Na dosiahnutie svojho klimatického cieľa prišla Európska únia s ambicióznym balíkom právnych predpisov známym ako *Fit for 55*⁷⁹.

V Európskom právnom predpise v oblasti klímy sú stanovené právne záväzné ciele na zníženie emisií skleníkových plynov: do roku 2030 by sa mali znížiť o 55 % v porovnaní s úrovňami z roku 1990 a do roku 2050 by EÚ mala dosiahnuť čisté nulové emisie.

Na dosiahnutie týchto cieľov prijíma EÚ širokú škálu opatrení:

- znižovanie emisií v doprave
- stanovenie pravidiel na úsporu energie a investície do obnoviteľných zdrojov energie

⁷⁷ Európsky právny predpis v oblasti klímy. COM(2021) PE/27/2021/REV/1 [cit. 9-7-2021]. URL: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1119>>

⁷⁸ Európsky ekologický dohovor. COM(2019) 640 Final. [cit. 11-12-2019]. URL: <https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0018.02/DOC_1&format=PDF>

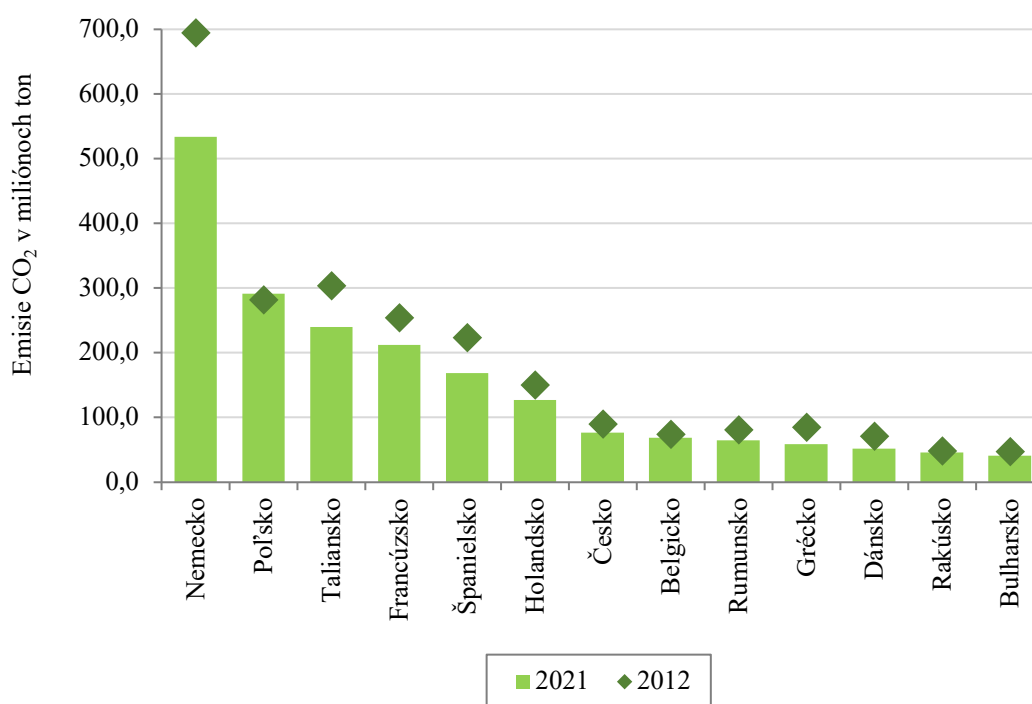
⁷⁹ „Fit for 55“: Plnenie cieľa EÚ v oblasti klímy do roku 2030 na ceste ku klimatickej neutralite. COM(2021) 550 Final. [cit. 14-7-2021]. URL: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0550&qid=1683977315784>>

- zabránenie presunu priemyselných odvetví produkujúcich emisie skleníkových plynov mimo EÚ v snahe vyhnúť sa prísnejším normám
- posilnenie prvého veľkého trhu s uhlíkom na svete - európskeho systému obchodovania s emisiami (ETS)
- stanovenie cieľov znižovania emisií pre každú krajinu EÚ
- podpora lesov a iných oblastí zachytávajúcich uhlík.

V ďalšej časti si priblížime emisné zaťaženie založené na údajoch oznámených 27 členskými štátmi EÚ na nižšie zostrojených grafoch 11 a 12, ktorými poukážeme na vývoj emisií CO₂ a ich porovnanie v rámci dvoch sledovaných období 2012 a 2021.

Nižšie uvedený graf 14 znázorňuje krajiny EÚ-27 podľa celkových emisií CO₂ v miliónoch ton za 2 sledované obdobia rokov 2012 a 2021, ktorého účelom je poukázať na emisné zaťaženie prvej polovice krajín EÚ-27 s najväčšou produkciou CO₂.

Graf 14 Emisné zaťaženie vybraných krajín EÚ-27 v roku 2012 a 2021 – I. časť



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa Eurostatu. *Air emissions accounts by NACE Rev.2 activity*. 2012, 2021

Z grafu 14 vyplýva, že najväčším producentom emisií CO₂ za rok 2021 je **Nemecko** v hodnote takmer 690 miliónov metrických ton, ale pri porovnaní s rokom 2012 môžeme poukázať na jeho výrazné zníženie o vyše 161 miliónov metrických emisií CO₂. Nemecko v porovnaní s krajinami Európskej únie stabilne produkuje najviac emisií oxidu uhličitého

od prelomu storočia. Vyprodukované množstvo emisií Nemecka predstavuje viac ako súčet emisií, ktoré vyprodukovali ďalší najväčší producenti emisií v EÚ – Taliansko a Poľsko. Tieto tri európske krajiny predstavovali v roku 2021 približne 46 percent celkových emisií oxidu uhličitého.

Údaje ukazujú, že len dve krajiny – Nemecko a Poľsko – majú na svedomí viac ako polovicu všetkých emisií energetického sektora v Európe. Poľská štátna energetická spoločnosť PGE bola najväčším producentom emisií v EÚ, zodpovedná za 70,5 metrických ton oxidu uhličitého v roku 2021. Tesne za ňou nasledovali dve nemecké spoločnosti: RWE a EPH. Po rozdelení čísel na jednotlivé elektrárne sme odhalili, že všetkých 10 elektrární s najvyššími emisiami v roku 2021 sa nachádzalo v Nemecku a Poľsku. Elektráreň Bełchatów v Poľsku bola na čele zoznamu s 33,2 metrickými tonami emisií CO₂ v roku 2021, nasledovaná nemeckými elektrárňami Neurath (22,1 metrických ton) a Niederaußem (16,1 metrických ton). Posledná menovaná elektráreň si tiež nárokovala pochybné vyznamenanie, že zaznamenala najväčší nárast emisií od roku 2020, pričom v roku 2021 vyprodukovala o 36 percent viac CO₂.

Z grafu 14 je známe, že **Poľsko** pri porovnaní rokov 2012 a 2021 preukazuje pomalý pokrok v znižovaní emisií. Poľsko je stále jedným z energeticky najnáročnejších systémov v Európe, čo má za dôsledok pokračujúca dominancia uhlia. Keď sa k tomu pripočítajú emisie zo spaľovania palív v domácnostiach, sektor energetiky a tepla je zodpovedný za takmer polovicu emisií v Poľsku. Zároveň od roku 1990 krajina znížila emisie o 15,7 % v porovnaní s priemerom EÚ o 29 %. A hoci Poľsko stále emituje podstatne menej ako niektoré krajiny EÚ, napríklad Nemecko, jeho znižovanie emisií je pomalšie. Napríklad za posledné tri desaťročia Nemecko znížilo emisie o 38,7 %, zatiaľ čo Česko dosiahlo 39,8 % zníženie a Slovensko o 44,4 %. Rovnako ako ostatné krajiny EÚ, aj poľské emisie sa v roku 2022 zvýšili o 0,3 % v porovnaní s rokom 2021.

Taliansko generuje 11,5 % celkových emisií skleníkových plynov (GHG) v EÚ a od roku 2005 redukuje emisie rýchlejším tempom ako priemer EÚ. Emisie v Taliansku sa znížili vo všetkých hospodárskych sektoroch v období 2005 až 2019, pričom najmenšie zníženia boli v poľnohospodárskom sektore. Sektor dopravy vrátane budov, tvoria takmer polovicu celkových emisií Talianska. Emisie v energetickom priemysle klesli o 42 % medzi rokmi 2005 a 2019, čím sa sektor umiestnil na treťom mieste podielom na celkových emisiách. V súlade so zákonom EÚ o rozdeľovaní úsilia sa Taliansko do roku 2020 podarilo znížiť emisie o 13 % v porovnaní s rokom 2005 a krajina očakáva dosiahnutie cieľa na rok 2030 vo výške 33 %. V roku 2019 dosiahlo Taliansko podiel obnoviteľných zdrojov energie (OZE) vo

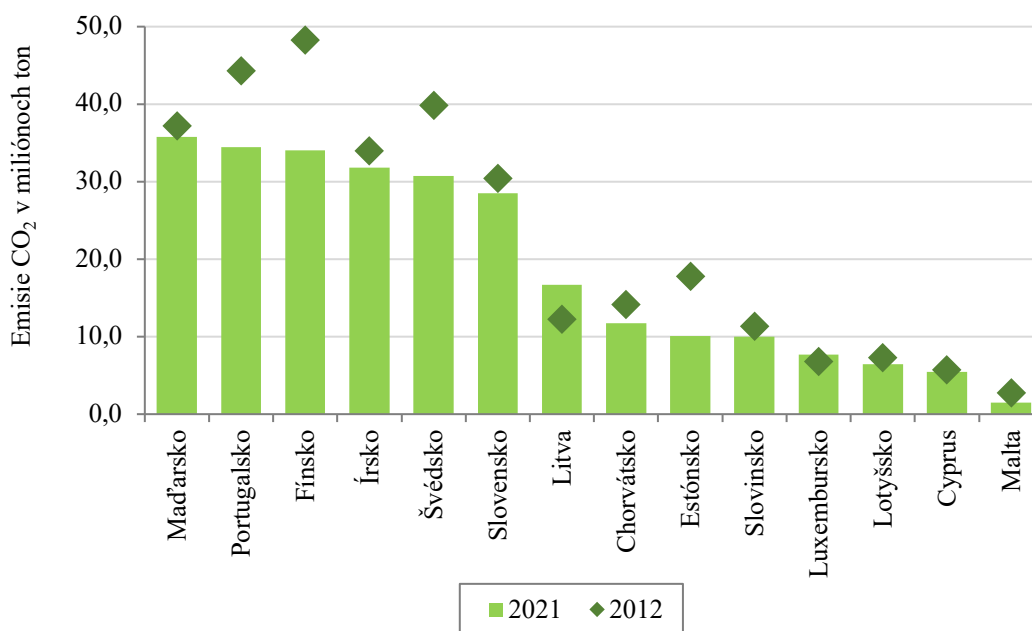
výške 18 %, kde cieľom krajiny na rok 2030 je dosiahnuť podiel 30 %, pričom sa zameriava hlavne na veternú a slnečnú energiu.

Ako môžeme ďalej sledovať vývoj emisného zaťaženia vo vybraných krajinách EÚ, vieme jednoznačne poznamenať, že **Francúzsko** a **Španielsko** relatívne podobným spôsobom generovali množstvo emisií CO₂, pričom v porovnaní dvoch sledovaných období preukázali aj značnú mieru zníženie ich množstva. Celkové emisie skleníkových plynov v **Holandsku** v roku 2019 v porovnaní s rokom 2018 klesli o 3,2 percenta. Tento pokles bol najmä výsledkom zníženého spaľovania uhlia na energetické účely a výrobu tepla.

Emisné zaťaženie druhej polovice sledovaných krajín sa vyvíjalo v značnom ponímaní krajín produkujúcich nižšie množstvo emisií CO₂ v roku 2021 v porovnaní s rokom 2021, čo generuje pozitívny krok k dosiahnutiu nižších emisií pre každú krajinu.

Nižšie uvedený graf 15 znázorňuje krajiny EÚ-27 podľa celkových emisií CO₂ v miliónoch ton za 2 sledované obdobia rokov 2012 a 2021, ktorého účelom je poukázať na emisné zaťaženie druhej polovici krajín EÚ-27 s menšou produkciou CO₂. Ako môžeme vidieť v porovnaní s grafom 14, tu sa pohybujeme medzi krajinami v rádovo nižších hodnotách ako emisné zaťaženie v hodnote 50 miliónoch metrických ton CO₂ a nižšie.

Graf 15 Emisné zaťaženie vybraných krajín EÚ-27 v roku 2012 a 2021 - II. Časť



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa Eurostatu. *Air emissions accounts by NACE Rev.2 activity*. 2012, 2021

Celkové emisie CO₂ v EÚ-27 vzrástli v roku 2021 o 6,5 % v porovnaní s rokom 2020. Tento nárast je však len polovicou zníženia, ku ktorému došlo medzi rokmi 2019 a

2020 (-10,8 %), v dôsledku čoho sa emisie v EÚ27 medzi rokmi 2021 a 2019 znížili o 5 %. Takmer všetky krajiny EÚ zvýšili svoje fosílné emisie CO₂ v roku 2021 v porovnaní s rokom 2020; najväčší nárast bol zaznamenaný v **Bulharsku** (+15,5 %), **Slovensko** (+13,2 %), **Španielsko** (+9,2 %), **Poľsko** (+8,4 %) a **Francúzsko** (+8,3 %). Napriek tomu len štyri členské štáty vyprodukovali v roku 2021 viac CO₂ ako v roku 2019 (pred pandémiou): **Slovensko** (+7,6 %), **Poľsko** (+2,8 %), **Malta** (+1,6 %) a **Bulharsko** (+1,3 %). V roku 2021 zostalo **Nemecko** najväčším prispievateľom k celkovým emisiám fosílného CO₂ v EÚ27 (s podielom 24 %), nasledovalo **Poľsko** (11,6 %), **Taliansko** (11,5 %), **Francúzsko** (10,9 %) a **Španielsko** (8,4 %).

V rámci krajín EÚ27 všetky sektory zvýšili svoje emisie CO₂ v roku 2021 v porovnaní s rokom 2020. Energetika a ostatné odvetvia priemyselného spaľovania vykázali najväčší relatívny nárast (+9,1 %, resp. +6,7 %), keďže sektor dopravy získal späť menej ako polovicu poklesu ročných emisií, ktorý zaznamenal 2020. V prepočte na obyvateľa zodpovedajú emisie CO₂ v EÚ27 6,25 t CO₂ na osobu v roku 2021, čo je o 6,5 % viac ako v roku 2020 (5,87 t CO₂/obyvateľa).

Emisie CO₂ na jednotku HDP PPP predstavovali 0,141 t CO₂/k USD v roku 2021, t.j. o 1,1 % vyššie ako v roku 2020. Z dlhodobejšieho hľadiska emisie fosílného CO₂ v EÚ27 za posledné dve desaťročia mali klesajúci trend a v roku 2021 boli 2,78 Gt, t. j. o 27,4 % nižšie úroveň z roku 1990. Podiel EÚ27 na globálnych emisiách sa v posledných desaťročiach tiež znížil (od 16,8 % v roku 1990 na 8,5 % v roku 2015 a 7,3 % v roku 2021).

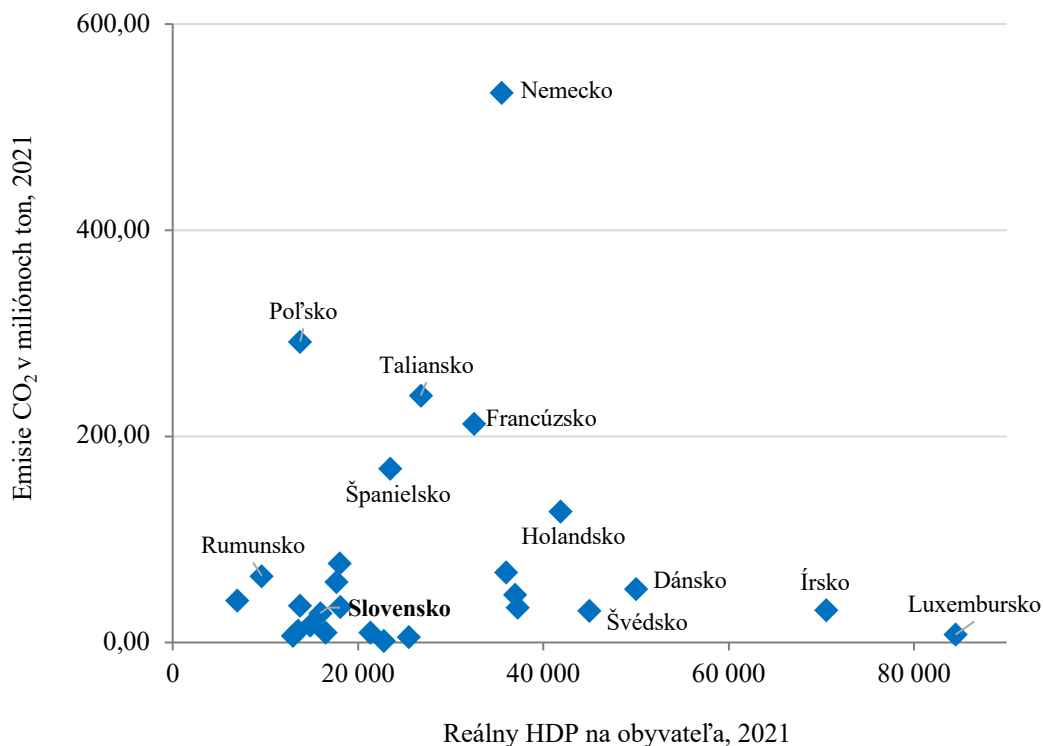
4.1.2 Emisie CO₂ v porovnaní s HDP

Existujú rôzne typy prístupov týkajúce sa vzťahu medzi hospodárskym rastom a environmentálnym znečistením. Na jednej strane sa ukazuje, že stav kvality životného prostredia je ovplyvnený úrovňou HDP na obyvateľa, ktorá generuje zmeny v environmentálnych politikách a platnosti predpokladu, že čím vyššie je HDP na obyvateľa, tým väčšie bude zhoršenie životného prostredia. Na druhej strane sa predpokladá, že schopnosť zvládať klimatický stres závisí od úrovne hospodárskeho rastu a je silne ovplyvnená stavom finančného sektora, dobre navrhnutými inštitúciami, systémom zdravotnej hygieny a úrovňou vzdelania.

Vzhľadom na to, že rast mnohých národných ekonomík nemôže byť obmedzený nárastom emisií skleníkových plynov, skúmame v grafe 16 dôležitú otázku súvisiacu s klimatickými zmenami, a to vzťah medzi reálnym HDP a emisiami CO₂ v krajinách EÚ.

Používame dáta z roku 2021 a dokumentujeme, že existuje pozitívna korelácia medzi skutočným HDP a emisiami CO₂. Výsledky naznačujú, že vyššie úrovne príjmov vedú k zvýšenému dopytu po ochrane životného prostredia a zdôrazňujú potrebu navrhovať environmentálne politiky, ktoré sú schopné znížiť emisie počas období ekonomického rastu.

Graf 16 Emisie CO₂ krajín EÚ-27 na reálny HDP za rok 2021



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa Eurostatu, 2021

4.1.3 Emisie CO₂ na Slovensku

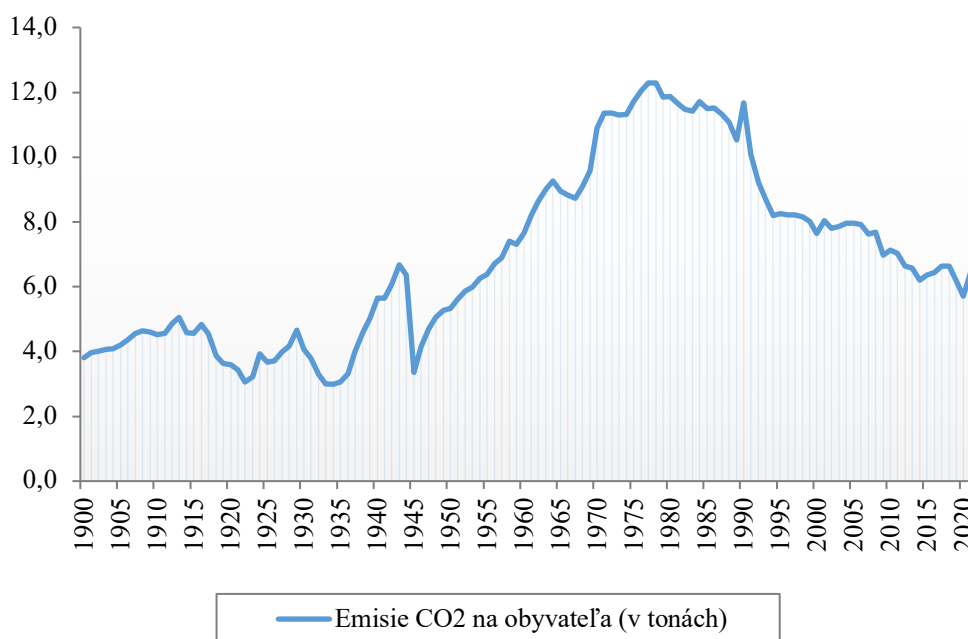
Na prvý pohľad sa zdá, že zmena klímy v Slovenskej republike je vzdialenou témou, ktorá nemá vplyv na naše každodenné životy. Napriek tomu si však uvedomujeme niekoľko významných prejavov zmeny klímy, ktoré majú na nás priamy dopad. Medzi tieto prejavy patria dlhodobé obdobia sucha, povodne a bleskové povodne, zvyšovanie priemernej globálnej teploty a extrémne meteorologické javy ako prudké zrážky, mimoriadne vysoké teploty, silný vietor a prírodné požiare. Klimatológovia uvádzajú, že na Slovensku sa oteplilo o približne 2,2 stupňa Celzia v porovnaní s predindustriálnym obdobím. Očakáva sa, že ďalšie otepľovanie by prinieslo zmenu priemerných teplôt od juhu Slovenska až po Vysoké Tatry, dlhšie horúčavy, zvýšené riziko sucha, intenzívnejšie búrky a vyššie riziko povodní.

Okrem toho, existuje pravdepodobnosť väčšieho rozšírenia infekčných chorôb, zvýšených zdravotných rizík a zdražovania plodín, ktoré sú dôležité pre našu stravu.

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky sa zaväzuje k ambicióznej klimateckej politike Európskej únie a snaží sa ju čo najviac preniesť do slovenskej reality, napríklad prostredníctvom návrhu zákona o zmene klímy.

Národná inventarizačná správa SR za rok 2022 je hlavným zdrojom údajov o trendoch emisií skleníkových plynov, pričom jej posledný hodnotený rok je 2020. V roku 2020 dosiahli celkové emisie skleníkových plynov 37 002 706 ton CO₂ ekvivalentov, pričom nepočítali so záchytní zo sektoru LULUCF (*Land use-Land use change and forestry*) a nepriamymi emisiami z priemyselných rozpúšťadiel a poľnohospodárstva. S započítaním záchytov zo sektoru LULUCF sa celkové emisie skleníkových plynov znížili na 28 256 168 ton CO₂ ekvivalentov. Tento pokles predstavuje 14% v porovnaní s rokom 2019 a takmer 55% v porovnaní so základným rokom 1990 (graf 17).

Graf 17 Vývoj emisií CO₂ na obyvateľa Slovenska v rokoch 1900 – 2021



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa Our World in Data based on the Global Carbon Project (2022). Available online: <https://ourworldindata.org/co2/country/slovakia>

V roku 2020 sa podarilo udržať tzv. "*decoupling*", teda pomalší rast emisií skleníkových plynov v porovnaní s rastom HDP. Tento pozitívny vývoj je výsledkom predovšetkým reštrukturalizácie a prebudovania priemyslu a energetiky, ako aj implementácie opatrení zameraných na úsporu a efektívne využívanie energie.

V roku 2020 sme dosiahli historicky najnižšiu úroveň emisií skleníkových plynov od roku 1990. Zníženie emisií skleníkových plynov bolo najvýraznejšie v sektoroch energetiky a priemyselných procesov a používania produktov (IPPU) vo všetkých kategóriách, či už patria pod systém obchodovania s emisnými kvótami EÚ (EU ETS) alebo mimo neho. Tieto zníženia boli pozorované najmä v priemyselnej výrobe, ťažbe nerastov, chemickom priemysle a kovovom priemysle.

Sektor energetiky (vrátane dopravy) mal najväčší podiel na celkových emisiách skleníkových plynov v roku 2020 s podielom 66,5 %. Doprava zohrávala významnú úlohu v rámci tohto sektora s podielom 19,1 % na celkových emisiách. V roku 2020 sa emisie z dopravy znížili o viac ako 13 % v porovnaní s predchádzajúcim rokom 2019.

Druhým dôležitým odvetvím v roku 2020 boli priemyselné procesy a používanie produktov (IPPU) s podielom 22 % na celkových emisiách skleníkových plynov. Tento sektor generuje predovšetkým emisie z technologických procesov, ako je spracovanie nerastných surovín, chemická výroba a výroba ocele a železa. Zníženie emisií z technologických procesov je veľmi nákladné a existujú špecifické technické obmedzenia, čo vysvetľuje, prečo emisie v tejto kategórii sa nezmenili tak výrazne ako v iných oblastiach. Úroveň emisií v sektore IPPU je ovplyvnená hlavne objemom priemyselnej výroby.

Najvýraznejším rastom emisií v sektore IPPU sú emisie HFC a SF₆, ktoré sú spôsobené priemyselnou spotrebou a používaním týchto látok v stavebníctve, izolácii budov, elektrotechnike a/alebo automobilovom priemysle.

V roku 2020 predstavoval sektor poľnohospodárstva 7% zo všetkých emisií skleníkových plynov a trend emisií v tomto sektore je relatívne stabilný od roku 1999. Najvýznamnejšie zníženie emisií z poľnohospodárstva sa dosiahlo na začiatku 90. rokov v dôsledku redukcie dobytku a obmedzenia používania hnojív.

Sektor odpadov zodpovedal za 4,55% celkových emisií v roku 2020 a metodika hodnotenia emisií metánu z ukladania tuhého odpadu na skládkach ukázala neustály nárast emisií o viac ako 100% oproti referenčnému roku 1990. Objem emisií z odpadových skládok závisí vo veľkej miere od použitej metodiky hodnotenia a od rozsahu implementácie energetického zhodnocovania skládkových plynov zo strany prevádzkovateľov skládok.

Podiely jednotlivých sektorov na celkových emisiách skleníkových plynov sa od referenčného roku 1990 výrazne nemenili. Avšak, je zaznamenaný rast emisií z dopravy od roku 1990 a pokles podielu stacionárnych zdrojov znečistenia v energetickom sektore. Najvýznamnejším antropogénnym zdrojom emisií CO₂ sú spaľovanie fosílnych palív, ktoré tvoria približne 76% zo všetkých emisií CO₂ v Slovenskej republike (bez LULUCF).

4.2 Emisie skleníkových plynov EÚ a Slovenska podľa sektorov

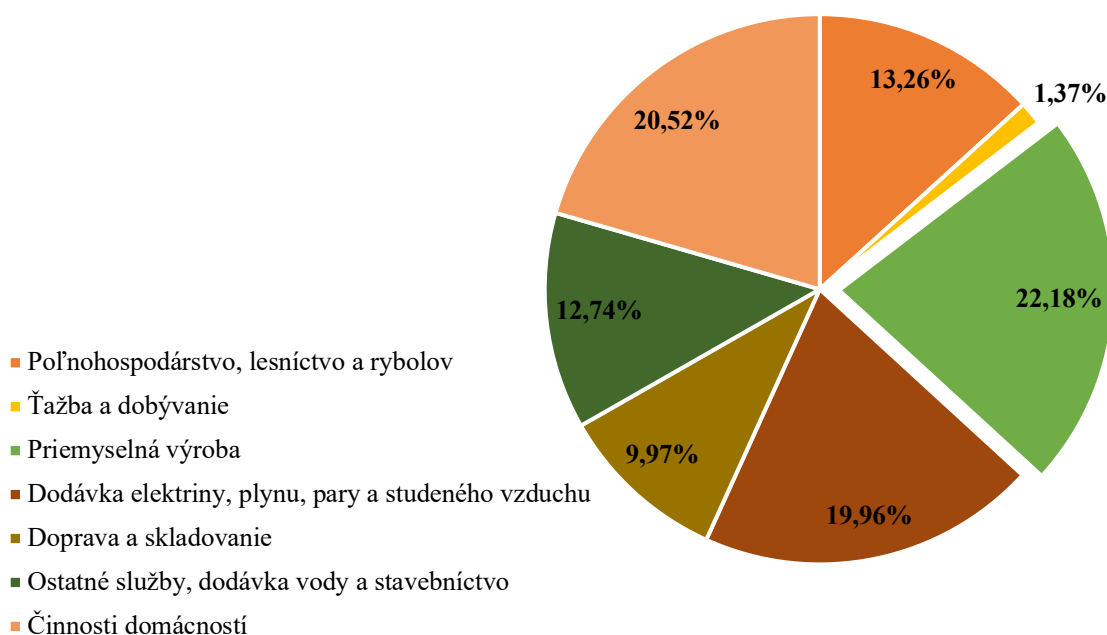
Odvetvia hospodárstva zohrávajú kľúčovú úlohu v ekonomickom rozvoji a sú neoddeliteľne spojené so značným vplyvom na životné prostredie. V tejto kapitole sa zameriame na viaceré kľúčové odvetvia, ktoré zahŕňajú energetiku, priemysel, dopravu, poľnohospodárstvo, lesníctvo a mnohé ďalšie, s dôrazom na EÚ-27 a Slovensko. Tieto odvetvia majú rôzne aspekty a prispievajú k celkovým emisiám skleníkových plynov, znečisteniu ovzdušia, degradácii pôdy a strate biodiverzity.

4.2.1 Emisie skleníkových plynov krajín EÚ-27 podľa sektorov hospodárstva

V tejto podkapitole sa zameriame na analýzu odvetví, ktoré majú najvýraznejší vplyv na životné prostredie v rámci Európskej únie. Cieľom je poskytnúť prehľad o hlavných oblastiach, kde je potrebné zamerať sa na zlepšenie a uplatňovanie udržateľných prístupov.

Každá krajina EÚ má svoje vlastné charakteristiky a špecifiká, ktoré ovplyvňujú vplyv odvetví na životné prostredie. Dôkladná analýza odvetví v krajinách EÚ je kľúčová pre formulovanie efektívnych environmentálnych politík, investícií do udržateľných technológií a podporu inovatívnych riešení. Spoločne môžeme dosiahnuť pozitívne zmeny a zabezpečiť ochranu životného prostredia pre súčasné aj budúce generácie.

Graf 18 Emisie skleníkových plynov krajín EÚ-27 podľa sektorov za rok 2021



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa Eurostatu, 2021

Podľa zverejnených štatistík Eurostatu vieme poznamenať emisnú produkciu skleníkových plynov v Európskej únii v prvom štvrtroku roku 2022 vo výške 1,029 mld. ton, čo predstavuje nárast o 6 % oproti rovnakému obdobiu minulého roka (január, február, marec 2021) a o 7 % oproti roku predchádzajúcemu (január, február, marec 2020). Hoci emisie skleníkových plynov v EÚ dlhodobo mierne klesajú, v dôsledku pandémie COVID-19 v predchádzajúcom roku zaznamenali výrazný pokles kvôli obmedzeniu ekonomickej aktivity v dôsledku protipandemických opatrení. Medzi jedinými dvoma EÚ krajinami, v ktorých emisie v prvom štvrtroku roku 2022 medziročne poklesli, sú Holandsko (- 9 %) a Fínsko (-1 %). Vo všetkých ostatných krajinách vrátane Slovenska (+0,2 %) sa emisná produkcia zvýšila, najmä v prípade Bulharska (+38 %), Malty (+21 %) a Írska (+20 %).

Z detailnejších údajov Eurostatu, znázornených na grafe 18, týkajúcich sa emisnej produkcie v jednotlivých sektoroch je zrejmé, že dochádza k rôznorodému "oživeniu" v týchto oblastiach. Avšak medziročne sa emisná produkcia zvýšila vo všetkých sektoroch.

Priemyselná výroba zodpovedala za najväčšiu časť emisií v roku 2021 s podielom 22,18 %, ktorú nasledovali činnosti domácností s podielom 20,52 %, avšak tento segment zaznamenal najmenší prírastok emisií oproti rovnakému obdobiu minulého roka (+0,1 %). Energetický sektor (zahrňujúci dodávky elektriny, plynu, pary a studeného vzduchu) mal podiel 19,96 % na emisiách, ktorý nasledoval s väčším odstupom poľnohospodárstvo s podielom 13,26 %. Ostatné služby, dodávka vody a stavebníctvo (12,74 %), doprava a skladovanie (9,97 %), ťažba a dobývanie s najväčším odstupom 1,37 %.

V doprave a logistike nastal najvýraznejší medziročný pokles tvorby emisií, a to o 21 % v prvom štvrtroku 2021. Zatiaľ čo v rovnakom období minulého roka v tomto sektore vzniklo 108 mil. ton CO₂, v januári až marci 2021 to bolo 89 mil. ton. Aj v tom prípade tu vidíme prítomnosť protipandemických opatrení, ktoré spôsobili viaceré obmedzenia.

4.2.2 Emisie skleníkových plynov Slovenska podľa sektorov hospodárstva

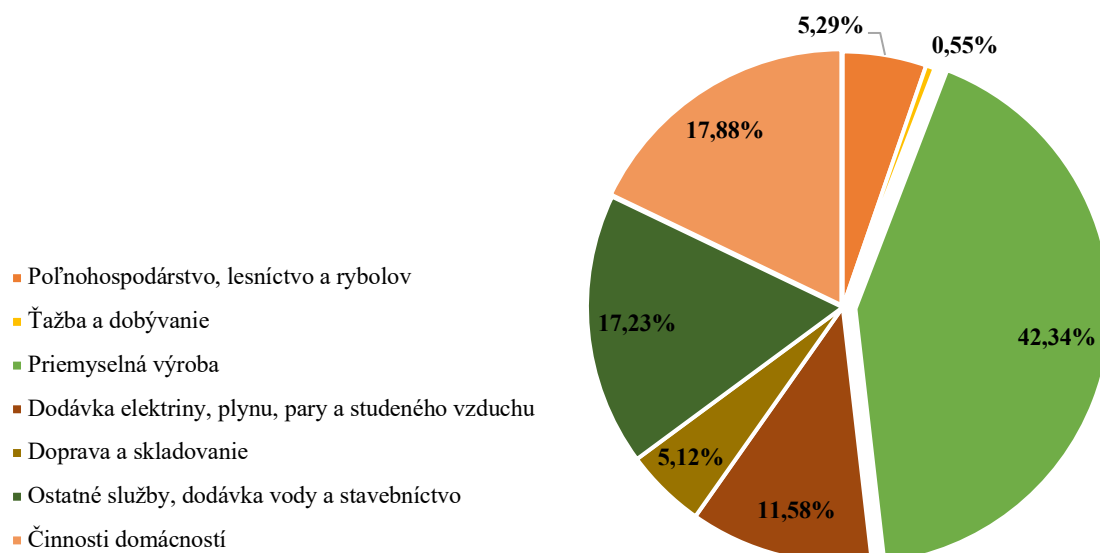
Emisie skleníkových plynov predstavujú významný aspekt environmentálneho a hospodárskeho vývoja krajiny. Táto kapitola sa zameriava na systematické zhodnotenie emisií skleníkových plynov na Slovensku v súvislosti s rôznymi sektormi a poskytuje pohľad na vplyv jednotlivých odvetví na celkové množstvo emisií.

Slovenský hydrometeorologický ústav, Odbor emisie a biopalivá (SHMÚ, OEaB), má dlhodobé poverenie a inštitucionálnu zodpovednosť za plnenie viacerých európskych a medzinárodných legislatívnych požiadaviek, ktoré sa týkajú reportovania o emisiách

znečisťujúcich látok (ZL) a skleníkových plynov (GHG). V rámci svojej pôsobnosti SHMÚ vykonáva účtovníctvo emisií do ovzdušia (*Air Emission Accounts - AEA*) v súlade s *nariadením EP a Rady (EÚ) 691/2011 o európskych environmentálnych ekonomických účtoch*. Cieľom účtov emisií do ovzdušia je identifikovať množstvo emisií v jednotlivých sektoroch národného hospodárstva, v súlade s európskou klasifikáciou ekonomických činností (NACE Rev. 2). Každoročnú prípravu a predkladanie správ zabezpečuje SHMÚ v spolupráci so Štatistickým úradom Slovenskej republiky (ŠÚ SR).⁸⁰

Po detailnejšej analýze údajov Eurostatu, znázornených na grafe 19, v zástupe emisií skleníkových plynov v jednotlivých sektoroch môžeme jednoznačne zhodnotiť výraznú prevahu jedného sektora a to priemyselnej výroby, ktorá zodpovedá za najväčšiu produkciu emisií v roku 2021 s podielom 42,34 %. S veľkým odstupom ju nasledovali činnosti domácností s podielom 17,88 % a ostatné služby, dodávka vody a stavebníctvo (17,23 %). Energetický sektor (zahrňujúci dodávky elektriny, plynu, pary a studeného vzduchu) dosahoval podiel emisií na úrovni 11,58 %. Poľnohospodárstvo, lesníctvo a rybolov mali podiel len necelých 5,29 %, ktorý nasledoval sektor dopravy a skladovania s takmer identickým podielom 5,12 %. Najmenším podielom prispela ťažba a dobývanie s najväčším odstupom od ostatných sektorov národného hospodárstva podielom 0,55 %.

Graf 19 Emisie skleníkových plynov Slovenska podľa sektorov za rok 2021



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa Eurostatu, 2021

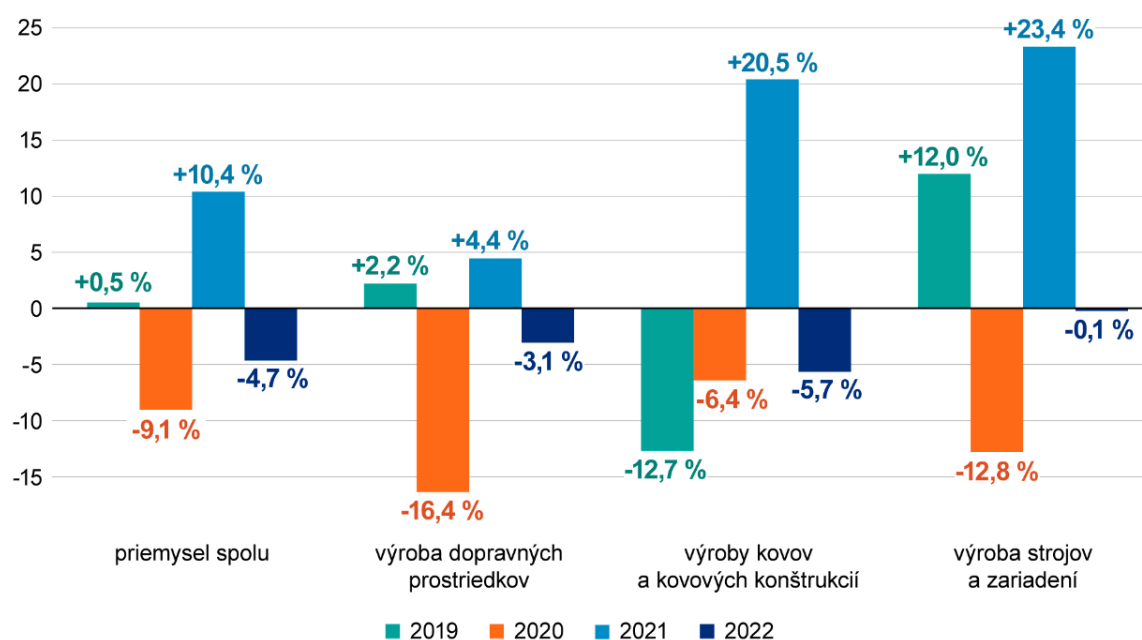
⁸⁰ Grantový projekt EUROSTAT: Zlepšenie kvality účtov emisií do ovzdušia a rozšírenie poskytovaných časových radov. 2017. URL: <https://www.shmu.sk/File/projekty/SK_AEA_Implementation_Report.pdf>

4.2.3 Priemyselná výroba a jej súčasná situácia na Slovensku

Priemyselná produkcia⁸¹ SR v roku 2022 medziročne poklesla o 4,7 %; priemysel zvýšil svoje zaostávanie prejavujúce sa v posledných mesiacoch. Posúdenie výkonu odvetia v dlhšom časovom období umožňuje porovnanie s priemerom v bázičkom roku 2015. Slovenský priemysel v roku 2022 vyprodukoval o 8,4 % vyššiu hodnotu ako priemerne v roku 2015, čo bol výrazne nižší výkon ako v roku 2021 a tiež pod úrovňou výsledkov kľúčového odvetvia slovenskej ekonomiky v rokoch 2019 a 2018 (pred pandémiou).

Celkovo z 15 sledovaných odvetví slovenského priemyslu v súhrnnej bilancii za 12 mesiacov väčšina medziročne spomalila. Významnejší vplyv na celkový výkon priemyslu mal za celý rok pokles vo **výrobe dopravných prostriedkov** o 3,1 %. Vplyv odvetví na celý priemysel je vyjadrený prostredníctvom tzv. príspevkov, ktoré zohľadňujú tempo rastu/poklesu v kombinácii s váhou odvetvia v štruktúre priemyslu. Výroba dopravných prostriedkov prispela k celoročnej bilancii hodnotou 0,72 percentuálneho bodu/p. b. k celkovému výsledku odvetvia.

Graf 20 Súhrnná priemyselná produkcia počas rokov 2019, 2020, 2021 a 2022



Zdroj: Štatistický úrad Slovenskej republiky, 2023. Priemyselná produkcia za roky 2019, 2020, 2021 a 2022
Poznámka: medziročná zmena v %, očistené o počet pracovných dní

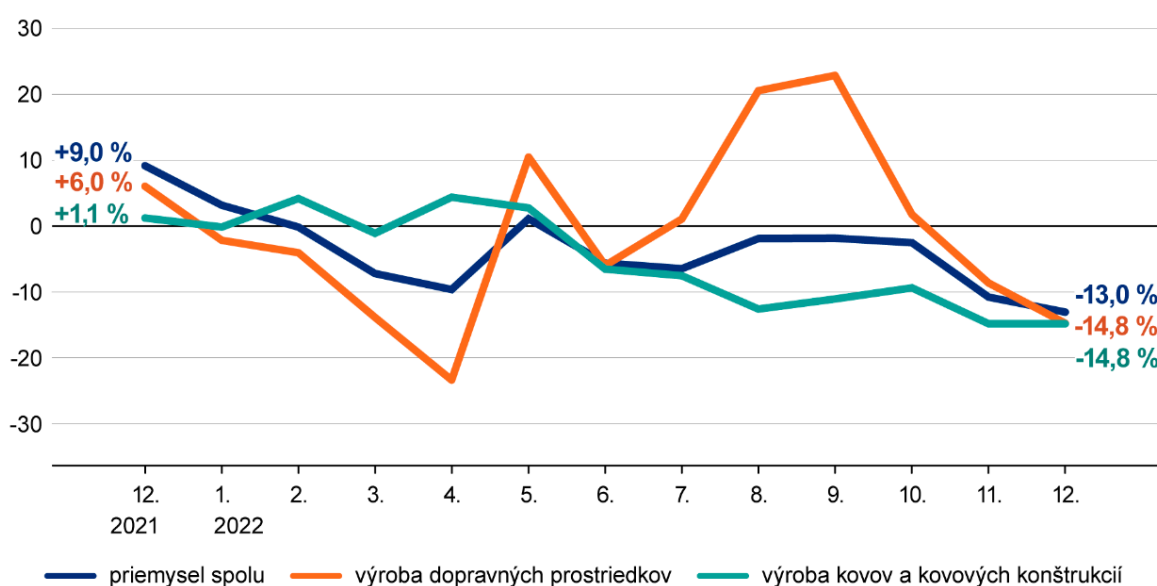
Z hľadiska štruktúry podľa hlavných priemyselných zoskupení (graf 20) medziročne o pätinu klesla produkcia súvisiaca s energetikou, do 5 % poklesla výroba predmetov

⁸¹ Ukazovateľ vyjadruje zmenu objemu produkcie v naturálnom vyjadrení. Údaje sú očistené o vplyv počtu pracovných dní programom JDEMETRA+, údaje od začiatku časového radu sa upravujú každý mesiac.

dlhodobej spotreby aj výroba pre medzispotrebu a mierne sa znížila aj produkcia investičných prostriedkov. Nárast bol len vo výrobe predmetov krátkodobej spotreby.

V poslednom mesiaci roka väčšina odvetví výrazne pribrzdila výrobu, spomalenie bolo oveľa vyššie ako v iných rokoch, priemyselná produkcia (PP) sa v decembri 2022 medziročne prepadla o 13 %. Významnejšie vplyvy na mesačný výsledok malo zníženia výroby dopravných prostriedkov o 14,8 %, aj vo výrobe kovov a kovových konštrukcií o 14,8 %. Dvojciferne sa prepadla aj výroba strojov a zariadení i. n., výroba výrobkov z gumy a plastu a ostatných nekovových minerálnych výrobkov. Podielovo menšia výroba počítačových, elektronických a optických výrobkov zaznamenala pokles až o vyše 27 %. Pozitívne produkciu v poslednom mesiaci roka ovplyvnilo medziročné zvýšenie dvojciferným tempom vo výrobe koksu a rafinovaných ropných produktov ako aj vo výrobe textilu, odevov, kože a kožených výrobkov.

Graf 21 Priemyselná produkcia SR po mesiacoch za rok 2022



Zdroj: Štatistický úrad Slovenskej republiky, 2023. Priemyselná produkcia v decembri 2021 a za rok 2022
Poznámka: medziročná zmena v %

Podľa hlavných priemyselných zoskupení na grafe 21 sa o viac ako štvrtinu medziročne znížila výroba predmetov dlhodobej spotreby, o takmer 19 % aj výroba pre medzispotrebu a o necelých 13 % produkcia súvisiaca s energetikou. Súčasne o vyše 9 % poklesla produkcia investičných prostriedkov a o viac ako 4 % produkcia predmetov krátkodobej spotreby. Medzimesačne (oproti novembru 2022) po zohľadnení sezónnych vplyvov sa priemyselná produkcia znížila o 0,8 %.

4.3 Environmentálne indexy

Jedným z dôležitých nástrojov v environmentálnej ekonómii sú environmentálne indexy, ktoré zohrávajú dôležitú úlohu pri meraní a hodnotení environmentálnej efektívnosti rôznych hospodárskych subjektov, ako sú podniky, odvetvia, regióny alebo krajiny. Tieto indexy poskytujú relevantné informácie o tom, ako úspešne tieto subjekty zvládajú svoj environmentálny vplyv a sú schopné dosahovať svoje environmentálne ciele.

Environmentálne indexy môžeme považovať za významný vstup do poznania environmentálnej ekonómie a ich význam sa v posledných rokoch prudko zvyšuje z dôvodu zvyšovania povedomia o environmentálnych problémoch a potrebe ich riešenia. Pomocou indexov môžeme kvantifikovať environmentálne údaje a faktory, ako sú emisie, odpad, využívanie zdrojov a iné environmentálne vplyvy, a vytvárať z nich merateľné indikátory, ktoré môžu byť použité na hodnotenie environmentálneho vplyvu hospodárskej činnosti.

4.3.1 Aplikácia environmentálnych indexov ESG a SDG na krajiny EÚ-27

V teoretickej časti 1.4.2 sme si priblížili najpoužívanejšie environmentálne indexy s podrobným prehľadom 9 sekcií charakterizujúcich individuálny index vo svojej podobe. Nie je náhodou, že sme ako posledné indexy analyzovali **index ESG** (*Environmental, Social and Governance Index*) a **index SDG** (*Sustainable Development Goals Index*).

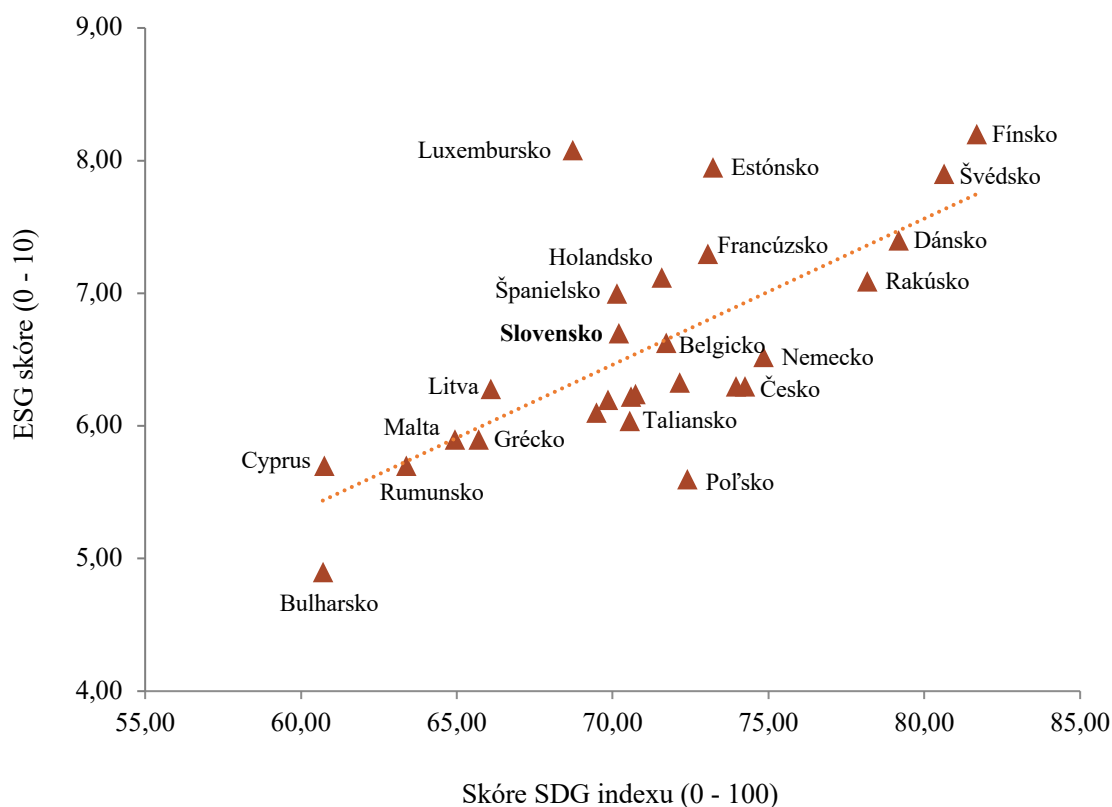
ESG index je v súčasnosti jedným z významných ukazovateľov v oblasti životného prostredia, ktorý hodnotí environmentálne, sociálne a vládne faktory spoločností a investičných produktov. Zameriava sa na environmentálne aspekty a meria, ako dobre sa spoločnosti starajú o životné prostredie a snažia sa minimalizovať svoj negatívny vplyv. ESG index berie do úvahy rôzne faktory, ako je energetická efektívnosť, riadenie odpadových produktov, emisie skleníkových plynov a ochrana biodiverzity. Poskytuje investičným spoločnostiam a investorom dôležitý nástroj na hodnotenie a porovnávanie spoločností z hľadiska ich environmentálnej udržateľnosti. Tento index pomáha podporovať a stimulovať investície do ekologicky zodpovedných spoločností a prispieva k udržateľnému rozvoju a ochrane životného prostredia.

SDG index používaný aj ako „*index cieľov udržateľného rozvoja*“ reprezentuje ukazovateľ, ktorý meria a hodnotí pokrok krajín v splnení cieľov udržateľného rozvoja stanovených Organizáciou Spojených národov (OSN) v rámci Agendy 2030. Pomocou SDG indexu je možné porovnať a hodnotiť výkonnosť jednotlivých krajín v oblasti ochrany životného prostredia a prispievať ku globálnemu úsiliu o dosiahnutie udržateľného rozvoja.

Považujeme ho za dôležitý nástroj na monitorovanie pokroku a podporu opatrení na ochranu životného prostredia a dosiahnutie cieľov udržateľného rozvoja na celosvetovej úrovni.

Na základe vyššie uvedenej charakteristiky indexov ESG a SDG sme sa rozhodli pre porovnanie ich skóre pre vybrané krajiny EÚ-27, pomocou ktorých identifikujeme ich celoeurópske postavenie v oblasti udržateľnosti a výkone jednotlivých krajín. Praktické využitie týchto informácií môžu poslúžiť ako návod pre rozhodovanie a prijímanie opatrení na podporu udržateľného rozvoja a zlepšenie environmentálneho, sociálneho a vládneho výkonu krajín v rámci Európskej únie. Je však dôležité mať na pamäti, že výsledky týchto indexov sa môžu líšiť v závislosti od zdrojov údajov, metód merania a hodnotenia, a preto je potrebné vykonávať kritickú analýzu a porovnávanie.

Graf 22 Porovnanie ESG skóre a skóre SDG indexu krajín EÚ-27 za rok 2022



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa MSCI ESG Fundamentals Country Score, a OSN (skóre SDG), 2022

Predtým než si vyhodnotíme výsledky plynúce z grafu 22 a 23 je dôležité si uvedomiť, akým spôsobom sú jednotlivé indexy resp. skóre indexov vyjadrené. ESG skóre využíva stupnicu od 0 do 10⁸², najčastejšie v rámci ESG ratingových agentúr, ako napríklad

⁸² Vysoké skóre (blízko 10): Krajiny s vysokým ESG skóre - vedúce krajiny v oblasti udržateľnosti; Stredné skóre (medzi 5-7): Krajiny so stredným ESG skóre - dosahujú určitý stupeň udržateľnosti, avšak ešte majú

MSCI. SDG index využíva stupnicu od 0 do 100⁸³ na hodnotenie úspešnosti krajín pri dosahovaní cieľov udržateľného rozvoja stanovených organizáciou OSN.

Z grafu 20 vyplýva, že porovnaním hodnôt ESG indexu a SDG indexu sme získali skupinu silných krajín s výrazným záväzkom k udržateľnosti a dosahujú vysoký výkon v oblastiach environmentálnych, sociálnych a vládnych faktorov. Do spomínanej skupiny vedúcich krajín radíme **Fínsko** s indexom SDG (81,68) a ESG (8,20), **Švédsko** s indexom SDG (80,63) a ESG (7,90), **Dánsko** s indexom SDG (79,17) a ESG (7,40). To značí, že vybrané škandinávске krajiny dosahujú vysoké hodnoty vďaka silnému dôrazu na rozsiahle environmentálne politiky a záväzky, ktoré sa zameriavajú na zníženie emisií skleníkových plynov, využívanie obnoviteľných zdrojov energie, ochranu biodiverzity a zlepšenie kvality ovzdušia a vody. Ďalej sa vyznačujú vysokou sociálnou spravodlivosťou a vysokou kvalitou života svojich obyvateľov, kde majú dobre vyvinuté sociálne programy so zámerom na zdravotníctvo, vzdelanie, dôchodky a sociálne zabezpečenie. Majú účinné právne a regulačné rámce, ktoré podporujú transparentnosť, boj proti korupcii a zodpovednú správu a vytvárajú prostredie, v ktorom sa podniky, občania a vláda spolupodieľajú na dosahovaní spoločných cieľov udržateľného rozvoja. Investície do obnoviteľných zdrojov energie, efektívneho využívania zdrojov a sociálne spravodlivého hospodárstva posilňujú ich ESG a SDG výsledky. Tieto krajiny sa stávajú príkladom pre ostatné národy a podnecujú globálnu spoluprácu v oblasti udržateľnosti a ochrany životného prostredia.

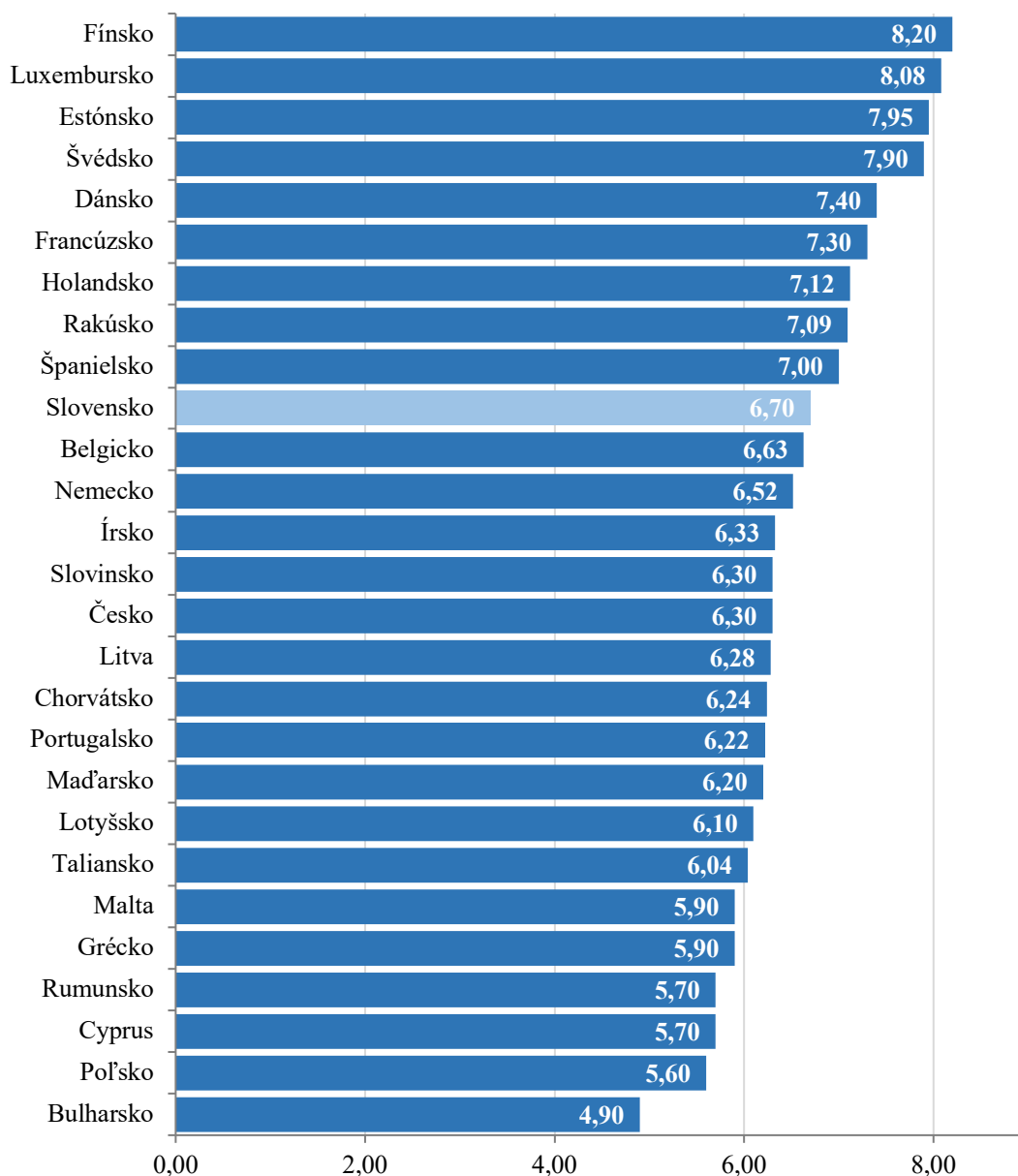
Za spomínanými krajinami nezaostáva ani naša susedná krajina **Rakúsko** s indexom SDG (78,17) a ESG (7,09), za ktorým nasleduje **Nemecko** s indexom SDG (74,84) a ESG (6,52). V rámci vyšehradskej skupiny (V4) môžeme podľa SDG indexu zhodnotiť prvotnú pozíciu **Českej republiky** s hodnotou 74,24 a ESG (6,30). Ďalej nasleduje **Poľsko** 72,40 a ESG (5,60), **Slovensko** so skóre 70,20 a ESG (6,70) a na poslednom mieste sa umiestnilo **Maďarsko** s hodnotou 69,85 a ESG (6,20). V tomto prípade by sme si mohli priblížiť niekoľko faktorov, ktoré môžu vysvetľovať podobné umiestnenie krajín V4 v hodnotení ESG a SDG indexov. Jedným z dôvodov je významná závislosť na fosílnych palivách, ako je uhlie a plyn, v ich energetickom mixe, čo môže negatívne ovplyvniť ich ESG a SDG výsledky, keďže tieto palivá majú výrazný negatívny vplyv na životné prostredie a klímu.

priestor na zlepšenie v niektorých oblastiach. *Nízke skóre* (blízko 0): Krajiny s nízkym ESG skóre - majú veľké nedostatky v oblasti udržateľnosti a potrebujú významné zlepšenie.

⁸³ *Vysoké skóre* (blízko 100): Krajiny s vysokým SDG skóre - lídri v napĺňaní cieľov udržateľného rozvoja. *Stredné skóre* (medzi 50-70): Krajiny so stredným SDG skóre - dosahujú určitý pokrok pri dosahovaní cieľov udržateľného rozvoja, avšak potrebujú zvýšiť svoje úsilie a investície. *Nízke skóre* (blízko 0): Krajiny s nízkym SDG skóre majú značné rezervy v napĺňaní cieľov udržateľného rozvoja.

Hospodárstva týchto krajín sú vo veľkej miere založené na priemysle, vrátane ťažkého priemyslu a výroby s vysokými emisiami skleníkových plynov. V niektorých prípadoch môžu tieto krajiny zaostávať v oblasti infraštruktúry a investícií do obnoviteľných zdrojov energie a environmentálne udržateľných projektov. Nedostatok dostatočných zdrojov a investícií môže ovplyvniť ich schopnosť dosahovať vyššie hodnoty v ESG a SDG indexoch. Regulačné rámce a politická vôľa môžu mať takisto významný vplyv na environmentálnu výkonnosť a úsilie v oblasti udržateľnosti.

Graf 23 Vykazovanie ESG o udržateľnosti v krajinách EÚ-27 za rok 2022

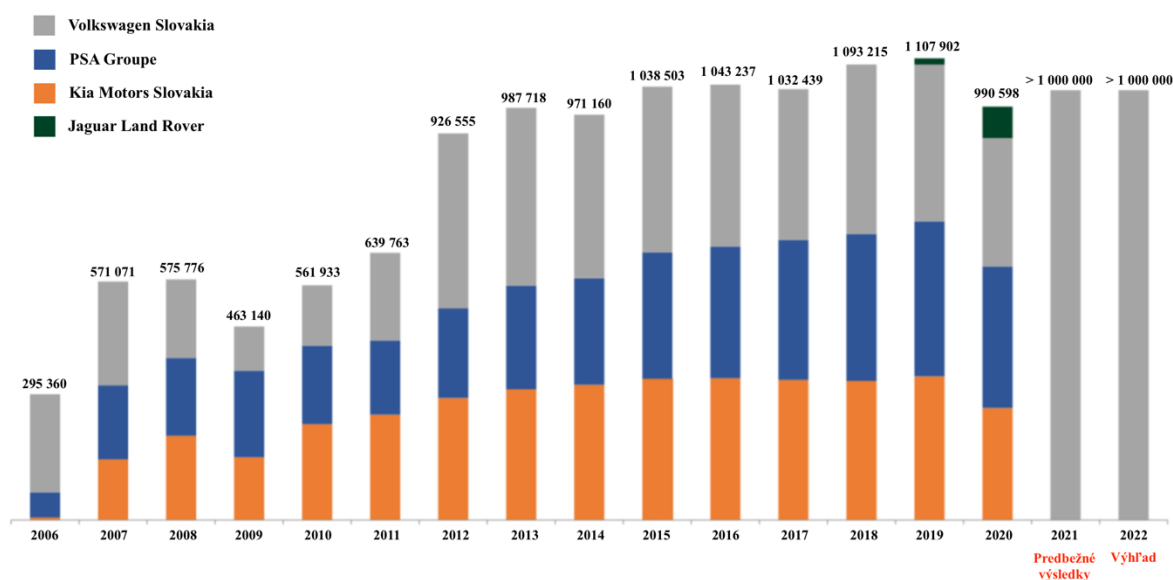


Zdroj: Vlastné spracovanie podľa MSCI ESG Fundamentals Country Score, 2022

4.3.2 Automobilový sektor a jeho súčasná situácia na Slovensku

Grafom č. 24 sa dostávame na pozíciu slovenského automobilového sektora a podľa aktuálnych dát získaných zo Zväzu automobilového priemyslu Slovenskej republiky dosiahla výroba áut na Slovensku v roku 2021 mierne viac ako milión vozidiel, čo predstavuje približne 4-percentný nárast oproti predchádzajúcemu roku. Je tiež zaujímavé, že v januári 2022 tohto roku bolo vyrobené 15 000 000-te vozidlo na Slovensku (ZAP, 2022). Výroba áut na obyvateľa umiestňuje Slovensko na svetovú špičku, s 184 vyrobenými vozidlami na každých 1 000 obyvateľov v roku 2021. V tomto ukazovateli nasledujú Česko, Slovinsko, Maďarsko, Nemecko, Španielsko a Švédsko.

Graf 24 Slovensko - výroba vozidiel za uplynulé roky (2006 – 2022)



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa ZAP | Zväz automobilového priemyslu Slovenskej republiky, 2022

Poznámka: Posledné roky 2021 a 2022 ponúkajú len predbežné výsledky všetkých automobiliek spolu, nakoľko ZAP pracoval s neucelenými dátami. Neskoršou analýzou sme získali hodnoty aj za rok 2022, kedy počet vyrobených vozidiel na Slovensku prekročil hranicu milión. Podiel tržieb automobilovej výroby na tržbách celkovej priemyselnej výroby Slovenska dosiahol 50,3 %.

Na začiatku roka 2021 sme mohli sledovať výrazný nárast výroby a predaja áut a predpovede ukazovali, že rok 2021 bude silným konkurentom rekordnému roku 2019. Na porovnanie, v tomto roku sa na Slovensku vyrobilo 1,11 milióna áut a predalo 101 568 vozidiel. Avšak, polovodičová kríza a nové vlny pandémie COVID-19 tejto prognóze nepomohli, ale slovenské automobilky sa s tým vysporiadali relatívne dobre. Automobilové značky ako *Jaguar Land Rover* a *Volkswagen* sa zamerali na výrobu vyššej cenovej triedy vozidiel, čo ich chránilo pred väčšími dopadmi. *KIA Motors Slovakia* nemala takmer žiadne

problémy so zásobovaním čipmi a koncom roka začala výrobu modelu Sportage piatej generácie. Od druhého štvrťroka bol najviac zasiahnutý závod *Stellantis Slovakia* (historický názov: do januára 2021, *Groupe PSA Slovakia*), ktorý musel zrušiť 111 výrobných zmien.

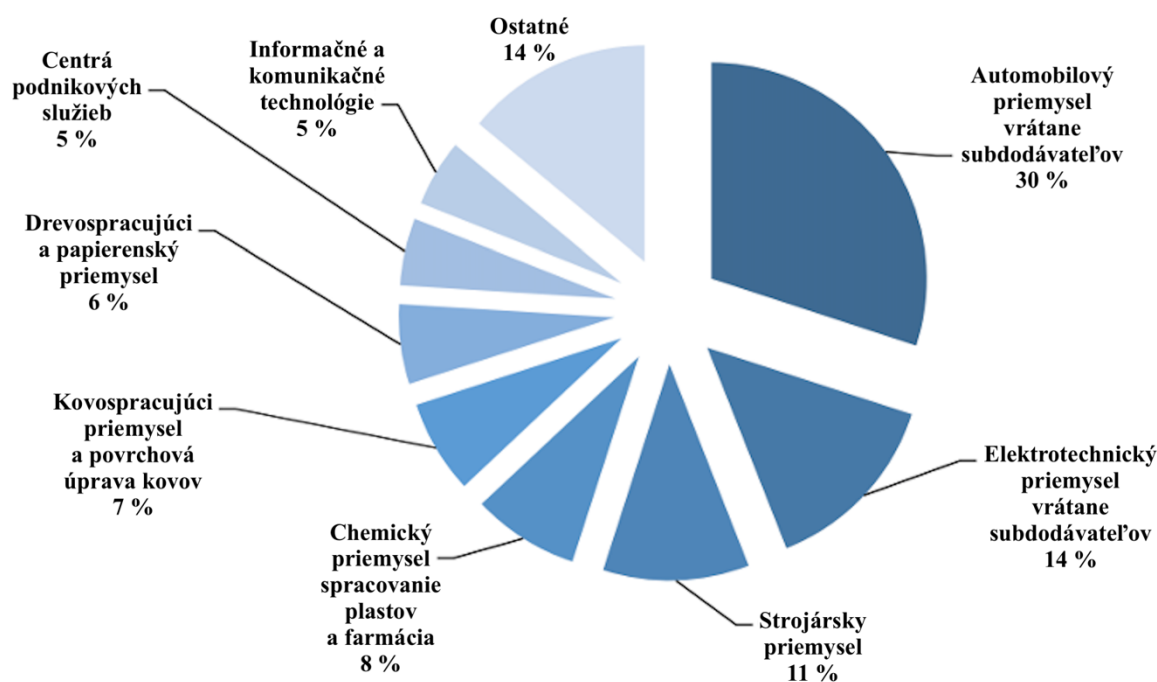
Avšak, aj napriek zhoršenej situácii, automobilový priemysel v roku 2022 tvoril 50,3 percenta z celkovej priemyselnej výroby na Slovensku a zastával podiel viac ako 42 percent pri celkovom exporte krajiny. Počet zamestnancov v tejto oblasti zaznamenal nárast o viac ako 10 000 zamestnancov. Priama zamestnanosť sa pohybovala na úrovni 176 000 pracovníkov, pričom celkový počet zamestnancov dosiahol 261 000.

Na Slovensku od roku 2003 pod záštitou Ministerstva hospodárstva SR pôsobí SARIO (Slovenská agentúra pre rozvoj investícií a obchodu), ktorej úlohou je podporovať investičný, exportný a inovačný potenciál Slovenska (SARIO, 2022a). Činnosť agentúry SARIO zahŕňa nielen podporu rozšírenia etablovaných firiem a zahraničných investícií s exportným potenciálom, ale aj diverzifikáciu sektorov, zvyšovanie pridanej hodnoty a zamestnanosti v najmenej rozvinutých regiónoch Slovenska. Počas posledných dvadsiatich rokov bolo zrealizovaných 609 investičných projektov, ktoré vytvorili takmer 136 000 pracovných miest a priniesli investície vo výške viac ako 13,5 miliardy eur (SARIO, 2022b). Za posledné roky môžeme pozorovať trend nárastu investícií s vyššou pridanou hodnotou, ako napríklad výskumné a vývojové centrá, technologické a dizajnérske centrá, ako aj zvýšený počet veľkých investícií s multiplikačnými efektmi na subdodávateľskú sieť. V roku 2021 bolo dokončených 29 investičných projektov v celkovej hodnote 464 miliónov eur, čo vytvorilo viac ako 3 000 nových pracovných miest.

Z pohľadu regionálneho rozloženia investícií sa v posledných dvoch rokoch (2020 - 2021) zistilo, že pozícia Banskobystrického kraja sa miernym spôsobom oslabila, zatiaľ čo pozícia Trnavského kraja sa posilnila. Prešovský kraj stále zaostáva, nielen pokiaľ ide o počet ukončených projektov, ale aj o počet vytvorených pracovných miest. V štruktúre ukončených investičných projektov podľa krajiny pôvodu v období od roku 2002 do 2021 je jasným lídrom Nemecko (19%), čo je v súlade so zahraničným obchodom Slovenska. Druhý najvyšší podiel má Južná Kórea (9%), nasledovaná USA (7%) a Rakúskom (6%).

Graf č. 25 ilustruje rozloženie ukončených projektov podľa sektorov, pričom takmer tretinu tvorí automobilový priemysel vrátane subdodávateľov, približne sedminu tvorí elektrotechnický priemysel vrátane subdodávateľov a deväťtinu strojársky priemysel. Agentúra SARIO zohrala úlohu v realizácii investícií automobilového priemyslu, vrátane *Jaguar Land Rover* v Nitre (2015), *Stellantis Slovakia* v Trnave (2003), *Kia Slovakia* v Žiline (2004), ako aj pri rozširovaní závodu *Volkswagen Slovakia* v Bratislave (2008, 2020).

Graf 25 Štruktúra ukončených investičných projektov v období 2002 – 2021



Zdroj: Spracované podľa údajov SARIO (2022b).

V nasledujúcich rokoch bude ďalší vývoj zahraničného obchodu Slovenska do značnej miery ovplyvnený situáciou v automobilovom priemysle, nakoľko je významný pre slovenské hospodárstvo z rôznych hľadísk. Okrem toho, že tvorí tretinu priemyselného exportu, predstavuje 13 % celkového HDP Slovenska⁸⁴ a viac ako polovicu priemyselnej výroby, kde zamestnáva takmer 300 000 ľudí.⁸⁵ Automobilový sektor momentálne čelí viacerým výzvam, vrátane dopadov pandémie, ktoré sa prejavili najmä narušením dodávateľských reťazcov. Komplikovaná situácia v súvislosti s vojnovým konfliktom na Ukrajine je ďalšou výzvou, ktorá sa prejavuje v zahraničnom obchode Slovenska prostredníctvom zníženého obchodu s Ruskom a Ukrajinou.

Okrem globálnych udalostí, ako je pandémia a vojnový konflikt na Ukrajine, automobilový sektor v celej Európe čelí aj transformácii v dôsledku dekarbonizácie, ktorá zahŕňa automatizáciu a elektrifikáciu vozidiel. Úspešné zvládnutie tejto transformácie je kritické pre Slovensko, pretože by sa prejavilo v makroekonomických ukazovateľoch a

⁸⁴ Na porovnanie, automobilový priemysel v Česku prispieva približne 9 % k celkovému HDP.

⁸⁵ S príchodom piatej automobilovej spoločnosti Volvo Cars na Slovensko sa očakáva ďalší nárast významu automobilového priemyslu. Spoločnosť plánuje investovať približne 1,2 miliardy eur v blízkosti Košíc, čo prispeje k vyváženiu geografického rozloženia automobiliek v krajine. Plánovaný závod bude špecializovaný na výrobu elektromobilov a sériová výroba by mala začať v roku 2026. Očakáva sa, že priamo v závode vznikne viac ako 3000 pracovných miest a ďalších 10-tisíc nových pracovných miest v súvisiacich odvetviach.

vývoji regiónov s významnou automobilovou výrobou. Ak by Slovensko dokázalo úspešne transformovať automobilový sektor, mohlo by si posilniť svoju pozíciu v elektromobilovej výrobe.⁸⁶ Treba však zdôrazniť, že transformácia by mala zahrnúť aj redukciu individuálnej dopravy a podporu verejnej dopravy, čo by mohlo viesť k poklesu dopytu po automobiloch. Vplyv pandémie, vojnového konfliktu na Ukrajine, transformácie automobilového sektora a schopnosť Slovenska čeliť týmto výzvam zostávajú dôležitými faktormi pre budúcu exportnú a celkovú výkonnosť slovenskej ekonomiky v nasledujúcich rokoch.

4.3.3 Aplikácia indexu ESG na slovenský automobilový sektor

ESG indexy slúžia na hodnotenie environmentálnych, sociálnych a vládnych kritérií, ktoré majú vplyv na výkonnosť spoločností v rámci ich priemyslu. V prípade automobilového priemyslu existujú rôzne ESG indexy, ktoré hodnotia tieto kritéria pre jednotlivé automobilové závody.

Jedným z najznámejších ESG indexov v automobilovom priemysle je *MSCI World Automobiles ESG Leaders Index*, ktorý zahŕňa automobilky z celého sveta, a to nielen veľké medzinárodné značky, ale aj menšie miestne spoločnosti. Tento index hodnotí spoločnosti na základe kritérií *environmentálneho výkonu* (napr. emisie skleníkových plynov, využívanie obnoviteľných zdrojov energie), *sociálnych faktorov* (napr. pracovné podmienky, zdravie a bezpečnosť zamestnancov) a *vládneho riadenia* (napr. etické podnikanie, transparentnosť finančných výkazov). Medzi automobilky, ktoré sú v tomto indexe zastúpené, patria napríklad *Toyota*, *BMW*, *General Motors* a ďalšie.

Okrem toho existujú aj ďalšie ESG indexy v automobilovom priemysle, napríklad *S&P Global Clean Energy Index*, ktorý sa zameriava na spoločnosti vyrábajúce čistú energiu a technológie na jej využívanie. Tento index zahŕňa aj automobilky, ktoré sa zaoberajú výrobou elektrických vozidiel alebo iných alternatívnych pohonov, ako napríklad *Tesla*.

Celkovo môžeme povedať, že ESG indexy v automobilovom priemysle sú dôležitým nástrojom na hodnotenie environmentálneho a sociálneho vplyvu spoločností na svetové hospodárstvo a životné prostredie, a môžu pomôcť investorom pri rozhodovaní sa o investovaní svojich finančných prostriedkov.

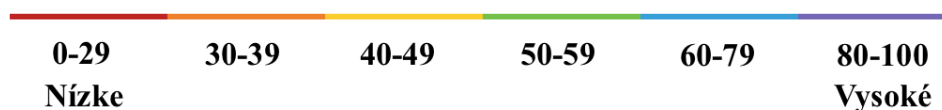
⁸⁶ V súčasnosti Slovensko zaujíma 3. miesto medzi výrobcami elektromobilov v Európe, tesne za Nemeckom a Francúzskom. V roku 2021 bolo vyrobených viac ako 77 000 elektromobilov v závodoch Volkswagen Bratislava a Stellantis Trnava (Elektromobilita FonTech Start It Up, 2021). V porovnaní s ostatnými krajinami V4, v tomto odvetví stále existuje priestor na investície do inovatívnych projektov súvisiacich s batériami a elektromobilmi. V nasledujúcich rokoch sa však očakáva výrazná zmena, pretože automobilka Volvo Cars plánuje od roku 2026 vyrábať na Slovensku až 250 000 elektromobilov ročne.

Postupne sa dostávame k hlavnému cieľu tejto kapitoly zostaviť **analýzu indexu ESG na 4 výrobcov automobilov pôsobiacich na Slovensku:**

- Volkswagen AG (SK: *Volkswagen Slovakia, 1991*)
- Stellantis NV (SK: *Stellantis Slovakia, 2006*)
- Kia Motors Corporation (SK: *Kia Slovakia, 2006*)
- Jaguar Land Rover (SK: *Jaguar Land Rover Slovakia, 2018*)

Na základe vykonanej analýzy ratingových agentúr a investičných spoločností so zámerom na ESG výkon spoločností sme prišli na to, že pre väčšinu slovenských spoločností to stále predstavuje relatívne nový pojem. Hľadanie rovnováhy medzi udržateľnosťou a zodpovedným podnikaním s minimálnym negatívnym vplyvom na životné prostredie, s dôrazom na zamestnancov a spoločnosť, je odpoveďou na posudzovanie výkonu spoločnosti prostredníctvom ESG kritérií. O tomto pojme sa častejšie hovorí v spoločnostiach s medzinárodným kontextom, najmä od roku 2021, kedy sa začalo hovoriť o povinnosti zverejňovať informácie o udržateľnosti podľa presných štandardov, ktoré momentálne finalizujú na európskej úrovni. Podľa analýz spoločnosti Mazars⁸⁷ sa približne 30 slovenských firiem v súčasnosti zaoberá otázkou udržateľnosti, ale len tretina z nich by splnila prísnejšie kritériá pre reportovanie. Novinkou je, že tieto zverejnené informácie budú musieť prejsť nezávislým auditom a firmy ich budú ukladať do centrálného digitálneho systému. Podľa nových pravidiel by spoločnosti mali začať zverejňovať správy o nefinančných ukazovateľoch v roku 2025 za rok 2024.

V dôsledku nedostupnosti skóre indexu ESG zástupcov SK sme sa rozhodli vykonať globálnu analýzu vybraných automobilových koncernov. Ako zdrojovú databázu sme si zvolili *CSRHub ESG*, ktorá má prístup k hodnoteniam zamestnancov, životného prostredia, komunity a riadenia vo veľkých spoločnostiach v Severnej Amerike, Európe a Ázii.⁸⁸



Obrázok 8 Bodovacia škála skóre ESG indexu (0 – 100 %)

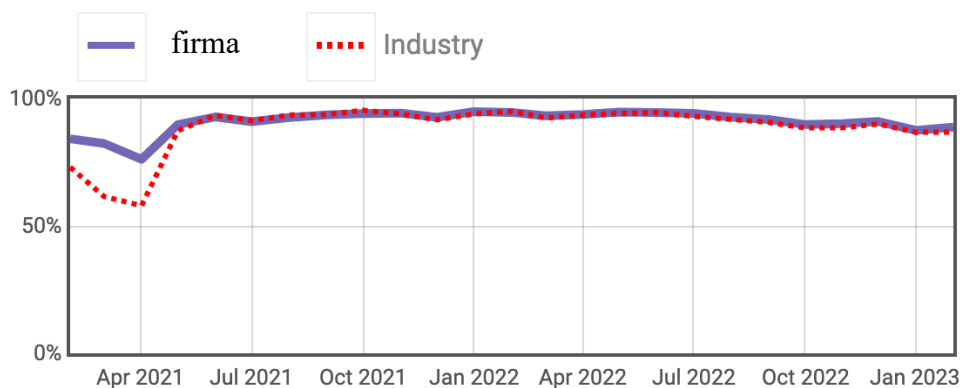
Zdroj: Vlastné spracovanie podľa CSRHub ESG

⁸⁷ Mazars Slovensko. 2022. *Výsledok ESG vo firmách na Slovensku*. URL: <<https://slk.mazars.sk/content/download/1112790/57526181/version//file/Vyspelos%C5%A5-ESG-vo-firm%C3%A1ch-na-Slovensku.pdf>>

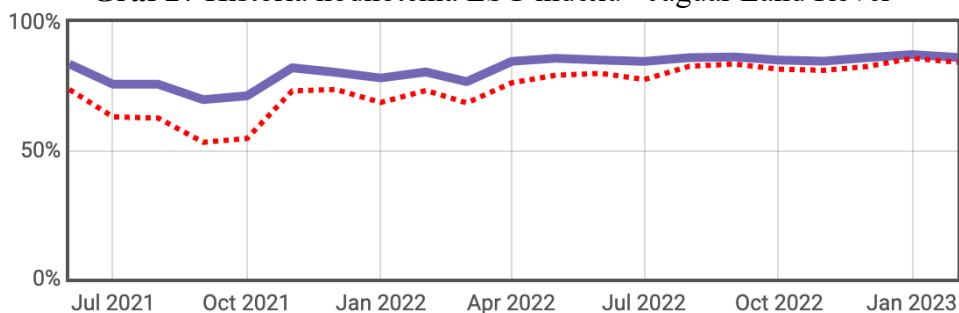
⁸⁸ Prvá spoločnosť, ktorá kombinuje údaje od 10 popredných spoločností zaoberajúcich sa analýzou spoločensky zodpovedného investovania (SRI) (tiež známych ako ESG) a viac ako 600 mimovládnych organizácií, vládnych agentúr, spravodajských kanálov, sociálnych sieťových skupín, menších ziskových organizácií a vydavateľov. Nástroje kombinujú viac ako 510 miliónov údajov o udržateľnosti a výkonnosti CSR do konzistentného súboru hodnotení.

Vyššie znázornený obrázok 8 znázorňuje bodovaciu škálu skóre ESG indexu od 0 do 100 percent, podľa ktorej vieme interpretovať získané výsledky analyzovaných spoločností.

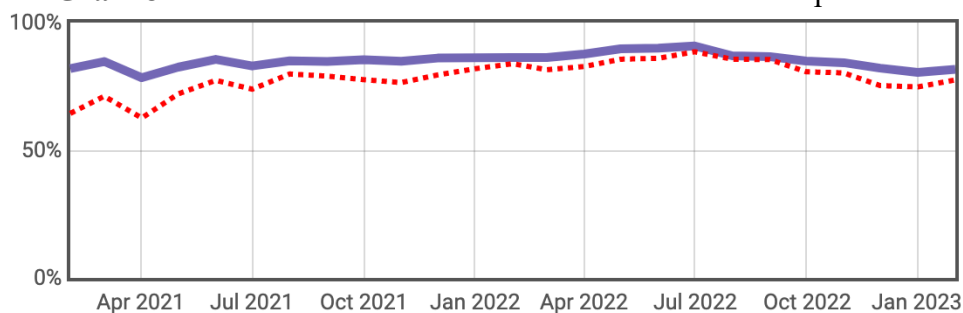
Graf 26 História hodnotenia ESG indexu - Stellantis NV



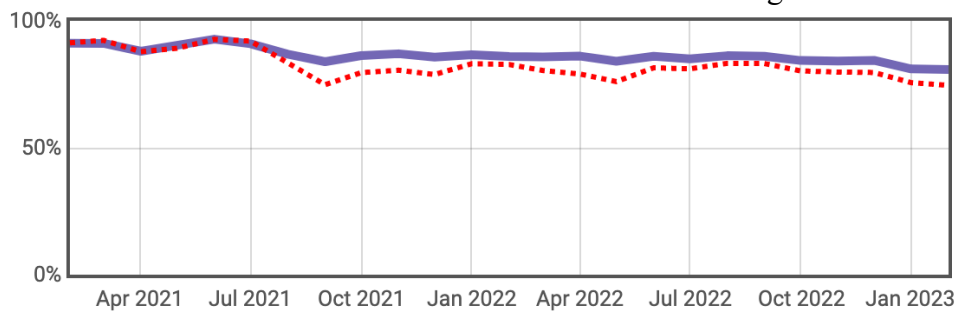
Graf 27 História hodnotenia ESG indexu - Jaguar Land Rover



Graf 28 História hodnotenia ESG indexu - Kia Motors Corporation



Graf 29 História hodnotenia ESG indexu - Volkswagen AG



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa CSRHub ESG

Grafy 26, 27, 28 a 29 nám znázorňujú históriu hodnotenia ESG indexu pre všetkých štyroch automobilových zástupcov v porovnaní s odvetvím od apríla 2021 po január 2023, kedy môžeme sledovať zaujímavý vývoj podľa obdobia.

Analýzou indexu ESG pre štyroch automobilových zástupcov sme podľa databázy CSRHub ESG získali výsledky zobrazené v Tabuľke 4, ktoré zobrazujú ako lídra *Stellantis NV*⁸⁹ s najvyšším skóre ESG v hodnote 89 %. Na druhom mieste sa umiestnila spoločnosť *Jaguar Land Rover*⁹⁰ so skóre ESG v hodnote 86 %. Na tretej priečke vidíme spoločnosť *Kia Motors Corporation*⁹¹ so skóre ESG v hodnote 82 %. Posledné miesto obsadila spoločnosť *Volkswagen AG*⁹² so skóre ESG 81 %.

Tabuľka 4 Hodnotenie indexu ESG automobilových spoločností za rok 2023

<i>Automobilové spoločnosti</i>	<i>Stellantis NV</i>	<i>Jaguar Land Rover</i>	<i>Kia Motors Corporation</i>	<i>Volkswagen AG</i>
<i>ESG skóre</i>	89 %	86 %	82 %	81 %
<i>Poradie úspešnosti</i>	1.	2.	3.	4.
				

Zdroj: Vlastné spracovanie podľa CSRHub ESG

Celkové výsledky dosiahnuté v indexe ESG naznačujú, že dané spoločnosti dosahujú vysokú úroveň v oblasti environmentálnych, sociálnych a vládnych faktorov. Tento výsledok značí, že spoločnosti sa aktívne zaoberajú udržateľnosťou a zodpovedným riadením svojho podnikania s minimálnym negatívnym vplyvom na životné prostredie a s ohľadom na zamestnancov a spoločnosť ako celok.

⁸⁹ Koncern, ktorý vznikol v januári 2021 zlúčením francúzskej spoločnosti Groupe PSA s taliansko-americkou spoločnosťou Fiat Chrysler Automobiles. Formálne ide o akciovú spoločnosť so sídlom v Holandsku.

⁹⁰ Jaguar Land Rover Limited je britská nadnárodná automobilová spoločnosť so sídlom vo Veľkej Británii, ktorá bola založená v roku 2008. Je dcérskou spoločnosťou indickej automobilky Tata Motors.

⁹¹ Kia Motors Corporation je sesterskou spoločnosťou juhokórejskej korporácie Hyundai Motor Company, a taktiež členom Hyundai Motor Group, ktorá bola založená v roku 1944.

⁹² Volkswagen Group s jeho centrálou v Nemecku je jeden z popredných a najväčších výrobcov automobilov a úžitkových vozidiel, ktorý bol založený v roku 1937.

4.4 Výpočet analýzy efektívnosti vybraných firiem (DEA metóda)

V tejto kapitole sa zaoberáme analýzou efektívnosti dvadsiatich dvoch vybraných podnikateľských subjektov pôsobiacich na Slovensku v priemysle pomocou metódy DEA.

Najprv si priblížime výber metódy DEA (analýza dátových obalov) s príslušnými modelmi. V predchádzajúcich kapitolách sme sa už zaoberali obecným popisom a štruktúrou základného DEA modelu, preto sa v tejto časti zameriame na jeho prispôbenie špecifickým potrebám nášho výskumu.

V ďalšej časti sa budeme zaoberať výberom vstupných a výstupných premenných a predstavením dostupných dát. Dôležitú časť predstavuje aj samotné meranie a zistenie efektívnosti 22 vybraných priemyselných podnikov, ktorým sa prostredníctvom programu *DEA-Solver-Pro, Version 7.0* a modelov CCR, BCC a SBM, meralo a zisťovalo skóre environmentálnej efektívnosti za rok 2021.

Posledná časť je zameraná na zhodnotenie výsledkov environmentálnej efektívnosti jednotlivých podnikov za rok 2021 a porovnanie výsledkov medzi modelmi CCR, BCC a SBM. Pri zistení neefektívnosti jednotlivých podnikov sa navrhne séria návrhov a odporúčaní, pomocou ktorých by dané podniky dosiahli efektívnosť.

4.4.1 Výber modelu (Analýzy dátových obalov – DEA)

V tejto časti si priblížime, prečo sme sa rozhodli použiť na výpočet efektivity práve modely DEA, ktoré umožňujú porovnávať efektívnosť transformácie mnohonásobných vstupov na mnohonásobné výstupy pomocou miery efektívnosti.

Najdôležitejší význam aplikácie dvojstupňovej DEA metódy v empirickom výskume zameranej na analýzu činností priemyselných podnikov predstavuje podrobný popis vzťahu medzi procesom a subprocesmi a následný úsudok, ktoré subjekty dosahujú najlepšie výsledky v jednotlivých subprocesoch. Z uvedeného vyplýva, že dvojstupňová DEA metóda má veľké praktické využitie, lebo umožňuje porovnávať aj „príspevok“ miery efektívnosti subprocesov, z ktorých je zložený celý proces. Pričom kombinácia rôznych štatistických metód umožňuje analýzu slabých a silných stránok analyzovaných subjektov.

Tento postup vedie k praktickým záverom, na ktoré faktory je potrebné sa zamerať, aby priemyselný podnik mohol zlepšiť svoju efektívnosť. Dvojstupňová DEA umožňuje štatisticky menej komplexné závery, ak nie je postup doplnený metódami.

4.4.2 Výber vstupných a výstupných premenných

Teraz si objasníme výber vstupných a výstupných premenných použitých pri analýze DEA v modeloch CCR, BCC a SBM pre hodnotenie environmentálnej efektívnosti vybraných priemyselných podnikov pôsobiacich na území Slovenskej republiky.

Veličiny boli zvolené tak, aby čo najviac reprezentovali „výrobný“ proces v oblasti poskytovania priemyselnej výroby s ohľadom na obmedzenia dané dostupnosťou dát. Vo všeobecnosti platí, že počet premenných by nemal presahovať tretinu počtu analyzovaných organizačných jednotiek. Čím sa použije väčší počet premenných, tým klesá výpovedná hodnota, vznikajú skreslené výsledky a väčšie množstvo efektívnych jednotiek. Nami zvolený počet 22 podnikov je dostatočný na zachovanie podmienky minimálneho trojnásobného počtu sledovaných jednotiek oproti počtu vstupov (4) a výstupov (1).

Je dôležité zdôrazniť, že priemyselná výroba je jedno z najnáročnejších odvetví vo vzťahu k životnému prostrediu a mala by predovšetkým sledovať dostupnosť zdrojov, smerovať k zníženiu materiálovej a energetickej náročnosti výroby a sústreďovať sa na odvetvia s vyššou technologickou náročnosťou produkcie. Priemyselná výroba výrazne ovplyvňuje životné prostredie, čo sa výrazne dotýka jednotlivých zložiek životného prostredia, a to najmä emisiami znečisťujúcich látok do ovzdušia, vody, pôdy a horninového prostredia, dôsledkami havárií a produkciou priemyselných odpadov. Zároveň, v priemyselnej výrobe dochádza k spotrebe prírodných zdrojov a k záberom pôdy. Viac informácií o priemyselnej výrobe sú uvedené v časti 4.2.3.

Ako bolo vyššie uvedené, priemyselná výroba výrazne ovplyvňuje životné prostredie značnou tvorbou *emisí CO hlavných znečisťujúcich látok*, ktoré prechádzajú do ovzdušia a výraznou produkciou *priemyselných odpadov*, kde výberu prvých dvoch vstupných premenných predchádzala aj táto skutočnosť. Druhá skupina vstupných premenných sa týkala zahrnutia *spotreby materiálu, energie a OND*, čo umožňuje posúdenie, ako efektívne podniky využívajú zdroje a prispieť k zníženiu spotreby a emisií; a *mzdových nákladov*, kde napr. vysoké mzdové náklady môžu indikovať, že podnik používa viac pracovnej sily na výrobu rovnakej produkcie, čo môže zvýšiť množstvo energie a surovín spotrebovaných na výrobu produktov.

Na strane výstupných premenných sme si zvolili jedného dôležitého zástupcu a to *celkové tržby spoločnosti*. Výstupné premenné sú výsledky výrobného procesu, pričom tieto hodnoty musia byť známe a obvykle vypočítané za určité časové obdobie napr. rok a je možné ich získať z výročných správ spoločností. DEA model takisto berie do úvahy veľkosť

podniku ako premennú a je dôležité poznať počet zamestnancov, rozsah výroby alebo celkové tržby.

Údaje boli zisťované z viacerých verejne dostupných databáz, pričom stav CO₂ emisií znečisťujúcich látok a odpadov bol získaný z *Národného registra uvoľňovania znečisťujúcich látok*⁹³ a prenosov mimo lokality prevádzkarne („NRZ“) pod záštitou Ministerstva životného prostredia SR, ktorý predstavuje databázu založenú na povinnom periodickom oznamovaní údajov od prevádzkovateľov, ktorých činnosti spadajú medzi činnosti uvedené v prílohe č. 1 nariadenia o E-PRTR.

Čo sa týka druhej skupiny vstupných premenných ako je spotreba materiálu, energie a OND a mzdových nákladov, ich hodnoty sme získali prostredníctvom platformy FinStat, ktorá agreguje registračné a finančné dáta o slovenských firmách z desiatok verejných zdrojov a následne tieto dáta triedi, spracováva, vyhodnocuje, analyzuje a vizualizuje. V prípade výstupnej premennej tržby sme zvolili takisto platformu FinStat, ale v niektorých prípadoch spoločností sme museli použiť aj výročné správy a účtovné závierky pre overenie správnosti údajov.

Nasleduje **prehľad** zvolených **vstupných a výstupných premenných**:

Vstupy (Inputové premenné)

- **Emisie CO₂** – celkové ročné množstvo emisií CO₂ znečisťujúcich látok v tonách vyprodukovaných spoločnosťou za použitia metodiky monitorovania a reportovania emisií skleníkových plynov v schéme obchodovania s emisnými kvótami (ETS),
- **Odpady (ZNO – zhodnocovanie nebezpečného odpadu)** – celkové množstvo nebezpečného recyklovaného odpadu v tonách za rok vyprodukovaného spoločnosťou za použitia metódy váženia (WEIGHT),
- **Spotreba materiálu, energie a OND** – časť spotreby, ktorú organizácia vynakladá v určitom časovom období v súvislosti s jej činnosťou. Patrí sem aj spotreba ostatných neskladovateľných dodávok,

⁹³ MŽP SR. Národný register znečisťovania, NRZ. URL: <<https://nrz.shmu.sk/sk/nrz-databaza#/map>>

- **Mzdové náklady** - čiastky mzdových nákladov, ktoré sú vyplácané vlastným zamestnancom ako odmena za prácu alebo jej náhrada na základe právneho vzťahu (pracovného, štátnozamestnaneckého, služobného alebo členského pomeru) k zamestnávateľovi.

Výstupy (Outputová premenná)

- **Celkové tržby** – peňažná suma, ktorú podnik získal predajom výrobkov, tovaru a služieb v danom účtovnom období (mesiaci, roku). Ide o výnosy získané z prevádzkovo-ekonomickej činnosti, t.j. tržby za predaj výrobkov alebo služieb, ktoré sú hlavným finančným zdrojom podniku.

Inputové premenné, podobne ako outputová premenná, nadobúdajú v databáze hodnotených priemyselných podnikov len kladné hodnoty, a tým spôsobom splnili podmienku aplikovania neparametrickej metódy DEA na hodnotenie ich efektívnosti.

4.4.3 Vstupné údaje

Súbor vstupných údajov použitý v našej práci pochádza z Národného registra znečisťovania spravovanej Ministerstvom životného prostredia Slovenskej republiky (*posledné dostupné údaje za rok 2021*) a z platformy FinStat s prístupom k aktuálnym dátam slovenských firiem, ktorý je podrobne zobrazovaný nižšie v tabuľke 5 ako prehľad 22 hodnotených priemyselných podnikov s príslušným označením DMU pre potreby metódy DEA a 4 reprezentantami vstupných premenných a 1 reprezentantom výstupnej premennej.

Aby sa zabezpečila jednotnosť resp. konzistencia zozbieraných údajov, chýbajúce údaje sa nedopĺňali z iných zdrojov. Keď to bolo možné, údaje sa porovnávali s databázou Eurostatu a v prípade vzniku extrémnych rozdielov sa vynechávali. Pôvodný súbor pokrýval minimálne 40 spoločností z odvetvia priemyselnej výroby, ale očistením dát došlo k vypusteniu 18 spoločností pre rok 2021 z dôvodu nedostupnosti dát pre vstupné premenné emisie a odpad. Vyššie uvedené spoločnosti boli následne z tejto analýzy vylúčené, pretože model DEA zodpovedá súčasnej situácii a nie je schopný takúto situáciu zvládnuť.

Tabuľka 5 Prehľad hodnotených priemyselných podnikov

Názov priemyselného podniku	DMU	Tržby v mil. €	Mzdové náklady v mil. €	Spotreba materiálu, energie a OND v mil. €	Emisie CO ₂ v tis. t	Odpady – ZNO v tis. t
VOLKSWAGEN SLOVAKIA, a.s.	1	9526,8	337,2	8290,6	48,7	2591,6
U. S. Steel Košice, s.r.o.	2	3589,7	241,6	2260,5	5856,9	2244,7
Jaguar Land Rover Slovakia, s.r.o.	3	291,6	74,4	28,0	18,5	1890,2
Železiarne Podbrezová, a.s.	4	310,2	50,7	213,7	68,1	147,3
Johns Manville Slovakia, a.s.	5	157,2	20,1	102,0	52,4	48,3
Danucem Slovensko, a.s. Rohožník	6	217,9	18,5	90,2	957,6	10,2
SLOVMAG, a.s. Lubeník	7	45,3	6,4	24,1	41,6	14,7
Slovalco, a.s.	8	418,0	0,014	332,1	294,2	10,6
VETROPACK NEMŠOVÁ, s.r.o.	9	103,2	9,1	53,1	0,1	25,8
Považská cementáreň, a.s.	10	72,3	10,8	28,2	498,1	7,3
DOLVAP, s.r.o.	11	17,3	4,5	7,6	106,1	1,3
Knauf Insulation, s.r.o.	12	89,0	7,8	35,1	59,6	15,7
Bukocel, a.s.	13	84,5	3,4	63,6	20,2	4,0
OFZ, a.s.	14	152,0	6,0	111,5	252,2	16,4
Carmeuse Slovakia, s.r.o. Košice	15	67,6	4,8	24,2	380,3	0,8
Považský cukor, a.s.	16	102,8	3,6	28,3	29,2	4,4
ŽIAROMAT, a.s.	17	13,8	2,4	9,1	3,2	4,2
KOVOHUTY, a.s.	18	25,6	3,7	8,8	30,4	25,2
Calmit, spol. s.r.o. Tisovec	19	26,8	2,7	10,9	99,8	303,6
LEIER Baustoffe SK, s.r.o. Močarmany	20	28,6	1,9	13,8	8,9	0,1
Pezinské tehelne - Paneláreň, a.s.	21	8,2	1,1	3,4	7,1	12,9
IPELSKÉ TEHELNE, a.s. Breznička	22	7,1	1,1	3,5	6,3	198,8
max	-	9526,8	337,2	8290,6	5856,9	2591,6
min	-	7,1	0,014	3,4	0,1	0,1
priemer	-	698,0	36,9	533,8	401,8	344,5
štandardná odchýlka	-	1497,7874	60,7801	1269,0093	878,8314	566,9326

Zdroj: Vlastné spracovanie podľa výročných správ spoločností za rok 2021

Poznámka: Poradie spoločností je usporiadané podľa veľkosti podniku a počtu zamestnancov.

Skratky: DMU - rozhodovacia jednotka (*Decision Making Unit*); OND – ostatné neskladovateľné dodávky; ZNO - zrecyklovaný nebezpečný odpad.

4.4.4 Korelačná matica vstupných a výstupných premenných

Pri analýze dátových obalov (DEA) je dobre sa najprv zamerať na vzťahy medzi jednotlivými premennými, zistiť ich závislosť medzi sebou a popísať základné štatistické ukazovatele vstupných a výstupných premenných. Na zistenie závislosti daných premenných sme vytvorili korelačnú maticu, ktorá dokáže vyjadriť mieru závislosti medzi dvoma alebo viacerými premennými.

Tabuľka 6 Korelácia medzi vstupnými premennými a výstupnou premennou

	MZDY	MATERIÁL	EMISIE	ODPAD	TRŽBY
MZDY	1	0,913901	0,515582	0,922212	0,94724
MATERIÁL	0,913901	1	0,196542	0,765664	0,995156
EMISIE	0,515582	0,196542	1	0,506981	0,287893
ODPAD	0,922212	0,765664	0,506981	1	0,809836
TRŽBY	0,94724	0,995156	0,287893	0,809836	1

Zdroj: Vlastné spracovanie

Skratky: Mzdy – mzdové náklady, Materiál – spotreba materiálu, energie a OND, Emisie – emisie CO₂

Z tabuľky č. 6 môžeme vidieť rôzne silnú lineárnu závislosť medzi premennými. Najsilnejšia závislosť je medzi spotrebou materiálu a celkovými tržbami spoločností. Táto závislosť nie je prekvapujúca, nakoľko predpokladáme, že čím má spoločnosť vyššiu spotrebu materiálu, tým spoločnosť dosahuje vyššie celkové tržby. Taktiež je silná závislosť aj medzi tržbami a mzdovými nákladmi, čo je tiež možné vysvetliť tak, že väčší počet zamestnancov dokáže vytvoriť vyššie tržby spoločnosti. Ďalšia veľká závislosť je medzi vyprodukovaným odpadom a mzdovými nákladmi, kde túto závislosť je možné vyložiť tak, že ak spoločnosť disponuje s väčším počtom zamestnancov, tým je veľká pravdepodobnosť zvýšenej tvorby odpadu. Takto možno interpretovať aj závislosť medzi spotrebou materiálu a mzdovými nákladmi, kde väčší počet zamestnancov spotrebuje viac materiálu.

Tabuľka 7 Základné štatistické ukazovatele vstupných a výstupných premenných

	MZDY	MATERIÁL	EMISIE	ODPAD	TRŽBY
Maximum	337,171	8290,624	5856,858	2591,64	9526,759
Minimum	0,0136	3,371336	0,063755	0,059	7,058149
Priemer	36,89604	533,7514	401,7807	344,4522	697,9625
Smerodajná odchýlka	82,94984	1755,198	1210,749	765,0277	2060,78

Zdroj: Vlastné spracovanie

V tabuľke č. 7 si môžeme všimnúť smerodajné odchýlky, ktoré ukazujú, že priemerné vzdialenosti hodnôt daných premenných sú veľmi vzdialené od ich aritmetických priemerov, čo značí, že v celkovom dátovom súbore sa nachádza veľmi veľká rôznorodosť. Taktiež je možné si všimnúť aj veľký rozdiel medzi minimom a maximom vo všetkých vstupných a výstupných premenných, čo značí, že v dátovom súbore sa nachádzajú aj jednotky, ktoré majú výrazné väčšie alebo menšie dané premenné ako ostatné jednotky.

4.4.5 Výsledky analýzy efektívnosti priemyselných podnikov

Pri prvotnej analýze a porovnávaní dosiahnutých výsledkov efektívnosti podnikov za rok 2021 sme vychádzali z riešení úloh lineárneho programovania troch DEA modelov:

Radiálne DEA modely (proporčné zmeny):

- **CCR model** – len konštantné výnosy z rozsahu (CRS/KVR DEA model)
- **BCC model** – variabilné výnosy z rozsahu (VRS/VVR DEA model)

Neradiálne modely (zmeny v pomere vstupov/výstupov):

- **SBM model** – KVR/VVR, váhy pre každú jednotku, meranie superefektívnosti

Keďže ide o riešenie úloh lineárneho programovania, muselo byť zostavených toľko modelov, koľko je podnikov, t.j. 22 úloh lineárneho programovania (ÚLP) pre každý typ DEA modelu. Bolo teda riešených 22 úloh lineárneho programovania za podmienok konštantných výnosov z rozsahu (CCR model), 22 úloh lineárneho programovania za podmienok variabilných výnosov z rozsahu (BCC model) a 22 úloh lineárneho programovania za podmienok SBM modelu. Spolu bolo treba vyriešiť 66 úloh lineárneho programovania. Ak by sme všetky modely riešili len v prostredí tabuľkového procesoru MS Excel, bolo by to časovo veľmi náročné a okrem toho z počítačného hľadiska aj značne neefektívne. Z tohto dôvodu bol pri výpočte mier technickej efektívnosti definovaných ÚLP použitý program *DEA-Solver-Pro, Version 7.0*, ktorý nám poskytol výsledky v priebehu niekoľkých desiatok sekúnd (čas výpočtu mier technickej efektívnosti je priamo úmerný zložitosti DEA modelu a počtu hodnotených rozhodovacích jednotiek).

Na to, aby sme maximalizovali mieru využitia vstupných environmentálnych premenných, rozčleniť sme našu analýzu efektívnosti na 2 scenáre v nasledovnom zložení:

Tabuľka 8 Rozloženie vstupov a výstupu do modelov DEA

	CCR1 model	CCR2 model	BCC1 model	BCC2 model	SBM1 model
MZDY (I)	X	X	X	X	X
MATERIÁL (I)	X	X	X	X	X
EMISIE (I)	X	X	X	X	X
ODPAD (I)		X		X	
TRŽBY (O)	X	X	X	X	X

Zdroj: Vlastné spracovanie

Skratky: I – input (vstup), O – output (výstup)

Získané miery efektívnosti za celý súbor 22 priemyselných podnikov budeme postupne zobrazovať ku jednotlivým modelom DEA v tabuľkách podľa poradia úspešnosti podnikov s príslušným skóre, ktoré dosiahli v porovnaní s ostatnými sledovanými podnikmi.

4.4.6 Výsledky analýzy efektívnosti – CCR1 a CCR2 model

Ako si môžeme všimnúť podľa grafu 30 a 31 a tabuliek 9 a 10, pri použití analýzy efektívnosti pre model CCR pri konštantných výnosoch z rozsahu s variantou CCR2 máme pochopiteľne viac efektívnych jednotiek ako pri použití varianty CCR1 bez vstupnej premennej odpad.

Z tabuľky 9 vidíme, že máme päť efektívnych organizačných jednotiek, ide o Považský cukor a.s. (DMU 16), Volkswagen Slovakia, a.s. (DMU 1), Vetropack Nemšová s.r.o. (DMU 9), Jaguar Land Rover Slovakia, s.r.o. (DMU 3) a Slovalco, a.s. (DMU 8). Tieto jednotky ležia na hranici efektívnosti a nemajú v žiadnej premennej sklzy.

Tabuľka 9 CCR1 model

Názov priemyselného podniku	DMU	Poradie	Skóre
Považský cukor a.s.	16	1	1
VOLKSWAGEN SLOVAKIA, a.s.	1	1	1
VETROPACK NEMŠOVÁ, s.r.o.	9	1	1
Jaguar Land Rover Slovakia, s.r.o.	3	1	1
Slovalco, a.s.	8	1	1
Bukocel, a.s.	13	6	0,794959
Carmeuse Slovakia, s.r.o.	15	7	0,730044
LEIER Baustoffe SK, s.r.o.	20	8	0,698873
KOVOHUTY, a.s.	18	9	0,658896
Knauf Insulation, s.r.o.	12	10	0,652471
Danucem Slovensko, a.s.	6	11	0,628943
Calmit, spol. s.r.o.	19	12	0,622077
OFZ, a.s.	14	13	0,601646
Považská cementáreň, a.s.	10	14	0,594214
Pezinské tehelne - Paneláreň, a.s.	21	15	0,579008
Železiarne Podbrezová a.s.	4	16	0,538808
ŽIAROMAT a.s.	17	17	0,53445
Johns Manville Slovakia, a.s.	5	18	0,527747
IPELSKÉ TEHELNE a.s.	22	19	0,492912
U. S. Steel Košice, s.r.o.	2	20	0,489345
SLOVMAG, a.s. Lubeník	7	21	0,469749
DOLVAP s.r.o.	11	22	0,466005

Zdroj: Vlastné spracovanie

Z tabuľky 10 vidíme, že máme osem efektívnych organizačných jednotiek, pričom pôvodných päť si svoje miesto udržalo, ale pribudli ešte ďalšie 3 efektívne organizačné jednotky, a to LEIER Baustoffe SK s.r.o. (DMU 20), Carmeuse Slovakia, s.r.o. Košice (DMU 15) a Bukocel, a.s. (DMU 13). Všetky tieto efektívne priemyselné podniky dosahujú hodnotu efektívnosti 1, čo značí, že nemajú sa kam posúvať a zlepšovať voči konkurencii.

Tabuľka 10 CCR2 model

Názov priemyselného podniku	DMU	Poradie	Skóre
LEIER Baustoffe SK, s.r.o.	20	1	1
VOLKSWAGEN SLOVAKIA, a.s.	1	1	1
Považský cukor a.s.	16	1	1
Jaguar Land Rover Slovakia, s.r.o.	3	1	1
Carmeuse Slovakia, s.r.o.	15	1	1
Bukocel, a.s.	13	1	1
VETROPACK NEMŠOVÁ, s.r.o.	9	1	1
Slovalco, a.s.	8	1	1
KOVOHUTY, a.s.	18	9	0,74332
Danucem Slovensko, a.s.	6	10	0,725003
Považská cementáreň, a.s.	10	11	0,703115
Knauf Insulation, s.r.o.	12	12	0,691794
DOLVAP s.r.o.	11	13	0,622383
Calmit, spol. s.r.o.	19	14	0,622077
Pezinské tehelne - Paneláreň, a.s.	21	15	0,605375
OFZ, a.s.	14	16	0,601646
ŽIAROMAT a.s.	17	17	0,596927
Železiarne Podbrezová a.s.	4	18	0,581693
Johns Manville Slovakia, a.s.	5	19	0,550477
SLOVMAG, a.s. Lubeník	7	20	0,511776
IPELSKÉ TEHELNE a.s.	22	21	0,492912
U. S. Steel Košice, s.r.o.	2	22	0,489345

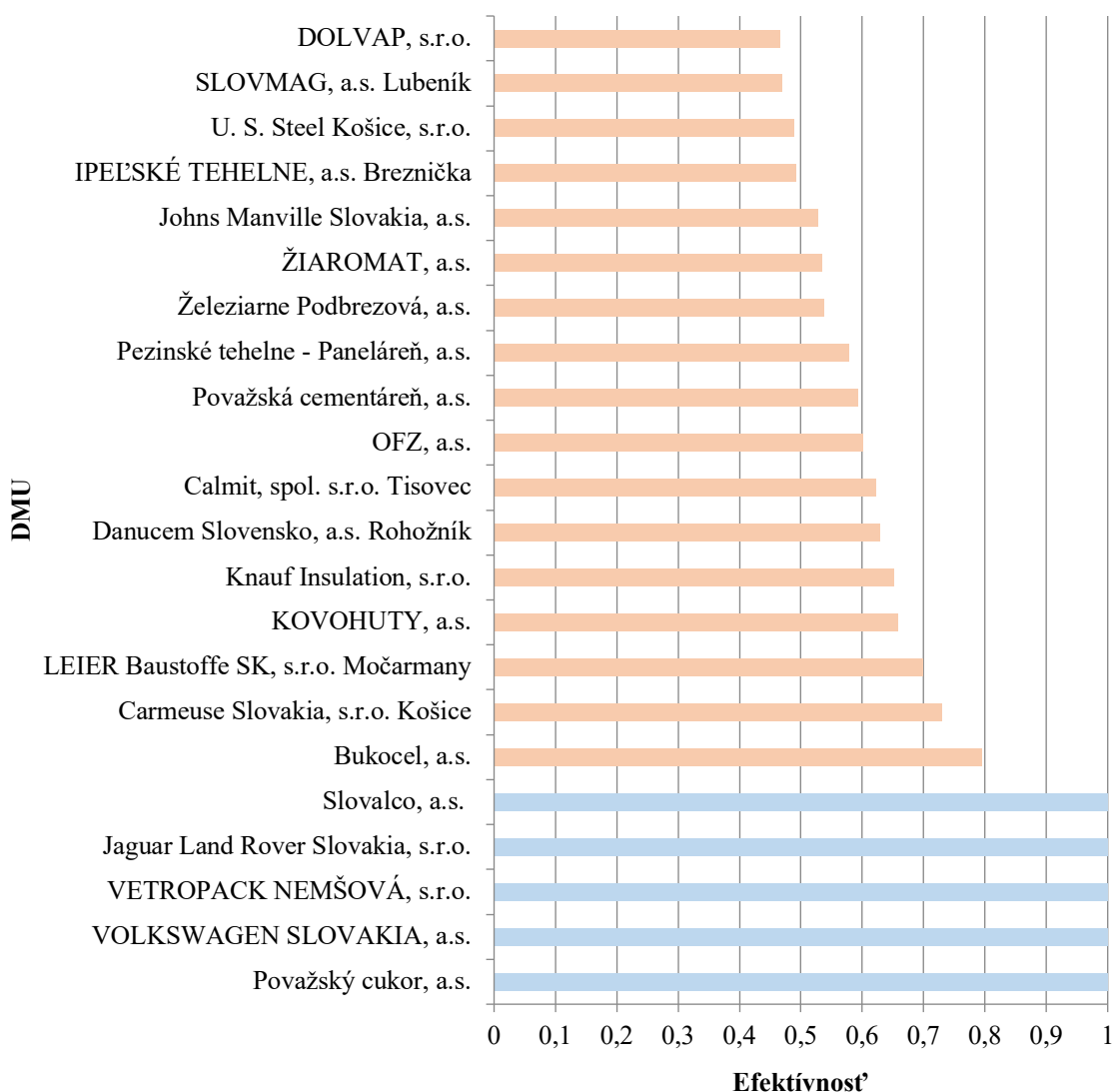
Zdroj: Vlastné spracovanie

Teraz sa pozrieme ako neefektívne organizačné jednotky môžeme premietnuť na hranicu efektívnosti. Bližšie sa budeme zaoberať napríklad neefektívnou organizačnou jednotkou Kovohuty, a.s. (DMU 18), ktorá má hodnotu efektivity v prvej variante analýzy CCR1 0,658896, pričom pri analýze CCR2 dosahuje hodnotu 0,74332. Tento stav vieme porovnať aj v rámci dvoch sledovaných analýz, kde vidíme že pri použití vstupnej premennej emisie CO₂ dosahuje oveľa horšie výsledky, čo vysvetľuje nedostatky podniku a produkciu emisií skleníkových plynov a samotný prístup k riešeniu tejto problematiky. Pri druhej

analýze CCR2 už vidíme mierne zlepšenie, čo znamená, že pri zohľadnení pridanej vstupnej premennej odpady už spoločnosť Kovohuty, a.s. podniká efektívnejšie kroky.

Za ďalšie neefektívne priemyselné podniky v roku 2021 považujeme Žiaromat a.s. (DMU 17), ktorý má hodnotu efektívnosti 0,53445 (CCR1) a 0,596927 (CCR2). Ako znázorňuje graf č. 30, tak najneefektívnejším priemyselným podnikom sa stal DOLVAP s.r.o. (DMU 11) s hodnotou efektívnosti 0,466005 v analýze CCR1. K ďalším neefektívnym podnikom sa zaraďujú Johns Manville Slovakia, a.s. (DMU 5) s hodnotou efektívnosti 0,527747, Ipeľské Tehelne a.s. Breznička (DMU 22) s hodnotou efektívnosti 0,492912, U.S.Steel Košice, s.r.o. (DMU 2), ktorý má skóre efektívnosti na hodnote 0,489345, Slovomag, a.s. Lubeník (DMU 7), kde jeho hodnota je 0,469749.

Graf 30 Výsledok efektívnosti priemyselných podnikov - CCR1 model



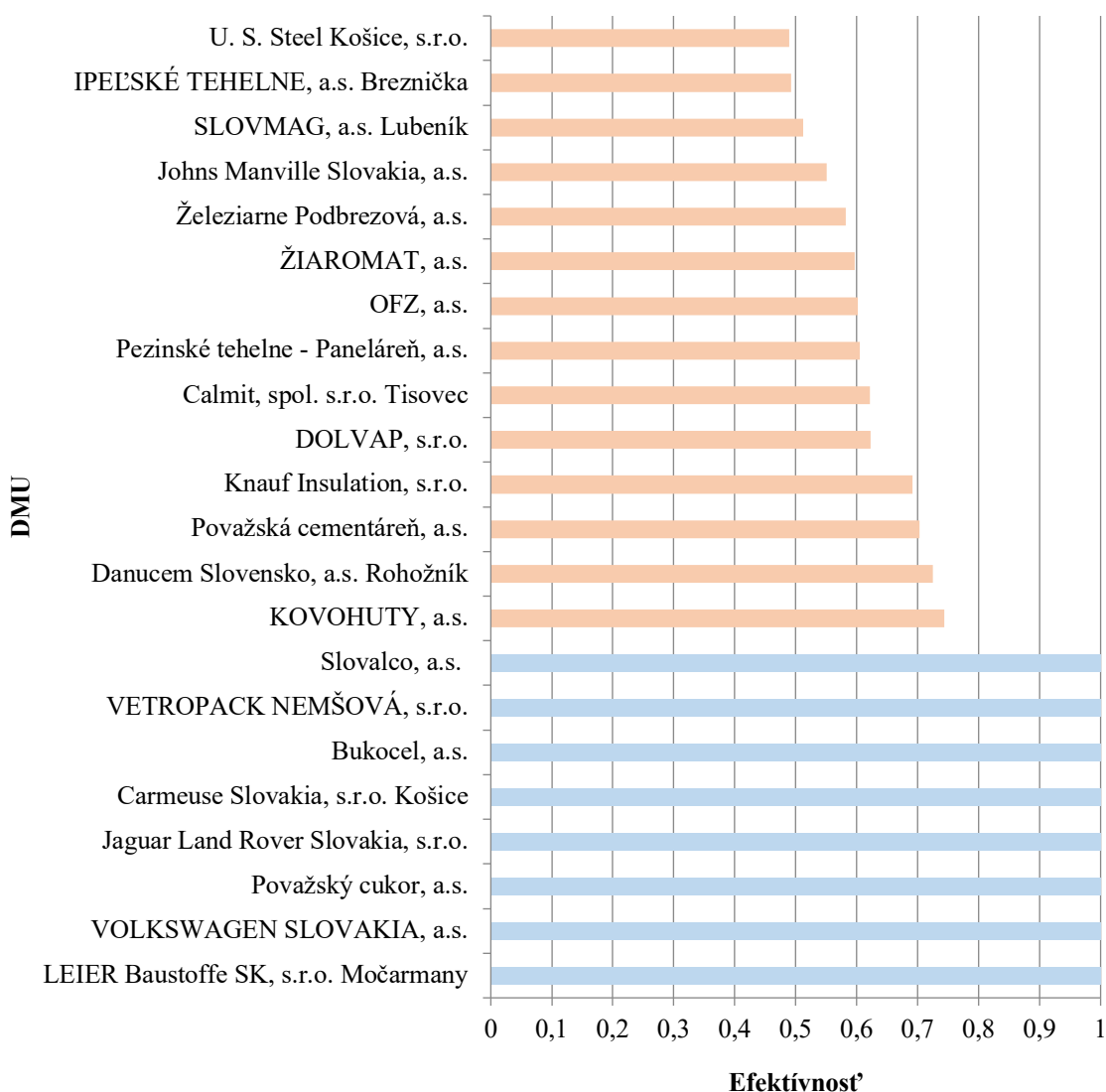
Zdroj: Vlastné spracovanie

Vyššie znázornený graf č. 30 prezentuje výsledky mier environmentálnej efektívnosti hodnotených podnikov pre CCR1 vstupne orientovaný model so zreteľom na 3 vstupné premenné a 1 výstupnú premennú, podmieňujúci konštantné výnosy z rozsahu (CRS).

Nižšie znázornený graf č. 31 prezentuje druhý nami vytvorený scenár výsledkov mier environmentálnej efektívnosti podnikov pre CCR2 vstupne orientovaný model so zámerom na 4 vstupné premenné a výstupnú premennú, predpokladajúci CRS.

Výsledky získaných mier efektívnosti sa líšia predovšetkým v počte efektívnych a neefektívnych podnikov. Z grafov vieme zhodnotiť, že štruktúra efektívnych podnikov sa v modeloch nemení až na doplnenie niektorých efektívnych podnikov v druhom scenári, kde vybrané podniky zmenili svoju neefektívnosť v intervale (0,1) na efektívnosť rovnú 1.

Graf 31 Výsledok efektívnosti priemyselných podnikov - CCR2 model



Zdroj: Vlastné spracovanie

4.4.7 Výsledky analýzy efektívnosti – BCC1 a BCC2 model

Prejdeme na druhý model BCC, kde si môžeme všimnúť podľa grafu 32 a 33 a tabuliek 11 a 12, pri použití analýzy efektívnosti pre model BCC pri variabilných výnosoch z rozsahu s variantou BCC2 máme pochopiteľne viac efektívnych jednotiek ako pri použití varianty BCC1 bez vstupnej premennej odpad.

Z tabuľky 11 vidíme, že máme deväť efektívnych organizačných jednotiek, ide o Ipeľské Tehelne a.s. (DMU 22), Volkswagen Slovakia, a.s. (DMU 1), U. S. Steel Košice, s.r.o. (DMU 2), Jaguar Land Rover Slovakia, s.r.o. (DMU 3), Pezinské tehelne - Paneláreň, a.s. (DMU 21), Žiaromat a.s. (DMU 17), Považský cukor a.s. (DMU 16), Vetropack Nemšová s.r.o. (DMU 9), a Slovalco, a.s. (DMU 8). Tieto jednotky ležia na hranici efektívnosti a opäť dosahujú hodnotu rovnú 1 a sklzy nemajú v žiadnej premennej.

Tabuľka 11 BCC1 model

Názov priemyselného podniku	DMU	Poradie	Skóre
IPEĽSKÉ TEHELNE, a.s.	22	1	1
VOLKSWAGEN SLOVAKIA, a.s.	1	1	1
U. S. Steel Košice, s.r.o.	2	1	1
Jaguar Land Rover Slovakia, s.r.o.	3	1	1
Pezinské tehelne - Paneláreň, a.s.	21	1	1
ŽIAROMAT, a.s.	17	1	1
Považský cukor, a.s.	16	1	1
VETROPACK NEMŠOVÁ, s.r.o.	9	1	1
Slovalco, a.s.	8	1	1
LEIER Baustoffe SK, s.r.o.	20	10	0,997497
Danucem Slovensko, a.s.	6	11	0,977117
Bukocel, a.s.	13	12	0,939772
KOVOHUTY, a.s.	18	13	0,78968
Carmeuse Slovakia, s.r.o.	15	14	0,75571
Calmit, spol. s.r.o.	19	15	0,734258
Železiarne Podbrezová, a.s.	4	16	0,685792
Knauf Insulation, s.r.o.	12	17	0,661323
OFZ, a.s.	14	18	0,647517
DOLVAP, s.r.o.	11	19	0,617616
Považská cementáreň, a.s.	10	20	0,615546
Johns Manville Slovakia, a.s.	5	21	0,585191
SLOVMAG, a.s. Lubeník	7	22	0,509353

Zdroj: Vlastné spracovanie

Z tabuľky 12 vidíme, že máme štrnásť efektívnych organizačných jednotiek, pričom pôvodných deväť si svoje miesto udržalo, ale pribudlo ešte ďalších 5 efektívnych organizačných jednotiek, a to LEIER Baustoffe SK s.r.o. (DMU 20), Danucem Slovensko a.s. Rohožník (DMU 6), DOLVAP s.r.o. (DMU 11), Carmeuse Slovakia, s.r.o. Košice (DMU 15) a Bukocel, a.s. (DMU 13).

Tabuľka 12 BCC2 model

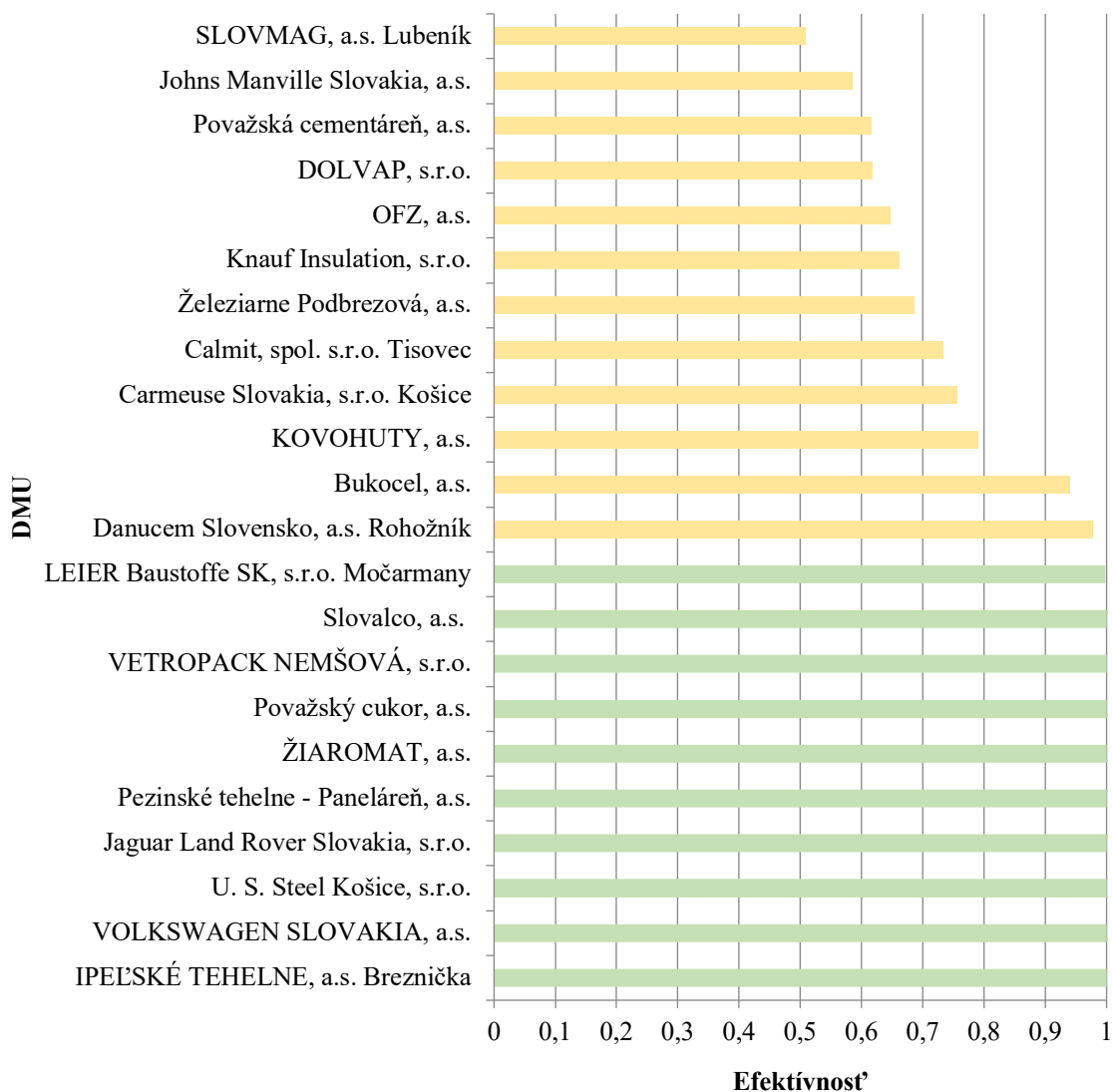
Názov priemyselného podniku	DMU	Poradie	Skóre
IPELSKÉ TEHELNE, a.s.	22	1	1
VOLKSWAGEN SLOVAKIA, a.s.	1	1	1
U. S. Steel Košice, s.r.o.	2	1	1
Jaguar Land Rover Slovakia, s.r.o.	3	1	1
Pezinské tehelne - Paneláreň, a.s.	21	1	1
LEIER Baustoffe SK, s.r.o.	20	1	1
Danucem Slovensko, a.s.	6	1	1
ŽIAROMAT, a.s.	17	1	1
Slovalco, a.s.	8	1	1
VETROPACK NEMŠOVÁ, s.r.o.	9	1	1
Považský cukor, a.s.	16	1	1
DOLVAP, s.r.o.	11	1	1
Carmeuse Slovakia, s.r.o.	15	1	1
Bukocel, a.s.	13	1	1
Železiarne Podbrezová, a.s.	4	15	0,931625
KOVOHUTY, a.s.	18	16	0,871161
Calmit, spol. s.r.o.	19	17	0,734258
Považská cementáreň, a.s.	10	18	0,72924
Johns Manville Slovakia, a.s.	5	19	0,720718
Knauf Insulation, s.r.o.	12	20	0,698076
OFZ, a.s.	14	21	0,649061
SLOVMAG, a.s. Lubeník	7	22	0,561138

Zdroj: Vlastné spracovanie

Teraz sa pozrieme ako neefektívne organizačné jednotky môžeme premietnuť na hranicu efektívnosti. Bližšie sa môžeme zaoberať napríklad neefektívnym podnikom Železiarne Podbrezová a.s. (DMU 4), ktorej hodnota efektívnosť v analýze BCC1 dosahuje 0,685792 a v druhej analýze 0,931625. Z týchto výsledkov by sme mohli zhodnotiť, že podnik má značné rezervy pri produkcii emisií CO₂ a ich eliminácie, pričom na druhej strane pri zohľadnení aj druhej vstupnej environmentálnej premennej vykazuje relatívne vysoké hodnoty efektívnosti približujúcej sa k 1, čo môže evokovať kvalitný systém s odpadom.

Za ďalšie neefektívne priemyselné podniky v roku 2021 považujeme OFZ a.s. (DMU 14), ktorý má hodnotu efektívnosti 0,647517 (BCC1) a 0,649061 (BCC2). Ako znázorňuje graf č. 32 a 33, tak najneefektívnejším priemyselným podnikom sa stal SLOVMAG, a.s. Lubeník (DMU 7) s hodnotou efektívnosti 0,509353 v analýze BCC1 a 0,561138 v BCC2.

Graf 32 Výsledok efektívnosti priemyselných podnikov - BCC1 model

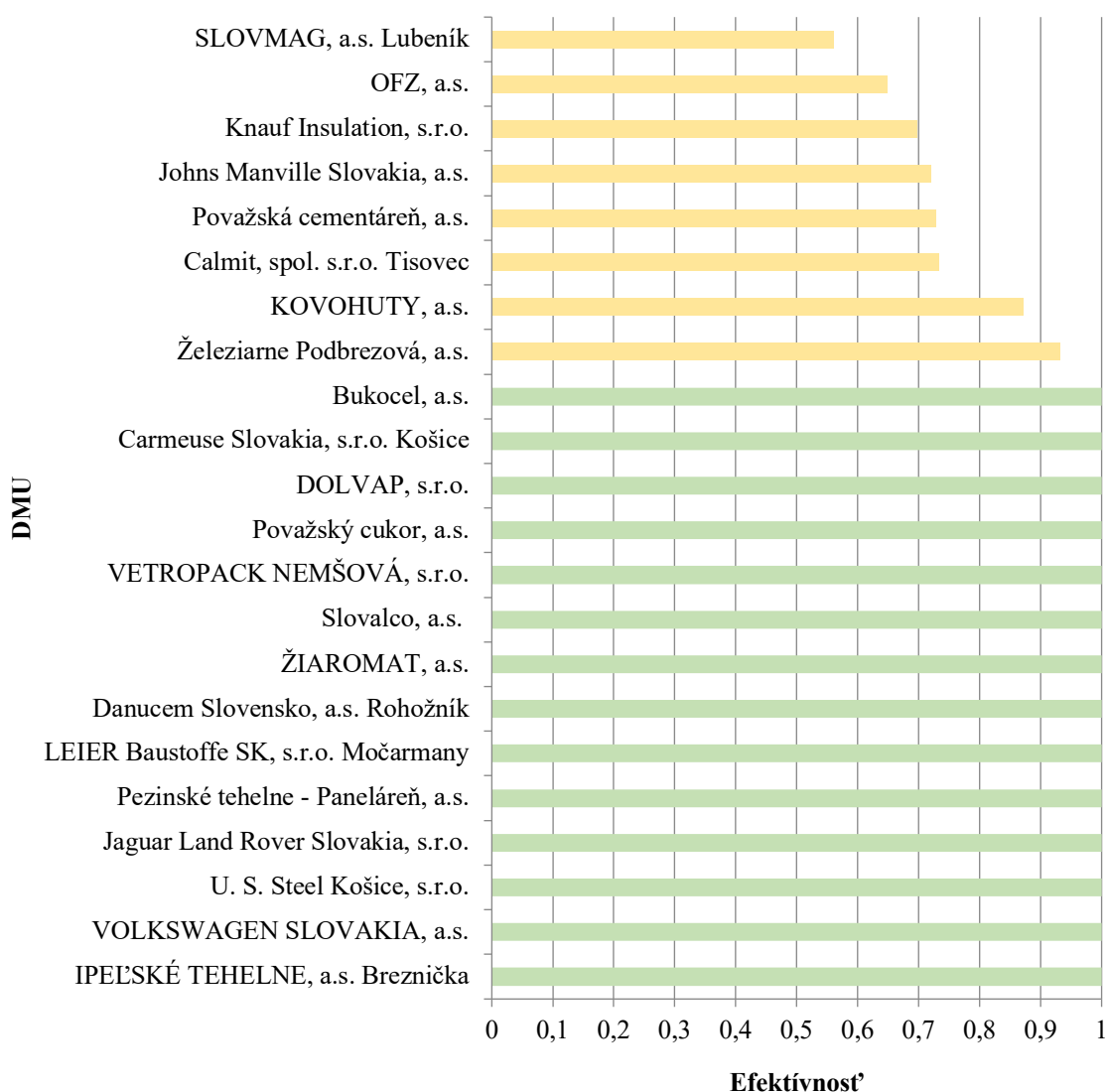


Zdroj: Vlastné spracovanie

Graf č. 32 prezentuje výsledky mier environmentálnej efektívnosti hodnotených priemyselných podnikov pre BCC1 vstupne orientovaný model so zreteľom na 3 vstupné premenné a 1 výstupnú premennú, podmieňujúci variabilné výnosy z rozsahu (VRS).

Nižšie znázornený graf č. 33 prezentuje druhý scenár výsledkov mier environmentálnej efektívnosti podnikov pre BCC2 vstupne orientovaný model so zámerom na 4 vstupné premenné a výstupnú premennú, predpokladajúci VRS.

Graf 33 Výsledok efektívnosti priemyselných podnikov - BCC2 model



Zdroj: Vlastné spracovanie

4.4.8 Výsledky analýzy efektívnosti – SBM1 model

Prejdeme na tretí model SBM, kde si môžeme všimnúť podľa grafu 34 a tabuľky 13 pri použití analýzy efektívnosti pre model SBM pri meraní superefektívnosti máme už len jednu variantu SBM1. Z tabuľky 13 vidíme, že máme päť efektívnych jednotiek, ide o Považský cukor a.s. (DMU 16), Volkswagen Slovakia, a.s. (DMU 1), Vetropack Nemšová s.r.o. (DMU 9), Jaguar Land Rover Slovakia, s.r.o. (DMU 3) a Slovalco, a.s. (DMU 8). Tieto jednotky ležia na hranici efektívnosti a nemajú v žiadnej premennej sklzy.

V poslednej časti sa pozrieme, aké neefektívne organizačné jednotky sa premietli na hranicu efektívnosti. Za prvú neefektívnu organizačnú jednotku môžeme považovať Bukocel, a.s. (DMU 13), ktorá má hodnotu efektívnosti v prvej variante analýzy SBM1

0,707804. Tento stav posudzujeme už len v rámci analýzy 1 pri použití vstupnej premennej emisie CO₂, čo znamená, že podnik má v tejto oblasti značné nedostatky a svoj prístup k riešeniu tejto problematiky by mal zlepšiť a podniknúť potrebné kroky k zlepšeniu.

Za ďalšie neefektívne priemyselné podniky v roku 2021 považujeme Ipeľské Tehelne a.s. Breznička (DMU 22) s hodnotou efektívnosti 0,369498.

Tabuľka 13 SBM1 model

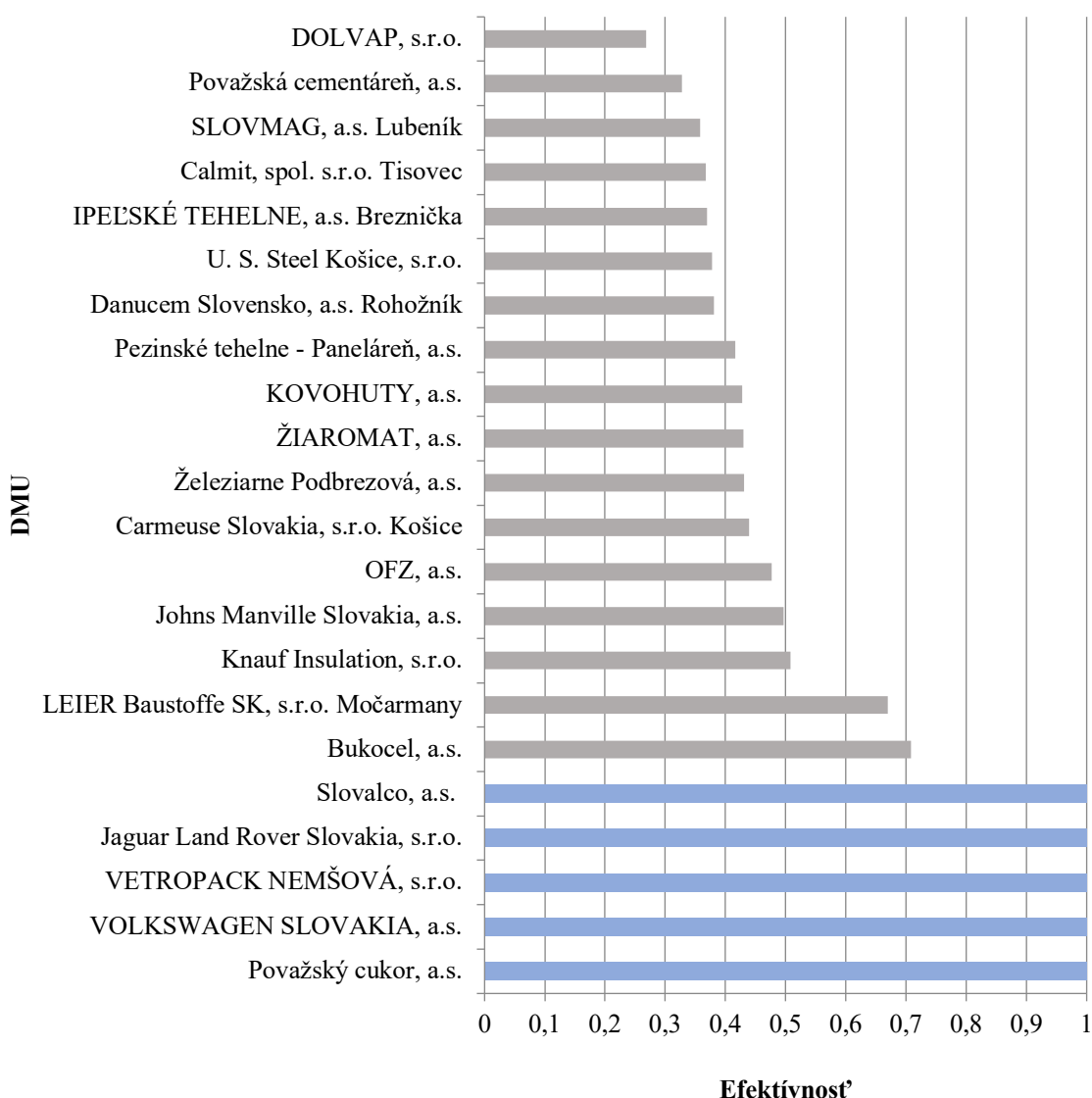
Názov priemyselného podniku	DMU	Poradie	Skóre
Považský cukor, a.s.	16	1	1
VOLKSWAGEN SLOVAKIA, a.s.	1	1	1
VETROPACK NEMŠOVÁ, s.r.o.	9	1	1
Jaguar Land Rover Slovakia, s.r.o.	3	1	1
Slovalco, a.s.	8	1	1
Bukocel, a.s.	13	6	0,707804
LEIER Baustoffe SK, s.r.o.	20	7	0,669354
Knauf Insulation, s.r.o.	12	8	0,508367
Johns Manville Slovakia, a.s.	5	9	0,496577
OFZ, a.s.	14	10	0,477004
Carmeuse Slovakia, s.r.o.	15	11	0,439028
Železiarne Podbrezová, a.s.	4	12	0,430789
ŽIAROMAT, a.s.	17	13	0,429777
KOVOHUTY, a.s.	18	14	0,427943
Pezinské tehelne - Paneláreň, a.s.	21	15	0,416074
Danucem Slovensko, a.s.	6	16	0,381129
U. S. Steel Košice, s.r.o.	2	17	0,377916
IPEĽSKÉ TEHELNE, a.s.	22	18	0,369498
Calmit, spol. s.r.o.	19	19	0,367709
SLOVMAG, a.s. Lubeník	7	20	0,358328
Považská cementáreň, a.s.	10	21	0,327624
DOLVAP, s.r.o.	11	22	0,268372

Zdroj: Vlastné spracovanie

K ďalším neefektívnym podnikom sa zaraďujú Calmit, spol. s.r.o. (DMU 19) s hodnotou efektívnosti 0,367709, Slovmag, a.s. Lubeník (DMU 7), ktorý má skóre efektívnosti na hodnote 0,358328 a predposledné miesto zaujala spoločnosť Považská cementáreň, a.s. (DMU 10), s hodnotou efektívnosti 0,327624.

Ako znázorňuje graf č. 34, tak najneefektívnejším priemyselným podnikom sa stal opäť DOLVAP s.r.o. (DMU 11) s hodnotou efektívnosti 0,268372 v analýze SBM1.

Graf 34 Výsledok efektívnosti priemyselných podnikov - SBM1 model



Zdroj: Vlastné spracovanie

4.5 Komparácia environmentálnych modelov (CCR, BCC a SBM)

Analýza efektívnosti začína vytvorením databázy premenných, ktoré v našom výskume podrobne monitoruje Národný register znečisťovania (2021) a Finstat (2021). Na hodnotenie efektívnosti priemyselných podnikov môžeme definovať niekoľko podobných premenných na základe rôzne stanovených údajov, a preto sa výsledky väčšinou môžu zdať ako nekonzistentné. Na meranie a hodnotenie celkovej účinnosti podnikov je možné použiť väčší počet vstupov a výstupov. V našom výskume sme si vybrali päť ukazovateľov - štyri z nich sú vstupy a jeden výstup – vyváženú optimálnu environmentálnu efektívnosť a konkurenčný potenciál. Referenčným obdobím skúmania je rok 2021 na základe dostupnosti vybraných ukazovateľov na úrovni podnikov.

Prvým environmentálnym vstupom sú emisie CO₂ a druhým odpady (zhodnocovanie nebezpečného odpadu), za tretí vstup bola zvolená spotreba materiálu, energie a OND a posledný mzdové náklady. Za jediný výstup boli zvolené celkové tržby, ktoré najlepšie odzrkadľujú výkonnosť jednotlivých podnikov pôsobiacich na území Slovenskej republiky.

Na výpočet environmentálnej efektívnosti podnikov sme použili 5 modelov DEA:

1. **CCR1** vstupne orientovaný model (s 3 vstupmi [- odpady] a 1 výstupom), predpokladajúci konštantné výnosy z rozsahu (CRS),
2. **CCR2** vstupne orientovaný model (so 4 vstupmi [+ odpady] a 1 výstupom), predpokladajúci CRS,
3. **BCC1** vstupne orientovaný model (s 3 vstupmi [- odpady] a 1 výstupom), predpokladajúci variabilné výnosy z rozsahu (VRS),
4. **BCC2** vstupne orientovaný model (so 4 vstupmi [+ odpady] a 1 výstupom), predpokladajúci VRS,
5. **SBM1** aditívny neradiálny model, nezameriavajúci sa na vstupy a výstupy (s 3 vstupmi [- odpady] a 1 výstupom), predpokladajúci CRS a VRS.

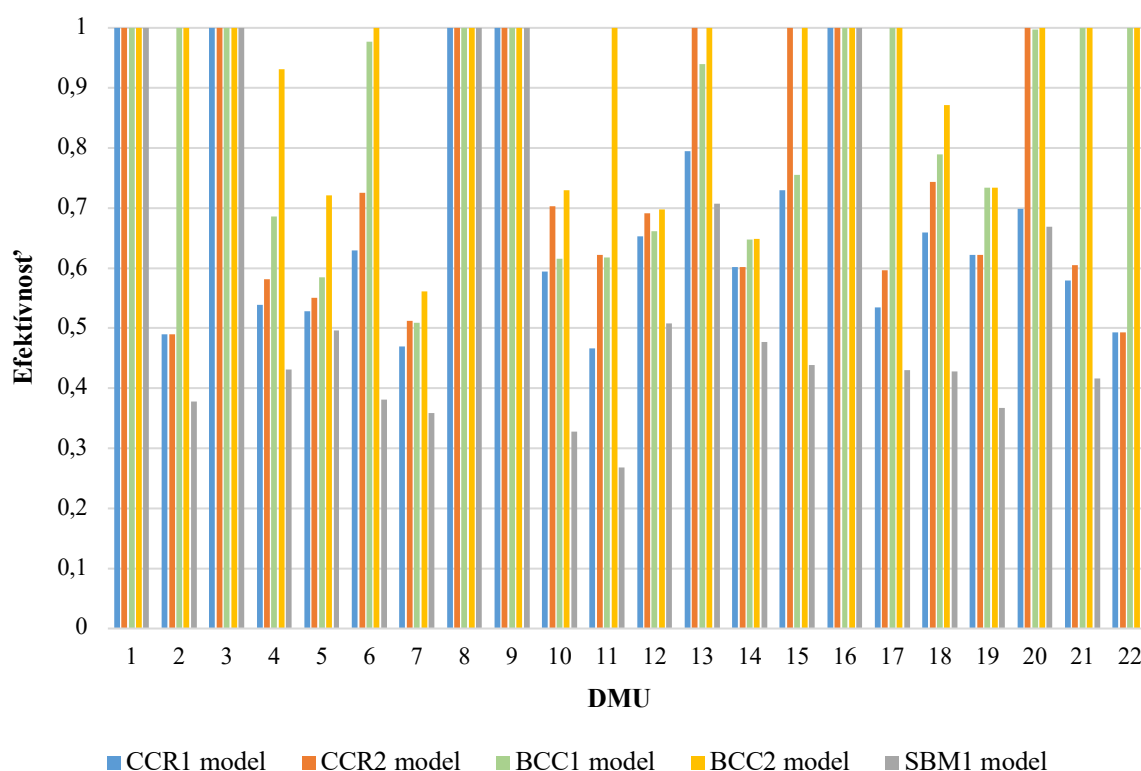
Základné DEA modely, konkrétne primárne CCR modely orientované na vstupy/výstupy (s viacnásobnými vstupmi a výstupmi), predpokladajú CRS. V roku 1984 Banker, Charnes a Cooper modifikovali CCR model, ktorý berie do úvahy VRS (klesajúce, rastúce alebo konštantné) - BCC modely orientované na vstupy/výstupy (s viacnásobnými vstupmi a výstupmi). VRS dokáže lepšie identifikovať efektívnejšie jednotky. Predpoklad VRS poskytuje realistickejší výraz ekonomickej reality a faktických vzťahov, udalostí a činností existujúcich v krajinách a regiónoch (Hair a Black, 2009). Modely CCR a BCC hodnotia efektívnosť jednotiek (v našom prípade priemyselných podnikov) pre akýkoľvek počet vstupov a výstupov. Koeficient efektívnosti (CE - *coefficient of efficiency*) je pomer medzi váženou sumou výstupov a váženou sumou vstupov. Každý podnik si vyberá váhy vstupov a výstupov, ktoré maximalizujú ich efektívnosť. CE nadobúda hodnoty v intervale $<0, 1>$. V DEA modeloch zameraných na vstupy majú efektívne podniky (nachádzajúce sa na efektívnej hranici) vždy CE rovné 1, zatiaľ čo neefektívne podniky majú CE menšie ako 1. DEA tiež umožňuje vypočítať potrebné zlepšenia, ktoré je treba uskutočniť v neefektívnych vstupoch a výstupoch podnikov, aby sa stali efektívnejšími.

CCR a BCC modely sú radiálne, čo znamená, že obsahujú radiálne premenné θ_q (pre modely zamerané na vstupy) a ϕ_q (pre modely zamerané na výstupy). Tieto premenné naznačujú požadovanú úroveň redukcie všetkých vstupov (θ_q) a mieru zvýšenia všetkých

výstupov (ϕq) na dosiahnutie efektívnosti. Avšak CCR a BCC modely musia brať do úvahy rozdiel medzi vstupmi a výstupmi. SBM aditívne modely priamo merať účinnosť použitia dodatočných premenných ($s + a s -$). Pri formulácii SBM aditívnych modelov nie je potrebné rozlišovať medzi zameraním na vstupy a výstupy. V SBM modeloch majú efektívne jednotky vždy CE rovné 0, pretože to je súčet dodatočných premenných pre vstupy a výstupy ($s + a s -$), čo vyjadruje vzdialenosť od efektívnej hranice. Čím nižší je súčet dodatočných premenných pre vstupy a výstupy, tým bližšie je hodnotená jednotka (v našom prípade podniky) k efektívnej hranici a vyššia je jej úroveň efektívnosti a naopak.

V prípade hodnotenia environmentálnej efektívnosti sme zistili že modely DEA poskytli výsledky vo všetkých sledovaných podnikoch. Graf 35 uvádza porovnanie hodnotenia efektívnosti podnikov pôsobiacich na území Slovenskej republiky pomocou modelov CCR1, CCR2, BCC1, BCC2 a SBM1 (podrobnejšie projekcie v *Prílohách I - V*).

Graf 35 Porovnanie DEA modelov CCR, BCC a SBM



Zdroj: Vlastné spracovanie

Skratky: CCR1 – model s konštantnými výnosmi z rozsahu (3 vstupy a 1 výstup), CCR2 – model s konštantnými výnosmi z rozsahu (4 vstupy a 1 výstup), BCC1 - model s variabilnými výnosmi z rozsahu (3 vstupy a 1 výstup), BCC2 - model s variabilnými výnosmi z rozsahu (4 vstupy a 1 výstup), SBM1 – (Slacks-Based Measure) miera efektívnosti založená na doplnkových premenných (3 vstupy a 1 výstup).

5 DISKUSIA

V tejto časti dizertačnej práce zhodnotíme skóre environmentálnej efektívnosti priemyselných podnikov v roku 2021. Ide o zhodnotenie skóre efektívnosti, ktoré podniky dosiahli po výsledkoch analýzy dátových obalov (DEA). Táto časť dizertačnej práce je zameraná aj na návrhy a odporúčania, prostredníctvom ktorých sa dané neefektívne podniky môžu stať efektívnymi, a tým dosiahnuť skóre environmentálnej efektívnosti rovné 1-nej.

Odporúčania a návrhy sú vypracované pre neefektívne podniky, ktoré nám vyšli z analýz a tieto výsledky návrhov sú vygenerované pre každý podnik jednotlivo. Ide o návrhy na zníženie, alebo zvýšenie vstupov a výstupov na také hodnoty, pri ktorých by dané neefektívne podniky dosiahli efektívnosť.

Tieto potenciálne vstupy a výstupy sme vytvorili prostredníctvom DEA modelov CCR, BCC a SBM, ktoré tieto optimálne vstupy a výstupy dokážu vygenerovať. Prvá polovica vstupných premenných a jeden výstup sú vyjadrené v mil. EUR a druhá polovica v tis. ton. Návrhy odporúčaní na zmenu je možné implementovať do budúcej dlhodobej stratégie priemyselných podnikov

5.1 Zhodnotenie efektívnosti priemyselných podnikov

Obalová analýza dát (DEA) môže byť užitočná ako nástroj na analýzu a podporu pre manažérske rozhodnutia firiem z rovnakého odvetvia s podobnou technológiou, pomocou ktorého je možné plánovať dlhodobú obchodnú politiku priemyselného podniku. Uvedený spôsob hodnotenia bol ilustrovaný na dostupných údajoch. V takom prípade sú vzorové firmy aplikovateľnými obrazmi *best practice*.

V nasledujúcej tabuľke č. 14 môžeme vidieť prehľad najefektívnejších podnikov po uskutočnení obalovej analýzy dát DEA, ktorou sme postupne pre každý priemyselný podnik získali mieru efektívnosti (CE) v období 2021.

Medzi priemyselné podniky pôsobiace na území Slovenskej republiky, ktoré boli efektívne vo všetkých modeloch CCR1, CCR2, BCC1, BCC2 a SBM1, je možné zaradiť 5 podnikov, ktoré dosahovali vo všetkých prípadoch úroveň efektívnosti rovnú 1-nej za sledované obdobie 2021 a to VOLKSWAGEN SLOVAKIA, a.s. (DMU 1), Jaguar Land Rover Slovakia, s.r.o. (DMU 3), Slovalco, a.s. (DMU 8), VETROPACK NEMŠOVÁ s.r.o. (DMU 9), a Považský cukor a.s. (DMU 16).

Tabuľka 14 Porovnanie výsledkov efektívnosti podnikov v modeloch CCR, BCC a SBM

Názov priemyselného podniku	DMU	CCR1 model	CCR2 model	BCC1 model	BCC2 model	SBM1 model
		CE	CE	CE	CE	CE
VOLKSWAGEN SLOVAKIA, a.s.	1	1	1	1	1	1
Jaguar Land Rover Slovakia, s.r.o.	3	1	1	1	1	1
Slovalco, a.s.	8	1	1	1	1	1
VETROPACK NEMŠOVÁ s.r.o.	9	1	1	1	1	1
Považský cukor a.s.	16	1	1	1	1	1

Zdroj: Vlastné spracovanie

Skratky: CE - znamená priemernú mieru efektívnosti podniku v období 2021, DMU - rozhodovacia jednotka (*Decision Making Unit*)

Tabuľka č. 15 bližšie analyzuje a porovnáva efektívne podniky v modeloch DEA podľa dosiahnutej CE hodnoty a následne prezentuje poradie od najefektívnejších po menej efektívne podniky. V tomto prípade môžeme za najlepšiu vzorovú firmu tzv. *best practice* označiť VOLKSWAGEN SLOVAKIA, a.s., ktorá aj spomedzi ďalších štyroch efektívnych podnikov dosiahla najlepšie výsledky.

Tabuľka 15 Poradie efektívnych podnikov v modeloch DEA podľa CE hodnoty

Názov priemyselného podniku	DMU	CCR1 model	CCR2 model	BCC1 model	BCC2 model	SBM1 model	Priemerné poradie podnikov	Celkové poradie podnikov
		Poradie	Poradie	Poradie	Poradie	Poradie		
VOLKSWAGEN SLOVAKIA, a.s.	1	2	1	1	1	2	1,4	1.
Jaguar Land Rover Slovakia, s.r.o.	3	4	3	2	2	4	3	3.
Slovalco, a.s.	8	5	5	5	3	5	4,6	5.
VETROPACK NEMŠOVÁ s.r.o.	9	3	4	4	4	3	3,6	4.
Považský cukor a.s.	16	1	2	3	5	1	2,4	2.

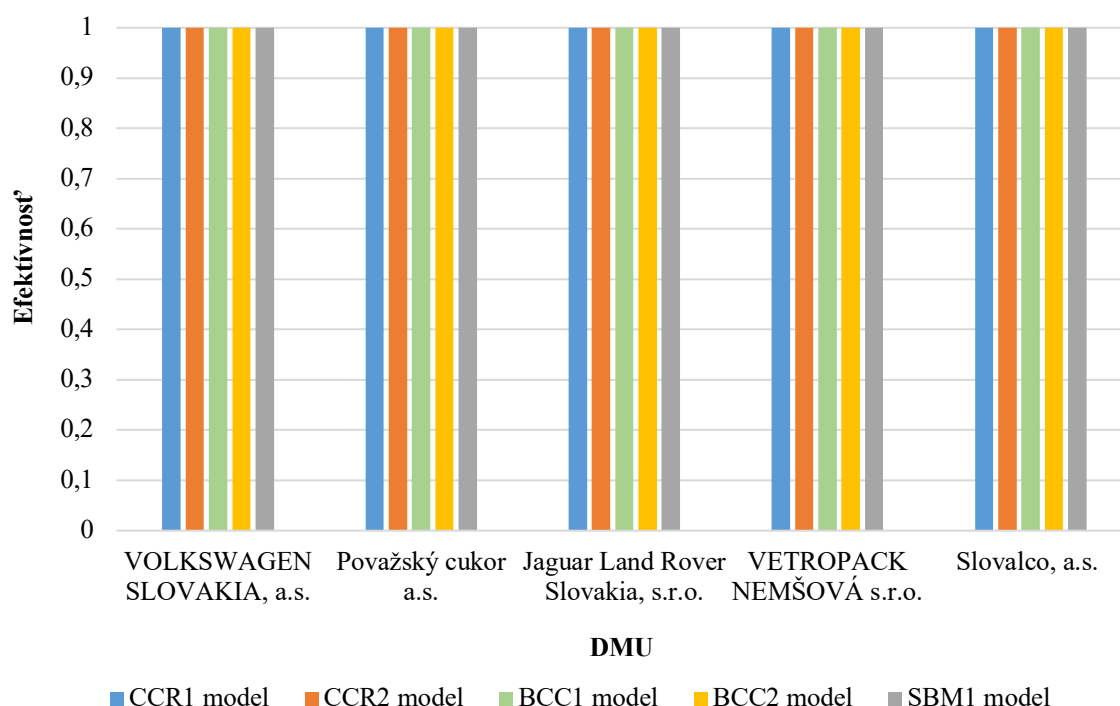
Zdroj: Vlastné spracovanie

Skratky: DMU - rozhodovacia jednotka (*Decision Making Unit*)

Preto v nižšie zobrazenom grafe č. 36, pri zhodnotení efektívnych podnikov je jednoznačné, že všetkých 5 priemyselných podnikov dosiahlo skóre environmentálnej efektívnosti rovné 1, čo znamená, že všetky podniky sú efektívne v prípade vybraných vstupných a výstupných premenných a kvalitne dodržiavajú svoju environmentálnu politiku.

Vzhľadom k meniacim sa trhovým podmienkam hliníkareň Slovalco, jeden z najväčších slovenských výrobcov hliníka, ukončila výrobu primárneho hliníka vo svojom závode v Žiari nad Hronom začiatkom januára 2023 z dôvodu vysokých platieb za cenu elektriny pre energeticky náročné podniky. Táto spoločnosť pritom patrí medzi najekologickejšie a najmodernejšie hliníkarne nielen v Európe, ale aj vo svete.

Graf 36 Poradie efektívnych podnikov v modeloch DEA podľa CE hodnoty



Zdroj: Vlastné spracovanie

5.2 Zhodnotenie neefektívnosti priemyselných podnikov

Tabuľka č. 16 ponúka prehľad neefektívnych podnikov po aplikácii analýzy DEA, pričom každý sledovaný podnik dosahuje určitú mieru efektívnosti (CE) v období 2021.

Medzi priemyselné podniky pôsobiace na území Slovenska, ktoré boli neefektívne vo všetkých modeloch CCR1, CCR2, BCC1, BCC2 a SBM1, je možné zaradiť Železiarne Podbrezová a.s. (DMU 4), Johns Manville Slovakia, a.s. (DMU 5), Slovmag, a.s. Lubeník (DMU 7), Považská cementáreň, a.s. (DMU 10), Knauf Insulation, s.r.o. (DMU 12), OFZ, a.s. (DMU 14), KOVOHUTY, a.s. (DMU 18), Calmit, spol. s.r.o. Tisovec (DMU 19).

Podľa analýzy sme zistili aj iné zaujímavé výsledky, pri ktorých sa objavili priemyselné podniky, ktoré v niektorých modeloch dosahovali aj plnú efektívnosť, kdežto pri iných sa umiestnili na posledných priečkach. Medzi takéto podniky je možné zaradiť U.S. Steel Košice, s.r.o. (DMU 2), Danucem Slovensko a.s. Rohožník (DMU 6), DOLVAP s.r.o. (DMU 11), Bukocel, a.s. (DMU 13), Carmeuse Slovakia, s.r.o. Košice (DMU 15), ŽIAROMAT a.s. (DMU 17), LEIER Baustoffe SK s.r.o. Močarmany (DMU 20), Pezinské tehelne - Paneláreň, a.s. (DMU 21), IPELSKÉ TEHELNE a.s. Breznička (DMU 22). Tieto

špecifické prípady podnikov sme už ďalej neanalyzovali, nakoľko boli ďalšie kroky výskumu zamerané predovšetkým na návrhy a odporúčania pre silne neefektívne podniky.

Tabuľka 16 Porovnanie výsledkov neefektívnosti podnikov v modeloch CCR, BCC, SBM

Názov priemyselného podniku	DMU	CCR1 model	CCR2 model	BCC1 model	BCC2 model	SBM1 model
		CE	CE	CE	CE	CE
Železiarne Podbrezová a.s.	4	0,53880	0,581693	0,685792	0,931625	0,430789
Johns Manville Slovakia, a.s.	5	0,527747	0,550477	0,585191	0,720718	0,496577
Slovmag, a.s. Lubeník	7	0,469749	0,511776	0,509353	0,561138	0,358328
Považská cementáreň, a.s.	10	0,594214	0,725003	0,615546	0,72924	0,327624
Knauf Insulation, s.r.o.	12	0,652471	0,691794	0,661323	0,698076	0,508367
OFZ, a.s.	14	0,601646	0,601646	0,647517	0,649061	0,477004
KOVOHUTY, a.s.	18	0,658896	0,74332	0,78968	0,871161	0,427943
Calmit, spol. s.r.o. Tisovec	19	0,622077	0,622077	0,734258	0,734258	0,367709

Zdroj: Vlastné spracovanie

Skratky: CE - znamená priemernú mieru efektívnosti podniku v období 2021

V tabuľke č. 17 sme opätovne pripravili porovnanie neefektívnych podnikov podľa dosiahnutej CE hodnoty v jednotlivých DEA modeloch a následne vypracovali celkové poradie od menej efektívnych po najviac neefektívne podniky. Pri porovnaní s predchádzajúcou analýzou tu nemôžeme zvoliť žiadnu vzorovú firmu tzv. *best practice*, nakoľko každá jedna firma preukazuje v skúmaných premenných potenciál na zlepšenie.

Tabuľka 17 Poradie neefektívnosti podnikov v modeloch DEA podľa CE hodnoty

Názov priemyselného podniku	DMU	CCR1 model	CCR2 model	BCC1 model	BCC2 model	SBM1 model	Priemerné poradie podnikov	Celkové poradie podnikov
		Poradie	Poradie	Poradie	Poradie	Poradie		
Železiarne Podbrezová a.s.	4	6	6	3	1	4	2,5	5.
Johns Manville Slovakia, a.s.	5	7	7	7	5	2	3,5	7.
Slovmag, a.s. Lubeník	7	8	8	8	8	7	4,875	8.
Považská cementáreň, a.s.	10	5	2	6	4	8	3,125	6.
Knauf Insulation, s.r.o.	12	2	3	4	6	1	2	2.
OFZ, a.s.	14	4	4	5	7	3	2,375	4.
KOVOHUTY, a.s.	18	1	1	1	2	5	1,25	1.
Calmit, spol. s.r.o. Tisovec	19	3	5	2	3	6	2,25	3.

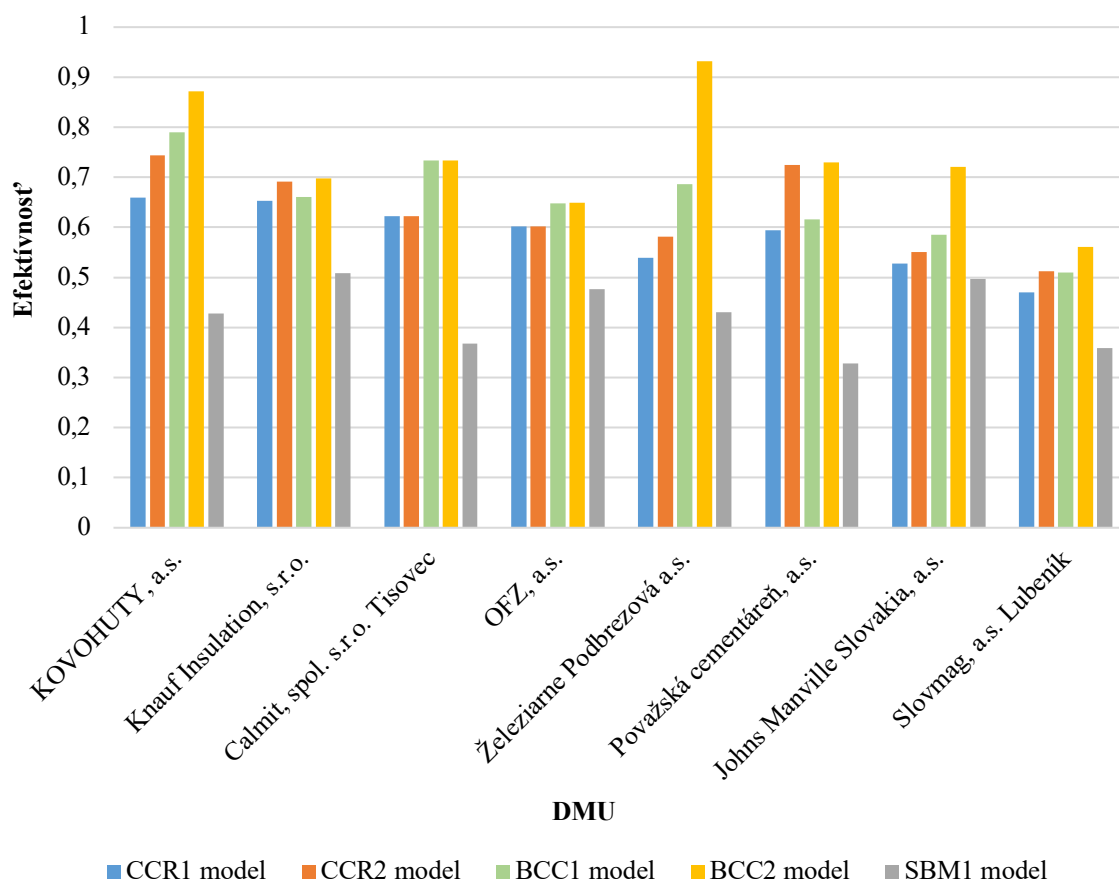
Zdroj: Vlastné spracovanie

Skratky: DMU - rozhodovacia jednotka (*Decision Making Unit*)

V tomto prípade bude graf č. 37 prezentovať 8 neefektívnych podnikov, pri ktorých skóre environmentálnej efektívnosti bude nadobúdať rôzne hodnoty podľa prístupu

k sledovaným vstupným a výstupným premenným. Aj napriek neefektívnosti sledovaných podnikov sme vzhľadom k úrovni nastavenia environmentálnej politiky a prístupu k ochrane životného prostredia vedeli zostaviť poradie menej a viac neefektívnych podnikov.

Graf 37 Poradie neefektívnych podnikov v modeloch DEA podľa CE hodnoty



Zdroj: Vlastné spracovanie

5.3 Návrhy a odporúčania pre neefektívne priemyselné podniky

Jednotka, ktorá je neefektívna pri znižovaní emisií, môže mať prospech z modernizácie hlavného výrobného procesu. Účinný systém znižovania emisií však nemusí byť vždy tým najlepším riešením. Vidíme, že ak je organizačná jednotka efektívna, jej úrovne emisií na nasledujúci rok by mali byť rovnaké. Ak je organizácia neefektívna, počet emisných kvót, ktoré dostane, by mal byť nižší ako v predchádzajúcom období. To bude závisieť od počtu kvót, ktoré dostala počas predchádzajúceho obdobia. Toto číslo je vypočítané sklzom neoprávnenej výroby. Pre efektívne organizačné jednotky by bolo dobré ponúknuť finančný príspevok na modernizáciu výrobných procesov, čo by ich mohlo

povzbudiť k lepším výsledkom, aj keď spĺňajú požiadavky. Na druhej strane existujú sankcie za neefektívne organizačné jednotky, ktoré sú navrhnuté v obchodovaní s emisiami (ETS).

5.3.1 Optimalizácia vstupov a výstupov neefektívnych podnikov – CCR1 model

Ako už bolo vyššie spomenuté, tak podľa vykonanej analýzy DEA sa medzi neefektívne priemyselné podniky zaraďujú: Železiarne Podbrezová a.s. (DMU 4), Johns Manville Slovakia, a.s. (DMU 5), Slovmag, a.s. Lubeník (DMU 7), Považská cementáreň, a.s. (DMU 10), Knauf Insulation, s.r.o. (DMU 12), OFZ, a.s. (DMU 14), KOVOHUTY, a.s. (DMU 18) a Calmit, spol. s r.o. Tisovec (DMU 19).

Pre tieto podniky v nasledujúcej časti navrhujeme optimalizáciu vstupných a výstupných premenných s odporúčaniami a návrhmi na zmenu v oblasti environmentálnej politiky, tak aby dosahovali požadovanú efektívnosť. Komplexne vypracované tabuľky projekcií vstupov a výstupov neefektívnych podnikov pre analyzované modely DEA sme zobrazili v Prílohách VI – X.

V Prílohe VI: Projekcie vstupov a výstupov neefektívnych podnikov - CCR1 model ponúkame prehľad projekcií vstupov a výstupov neefektívnych podnikov zostrojených pomocou analýzy DEA pre **CCR1 vstupne orientovaný model** (s 3 vstupmi [- odpady] a 1 výstupom), predpokladajúci konštantné výnosy z rozsahu (CRS).

Z tabuľky je možné vidieť spoločnosť Železiarne Podbrezová, a.s. (DMU 4), ktorá dosiahla skóre environmentálnej efektívnosti 0,538808. Na to, aby sa spoločnosť ŽP, a.s. stala efektívnou je potrebné pozmeniť jej vstupy a výstup. Prvý vstup (inputová premenná) *mzdy* by mal dosahovať približne 27 mil. €, čo znamená, že skutočná hodnota by sa mala znížiť takmer o polovicu o 46,12%. Podobný scenár sa odohráva aj pri druhom vstupe *spotreba materiálu, energie a OND*, ktorý by sa mal takisto znížiť o 46,12%, pričom by mal dosahovať približne 115 mil. €. Taktiež by spoločnosť ŽP, a.s. mala znížiť vstupnú premennú *emisie* a to o 46,12%, čo je pokles emisií CO₂ skoro o 37 mil. kg za rok. Znižovanie vstupov *mzdy*, *spotreba materiálu* a *emisie* môžeme považovať pre spoločnosť za výhodné a praktické. Tieto návrhy na znižovanie odporúčame aplikovať v praxi, keďže sa tým zlepší environmentálna, ale aj finančná a platobná bilancia podniku.

Druhý podnik, ktorý bol neefektívny je spoločnosť Johns Manville Slovakia, a.s. (DMU 5) a jeho skóre efektívnosti dosahuje úroveň 0,527747. Aby sa akciová spoločnosť stala efektívnou je nutné, aby vstupné premenné znížila takmer o polovicu o 47,23%, čo

znamená že *mzdy* by mala znížiť približne na 10 mil. €, *spotrebu materiálu* na 53 mil. € a vstupnú premennú *emisie* by mala dostať na úroveň nižšiu ako 28 mil. kg za rok.

Slovmag, a.s. Lubeník (DMU 7) dosiahol skóre environmentálnej efektívnosti 0,469749, čím sa radí na posledné miesto v celom súbore hodnotených podnikov. Ak by Slovmag, a.s. Lubeník dokázal znížiť vstupnú premennú *emisie* o 72,51%, čo je zníženie na 11 mil. kg za rok oproti súčasnej vysokej hodnote vyše 42 mil. kg vyprodukovaných *emisií CO₂* za rok, tak by sa tento vysoko neefektívny priemyselný podnik mohol stať efektívnym.

Považská cementáreň, a.s. (DMU 10) dosiahla skóre environmentálnej efektívnosti na hodnote 0,594214, čo znamená, že jej vstupné premenné *mzdy* a *spotrebu materiálu* musí znížiť o 40,58%. Rapídne zníženie si vyžaduje vstupná premenná *emisie* v pomere 96,65% na úroveň nižšiu ako 17 mil. kg za rok, aby sa stala efektívnou.

Spoločnosť Knauf Insulation, s.r.o. (DMU 14), ktorá bola takisto neefektívna dosiahla skóre efektívnosti 0,652471. Na to, aby táto spoločnosť dosiahla efektívnosť je potrebné, aby vstupné premenné *mzdy* a *spotrebu materiálu* znížila o 34,75% a zároveň znížila premennú *emisie CO₂* o 60,79%.

OFZ, a.s. (DMU 14) dosiahla skóre efektívnosti 0,601646. V prípade dosiahnutia efektívnosti musí svoje vstupné premenné *mzdy* a *spotrebu materiálu* znížiť o 39,84% čo znamená zníženie *miezd* približne na 4 mil. € a *materiálu* na 67 mil. €. Vyššie zníženie o 74,77% potrebuje vstupná premenná *emisie* na úroveň nižšiu ako 64 mil. kg za rok.

KOVOHUTY, a.s. (DMU 18) dosiahla najvyššie skóre environmentálnej efektívnosti na úrovni 0,658896 v rámci súboru hodnotených neefektívnych podnikov. Aby sa mohla stať efektívnym podnikom je potrebné, aby vstupnú premennú *emisie* znížila o 81,05% v prepočte na úroveň nižšiu ako 6 mil. kg za rok.

Posledným neefektívnym podnikom je Calmit, spol. s.r.o. Tisovec (DMU 19) so skóre environmentálnej efektívnosti 0,622077, čo ho radí na tretie miesto v tomto súbore. Výsledky dosiahol relatívne dobré, ale aby sa zaradil medzi efektívne podniky, musel by znížiť hodnotu vstupnej premennej *emisie* o 93,10% na úroveň okolo 7 mil. kg za rok.

5.3.2 Optimalizácia vstupov a výstupov neefektívnych podnikov – CCR2 model

V Prílohe VII: Projekcie vstupov a výstupov neefektívnych podnikov - CCR2 model predkladáme prehľad projekcií vstupov a výstupov neefektívnych podnikov zostrojených pomocou analýzy DEA pre **CCR2 vstupne orientovaný model** (so 4 vstupmi [+ odpady] a 1 výstupom), predpokladajúci CRS.

Z tabuľky môžeme vidieť, že spoločnosť Železiarne Podbrezová, a.s. (DMU 4) dosahuje skóre environmentálnej efektívnosti 0,581693. Na to, aby sa spoločnosť ŽP, a.s. stala efektívnou je potrebné pozmeniť jej vstupnú premennú *mzdy* o 58,39%, čo znamená, že skutočná hodnota by sa mala znížiť takmer o polovicu na 21 mil. €. Podobný scenár sa odohráva aj pri ostatných vstupoch *spotreba materiálu, energie a OND, emisie a odpad*, ktoré by sa mali takisto znížiť o 41,83%.

Druhý podnik, ktorý bol neefektívny je spoločnosť Johns Manville Slovakia, a.s. (DMU 5) a jeho skóre efektívnosti dosahuje úroveň 0,550477. Aby sa spoločnosť stala efektívnou je nutné, aby vstupnú premennú *mzdy* znížila o viac ako polovicu o 56,43%, čo znamená že mzdy by mala znížiť približne na 9 mil. €. *Spotrebu materiálu* na 56 mil. €, *emisie* na 29 mil. kg na rok a *odpad* o 44,95% na menej ako 27 t za rok.

Slovmag, a.s. Lubeník (DMU 7) dosiahol skóre environmentálnej efektívnosti 0,511776, čo ho zaraďuje na posledné miesto v celom súbore hodnotených podnikov. Ak by Slovmag, a.s. Lubeník znížil *emisie* o 69,51%, čo je zníženie na 13 mil. kg za rok a zredukoval tvorbu *odpadu* o 48,82%, tak by sa mohol stať efektívnym.

Považská cementáreň, a.s. (DMU 10) dosiahla skóre environmentálnej efektívnosti 0,703115, čo znamená, že jej vstupné premenné *mzdy* musí znížiť o 75,72%. Rápidne zníženie si vyžaduje vstupná premenná *emisie* v pomere 95,88% na úroveň nižšiu ako 21 mil. kg za rok, aby sa stala efektívnou.

Spoločnosť Knauf Insulation, s.r.o. (DMU 14), ktorá bola takisto neefektívna dosiahla skóre efektívnosti 0,691794. Na to, aby táto spoločnosť dosiahla efektívnosť je potrebné, aby vstupné premenné *mzdy* znížila o viac ako polovicu o 56,62% a zároveň znížila premennú *emisie CO₂* o 57,93%.

OFZ, a.s. (DMU 14) dosiahla skóre efektívnosti 0,601646. V prípade dosiahnutia efektívnosti musí vstupné premenné *mzdy* a *spotrebu materiálu* znížiť o 39,84% čo znamená zníženie *miezd* približne na 4 mil. € a *materiálu* na 67 mil. €. Vyššie zníženie o 74,77% potrebuje vstupná premenná *emisie* na úroveň nižšiu ako 64 mil. kg za rok.

KOVOHUTY, a.s. (DMU 18) dosiahla najvyššie skóre environmentálnej efektívnosti 0,74332 v rámci súboru hodnotených neefektívnych podnikov. Aby sa stala efektívnym podnikom je potrebné znížiť *emisie* o 78,03% na nižšie ako 7 mil. kg za rok.

Posledným neefektívnym podnikom je Calmit, spol. s.r.o. Tisovec (DMU 19) so skóre environmentálnej efektívnosti 0,622077. Z výsledkov je jednoznačné, že musí významne znížiť hodnotu *emisii* o 93,10% na úroveň 7 mil. kg a *odpadov* o 92,55% za rok.

5.3.3 Optimalizácia vstupov a výstupov neefektívnych podnikov – BCC1 model

V Prílohe VIII: Projekcie vstupov a výstupov neefektívnych podnikov – BCC1 model nájdeme prehľad projekcií vstupov a výstupov neefektívnych podnikov pre **BCC1 vstupne orientovaný model** (s 3 vstupmi [- odpady] a 1 výstupom), predpokladajúci variabilné výnosy z rozsahu (VRS).

Prvá hodnotená spoločnosť Železiarne Podbrezová, a.s. (DMU 4) dosahuje skóre environmentálnej efektívnosti 0,68579162. Pre dosiahnutie efektívnosti musí vstupné premenné znížiť o 31,42%, mzdy približne na 35 mil. €, spotrebu materiálu na 147 mil. € a emisie by mala znížiť na úroveň nižšiu ako 47 mil. kg za rok.

Spoločnosť Johns Manville Slovakia, a.s. (DMU 5) a jeho skóre efektívnosti dosahuje úroveň 0,58519134. Aby sa stala efektívnou, musí vstupy znížiť o 41,48%.

Slovmag, a.s. Lubeník (DMU 7) dosiahol skóre efektívnosti 0,50935333, čo ho opätovne radí na posledné miesto v celom súbore podnikov. Ak by dokázal znížiť vstupnú premennú emisie o 64,40%, čo je zníženie na 15 mil. kg za rok, tak by sa mohol začať radiť medzi efektívne podniky.

Považská cementáreň, a.s. (DMU 10) dosiahla skóre environmentálnej efektívnosti 0,61554625. V tomto prípade takisto spoločnosť potrebuje výrazne znížiť premennú emisie o 96,20% na úroveň nižšiu ako 19 mil. kg za rok.

Spoločnosť Knauf Insulation, s.r.o. (DMU 14) dosiahla skóre efektívnosti 0,66132293. Na to, aby mohla dosiahnuť efektívnosť je potrebné znížiť premennú emisie CO₂ o 58,98%, čo je zníženie na 25 mil. kg za rok oproti 60 mil. kg.

OFZ, a.s. (DMU 14) dosiahla skóre efektívnosti 0,64751701. V prípade efektívnosti musí vstupné premenné mzdy a spotrebu materiálu znížiť o 35,25% čo znamená zníženie miezd približne na 4 mil. € a materiálu na 72 mil. €. Vyššie zníženie o 68,46% potrebuje spoločnosť pri emisiách na úroveň nižšiu ako 80 mil. kg za rok.

KOVOHUTY, a.s. (DMU 18) aj v tomto scenári modelu BCC1 dosiahla najvyššie skóre environmentálnej efektívnosti 0,78968047 v rámci neefektívnych podnikov. Aby sa mohla stať efektívnym podnikom je potrebné znížiť vstupnú premennú emisie znížila o 66,75% na nižšiu úroveň ako 10 mil. kg za rok.

Posledným podnikom je Calmit, spol. s.r.o. Tisovec (DMU 19) s relatívne vysokým skóre efektívnosti 0,73425848. Na to, aby sa zaradil medzi efektívne podniky, musel by ešte výrazne znížiť hodnotu produkcie emisií CO₂ o 88,80% na úroveň okolo 11 mil. kg za rok.

5.3.4 Optimalizácia vstupov a výstupov neefektívnych podnikov – BCC2 model

V Prílohe IX: Projekcie vstupov a výstupov neefektívnych podnikov - BCC2 model sa venujeme prehľadu projekcií vstupov a výstupov neefektívnych podnikov pre **BCC2 vstupne orientovaný model** (so 4 vstupmi [+ odpady] a 1 výstupom), predpokladajúci VRS.

Z priloženej tabuľky môžeme vidieť, že Železiarne Podbrezová, a.s. (DMU 4) dosahujú najvyššie skóre environmentálnej efektívnosti 0,93162482 v rámci súboru neefektívnych podnikov. Spoločnosti na dosiahnutie efektívnosti by stačilo pozmeniť len jej vstupnú premennú *mzdy* o 72,37%, čo znamená, že hodnota by sa znížila na 14 mil. €.

Ďalším neefektívnym podnikom je spoločnosť Johns Manville Slovakia, a.s. (DMU 5) a jeho skóre efektívnosti dosahuje úroveň 0,72071756. Aby sa spoločnosť stala efektívnou je nutné znížiť *mzdy* o viac ako polovicu o 69,20% približne na 6 mil. €. *Spotrebu materiálu*, *emisie* a *odpad* by bolo potrebné znížiť o 27,93%.

Slovmag, a.s. Lubeník (DMU 7) dosiahol opäť najnižšie skóre environmentálnej efektívnosti 0,56113794 v celom súbore hodnotených podnikov. Slovmag, a.s. Lubeník by musel znížiť *mzdy* o 63,41% a ďalšie vstupné premenné *materiál*, *emisie* a *odpad* o 43,89%.

Považská cementáreň, a.s. (DMU 10) dosiahla skóre environmentálnej efektívnosti 0,72924035, čo znamená, že jej vstupné premenné *mzdy* musí znížiť o 68,90%. Výrazne by potrebovala znížiť premennú *emisie* o 92,22% na úroveň nižšiu ako 39 mil. kg za rok.

Spoločnosť Knauf Insulation, s.r.o. (DMU 14) dosiahla skóre efektívnosti 0,69807557. Na to, aby dosiahla efektívnosť je potrebné, aby vstupné premenné *mzdy* znížila o viac ako polovicu o 55,77% a zároveň znížila premennú *emisie CO₂* o 56,60%.

OFZ, a.s. (DMU 14) dosiahla skóre efektívnosti 0,6490614. V prípade efektívnosti musí *mzdy* a *spotrebu materiálu* znížiť o 35,09% čo znamená zníženie *miezd* približne na 4 mil. € a *materiálu* na 72 mil. €. O niečo viac by potrebovala znížiť *emisie* v pomere 65,14%.

KOVOHUTY, a.s. (DMU 18) dosahujú druhé najvyššie skóre environmentálnej efektívnosti 0,87116136 v rámci súboru hodnotených neefektívnych podnikov. Aby sa stala efektívnym podnikom je potrebné znížiť *emisie* o 64,15% na nižšie ako 11 mil. kg za rok.

Medzi posledný neefektívny podnik sme zaradili Calmit, spol. s.r.o. Tisovec (DMU 19) so skóre environmentálnej efektívnosti 0,73425848. Z výsledkov vidíme, že musí výrazne znížiť hodnotu *emisí* o 88,80% a *odpadov* o 92,85% na 22 t za rok.

5.3.5 Optimalizácia vstupov a výstupov neefektívnych podnikov – SBM1 model

V Prílohe X: Projekcie vstupov a výstupov neefektívnych podnikov - SBM1 model ponúkame prehľad projekcií vstupov a výstupov neefektívnych podnikov vytvorených pomocou analýzy DEA pre **SBM1 aditívny neradiálny model**, nezameriavajúci sa na vstupy a výstupy (s 3 vstupmi [- odpady] a 1 výstupom), predpokladajúci CRS a VRS.

Spoločnosť Železiarne Podbrezová, a.s. (DMU 4) dosahuje oveľa nižšie skóre environmentálnej efektívnosti 0,43078933 oproti predchádzajúcim modelom. Na to, aby dosiahla efektívnosť, musí vstupnú premennú *emisie* znížiť o 99,72%.

Spoločnosť Johns Manville Slovakia, a.s. (DMU 5) dosahuje skóre efektívnosti 0,49657681. Na to, by sa stala efektívnou, by musela výrazne znížiť *emisie CO₂* o 99,81%.

Slovmag, a.s. Lubeník (DMU 7) dosiahol skóre efektívnosti 0,35832804. Pre dosiahnutie efektívnosti by musel znížiť *mzdy* o 75,27% a *emisie* o 69,05%.

Považská cementáreň, a.s. (DMU 10) dosiahla najnižšie skóre environmentálnej efektívnosti 0,32762355 v rámci neefektívnych podnikov. Spoločnosť potrebuje znížiť premennú *emisie* o 95,87% na úroveň nižšiu ako 21 mil. kg za rok.

Spoločnosť Knauf Insulation, s.r.o. (DMU 14) dosiahla najvyššie skóre environmentálnej efektívnosti 0,50836727 v rámci súboru hodnotených neefektívnych podnikov. Na to, aby mohla dosiahnuť efektívnosť, je potrebné znížiť premennú *mzdy* o 59,70% a *emisie CO₂* o 57,53%, čo je zníženie na 26 mil. kg za rok.

OFZ, a.s. (DMU 14) dosiahla skóre efektívnosti 0,4770041. V prípade efektívnosti musí vstupné premenné *spotrebu materiálu* znížiť o 62,49% čo znamená zníženie približne na 42 mil. €. Vyššie zníženie o 82,86% potrebuje pri *emisiiach* na úroveň 43 mil. kg za rok.

KOVOHUTY, a.s. (DMU 18) v tomto scenári modelu SBM1 dosiahla skóre environmentálnej efektívnosti 0,42794275. Aby sa mohla stať efektívnym podnikom je potrebné znížiť vstupnú premennú *mzdy* a *emisie* o 76%.

Posledným podnikom je Calmit, spol. s.r.o. Tisovec (DMU 19) so skóre efektívnosti 0,36770871. Na to, aby mohol byť zaradený medzi efektívne podniky, musel by výrazne znížiť hodnotu produkcie *emisii CO₂* o 92,36% na úroveň okolo 8 mil. kg za rok.

5.4 Návrhy a odporúčania pre environmentálne premenné

Je dôležité mať na pamäti, že výsledky analýzy DEA majú pomôcť manažmentu priemyselných podnikov pri plánovaní ich obchodnej stratégie v strednodobom až dlhodobom horizonte. V záujme zníženia vstupných variabilných nákladov práce odporúčame podnikom zvýšiť výkonnosť a efektivitu zamestnancov prostredníctvom školení, čo by potom mohlo viesť k ich optimalizácii. Napriek odporúčaniam modelu, firmám neodporúčame znižovať vstupnú premennú *spotrebu materiálu, energie a OND* z dôsledku, že pri modelovaní sa použil stredný prístup a za vstup sa zobral iba materiál.

Pri vstupnej premennej *emisie CO₂* u podnikov, ktoré ich majú znížiť navrhujeme postupný prechod od fosílnych palív, ktoré sú hlavným zdrojom emisií CO₂, k elektrickej energii vyrábanej z obnoviteľných zdrojov. Tam, kde to nie je technicky možné, hlavným spôsobom zníženia emisií v podnikoch bude využívanie vodíka zo zelených zdrojov. Využívanie fosílnych palív a priemyselná výroba sú zodpovedné za 41% emisií Slovenska, čo je najviac spomedzi krajín EÚ. Toto vysoké percento je dané ekonomickou štruktúrou na Slovensku, ale aj zastaranými technológiami. Pre splnenie environmentálnych záväzkov sa musí SR a EÚ zamerať na zníženie emisií z priemyslu.

Vstupnú premennú *odpad* u podnikov od ktorých sa očakáva zníženie produkcie odpadov, odporúčame zvýšiť počet informačných a vzdelávacích kampaní. Aktivity predchádzania vzniku odpadu by mali byť prepojené s aktivitami súvisiacimi s Agendou 2030 pre trvalo udržateľný rast a prípravou Národného investičného plánu SR na roky 2018 - 2030 (CIEĽ 12: Zabezpečiť udržateľnú spotrebu a výrobné schémy). Obehové hospodárstvo je súčasťou predchádzania vzniku odpadu a zároveň sa značne podieľa na vplyve spotrebiteľských politík, ako aj produktov.

Výstupnú premennú *celkové tržby* odporúčame zvyšovať na takú úroveň, pri ktorej nezvyšuje riziko podnikania. Analýza dátových obalov v kombinácii s ďalšími analýzami a ukazovateľmi môžu poskytnúť manažmentu spoločnosti komplexný pohľad na jej súčasnú situáciu a možnosti jej zlepšenia stať sa konkurencieschopnejším voči ostatným.

5.5 Význam práce pre teóriu a podnikovú prax

Celý výskumný proces, vrátane jeho štruktúry a postupnosti, bol prepojený s nadobudnutím významného množstva teoretických a praktických poznatkov v oblasti

environmentálnej ekonómie. Tieto zistenia tvorili základ zhrnutia kľúčových prínosov práce pre teóriu a podnikovú prax. Za najvýznamnejšie prínosy práce sme zvolili:

- Sumarizácia súčasných poznatkov v oblasti environmentálnej ekonómie prostredníctvom vypracovania teoretickej časti práce, a to na základe podrobného spracovania domácej i zahraničnej literatúry,
- Analýza a komparácia súčasných indexov, modelov a metód v environmentálnej ekonómii v rozhodovacom procese úspešných zahraničných firiem a firiem pôsobiacich na Slovensku v rôznych odvetviach,
- Identifikácia vybraného predstaviteľa neparametrických metód - analýzy dátových obalov (DEA), vymedzenie jej koncepčného rámca s matematickým vyjadrením modelov CCR, BCC, SBM a vybraných environmentálnych premenných,
- Použitie metódy DEA a jej príslušných modelov CCR, BCC a SBM k meraniu environmentálnej efektívnosti alebo neefektívnosti vybraných podnikov, porovnanie a interpretácia dosiahnutých výsledkov,
- Sumarizácia neefektívnych podnikov a optimalizácia vstupných a výstupných premenných s návrhmi na ich zmenu, aby sa mohli stať efektívnymi podnikmi.
- Prehľad výskumu v oblasti modelov environmentálnej ekonómie a obohatenie skúmanej problematiky o nové poznatky.

Návrhy a odporúčania pre podnikovú prax ponúkame vzhľadom na uskutočnený výskum a jeho výsledky. Za fundamentálny prínos pre podnikovú prax považujeme návrh vstupných a výstupných premenných do modelov DEA, ktoré zohľadňujú ochotu firiem správať sa v súlade s ochranou životného prostredia, a ktoré umožnili podnikom zistiť, aká je miera ich efektívnosti. Tieto premenné sú použiteľné pre širokú škálu podnikov a je možné ich identifikovať podľa aktuálnych požiadaviek. Ďalším prínosom práce je obraz na dosiahnuté skóre environmentálnej efektívnosti vybraných podnikov, a to v globálnych aj domácich podmienkach. Dosiahnuté výsledky môžu skúmaným podnikom poslúžiť ako zdroj inšpirácie pre zlepšenie určených oblastí v procese ich environmentálnej politiky. Význam pravidelného monitorovania environmentálnej efektívnosti podnikov by mohlo priniesť z dlhodobého hľadiska precíznejšiu kontrolu nad environmentálnymi výsledkami a postupné eliminovanie nežiaducich vstupných či výstupných premenných. V súčasnosti by podniky mali venovať vyššiu pozornosť udržateľnosti svojho podnikania, pretože ho čoraz častejšie môžeme u zákazníkov vnímať ako jeden z rozhodujúcich faktorov výberu.

5.6 Námety pre ďalšie pokračovanie výskumu

Ochrana životného prostredia a environmentálna ekonómia sú momentálne veľmi diskutované témy. Avšak stále sú tieto oblasti relatívne nové a neprebádané. Záujem o túto problematiku sa výrazne zvýšil pred približne desiatimi rokmi, a preto je množstvo dostupnej relevantnej literatúry stále pomerne obmedzené.

Hlavným cieľom tejto práce bolo rozšíriť poznatky v oblasti indexov, modelov a metód environmentálnej ekonómie. V dôsledku vykonaného výskumu a dosiahnutých výsledkov sme zistili, že nájdeme aj ďalšie aspekty, ktoré by bolo vhodné ďalej preskúmať v rámci ďalšieho vedeckého skúmania. Tieto aspekty zahŕňajú:

- V rámci výskumu zisťovania miery efektívnosti sme použili 4 vstupné premenné a 1 výstupnú premennú. Myslíme, že ďalšie vedecké skúmanie by bolo možné rozšíriť o ďalšie relevantné premenné so zámerom na environmentálny aspekt, o ktoré by boli sledované DEA modely obohatené. Určite by to prispelo ku kvalitnejším výsledkom pre sledované podniky, čo by jednoznačne viedlo aj k rozšíreniu praktických i teoretických poznatkov v environmentálnej oblasti.
- Vo výskume sme identifikovali súbor efektívnych a neefektívnych podnikov v rámci priemyselného odvetvia. Zo získaných výsledkov analýzy DEA vyplynulo, že existuje veľmi slabý vzťah medzi skúmanými podnikmi. Pri ďalšom pokračovaní vo výskume by sme odporučili realizáciu nadväzujúcich výskumov aj v prostredí iných odvetví, prípadne by sa výskum urobil prierezovo medzi skupinami jednotlivých odvetví.
- Významným námetom pre ďalšie pokračovanie výskumu by bolo zaujímavé zistiť a analyzovať vplyv skóre environmentálnej efektívnosti na dosahovanie finančných výsledkov podnikov. Práve takýto výskum by predstavoval verifikovanú hodnotu, či skóre environmentálnej efektívnosti preukázateľne vplýva na finančnú situáciu sledovaných podnikov.

ZÁVER

Súčasná doba, ktorá je nastavená na rýchly ekonomický rast a vysoko konzumný spôsob života, musí reagovať na premeny v oblasti životného prostredia, ktoré sú spojené s klimatickými zmenami, podporiť prechod k zelenému hospodárstvu a hľadať riešenie ďalších environmentálnych problémov, aby sme našu spoločnosť mohli zanechať v čo najlepšom stave pre budúce generácie.

Hodnotenie výkonnosti je dôležitým aspektom riadenia každého procesu, ktorého cieľom je identifikovať neefektívnosť procesu a poskytnúť pokyny na zlepšenie. Smernice udeľujú cestu tomu, kto rozhoduje a umožňuje neefektívnym jednotkám zlepšiť ich výkon. Záujem na hodnotení environmentálnej efektívnosti firiem sa zvyšuje pre podnikateľské subjekty, ktoré sa prijímaním manažérskych rozhodnutí snažia dosahovať stanovené ciele.

Aktuálny stav poznania problematiky v odbornej verejnosti ponúka širokú škálu kvantitatívnych metód merania efektívnosti využiteľných na tento účel. Jednou z najpoužívanějších je analýza dátových obalov (DEA), ktorú možno zaradiť k relatívne menej preskúmanej skupine metód z hľadiska aplikácie predpovedania environmentálnej efektívnosti podnikov. Najmä tieto skutočnosti sa stali hlavnými motivačnými faktormi pre vypracovanie dizertačnej práce. DEA je pre svoje silné stránky čoraz častejšie využívaná pri hodnotení efektívnosti rozhodovacích jednotiek v rôznych sférach národného hospodárstva. Nielenže dokáže pracovať s viacerými vstupmi a výstupmi naraz, nevyžaduje ani splnenie požiadaviek normality rozdelenia, v prevažnej miere je nezávislá na použitých merných jednotkách a nepotrebuje vstupné informácie o cenách inputov, resp. outputov. Veľkou výhodou metodológie je aj jednoduchá identifikácia neefektívnych podnikov a ich okamžité porovnanie k referenčnej skupine podnikov, ktoré sú technicky efektívne.

Hlavným cieľom dizertačnej práce bolo analyzovať a porovnať environmentálnu efektívnosť vybraných podnikateľských subjektov na Slovensku v odvetví priemyselnej výroby pomocou kvantitatívnych modelov merania efektívnosti pre potreby environmentálnej ekonómie. Aplikácia metód hodnotenia efektívnosti vplyvu environmentálnych premenných na efektívnosť firiem umožňuje obohatiť doterajší empirický výskum o získané výsledky práce a vytvára priestor navrhnúť odporúčania pre zlepšenie environmentálnej efektívnosti firiem v rôznych sférach národného hospodárstva.

V dizertačnej práci sme komplexne spracovali dostupnú vedeckú literatúru a získané vedomosti o problematike boli podkladom k vypracovaniu teoretickej časti práce, ktorá sa bližšie zaoberá teoretickým vymedzením vzájomného vzťahu ekonómie a životného

prostredia s ohľadom na logické prepojenie súvislostí medzi nimi, identifikovaním dôvodov potreby modelov a indexov vo vzťahu k environmentálnej ekonomii. Následne cez chronologický prechod od vysvetlenia pojmu efektívnosť z pohľadu ekonomickej teórie, vypracovania prehľadu často používaných kvantitatívnych metód analýzy efektívnosti a predstavenia neparametrickej metódy DEA s jej koncepčným vymedzením, modelovým vyjadrením a environmentálnymi premennými.

Výsledky analýz uskutočnených v dizertačnej práci sú rozdelené do 4 hlavných častí.

Prvou z nich je preskúmanie a analýza súčasného stavu životného prostredia v rámci emisií CO₂ v prostredí Európskej únie a Slovenskej republiky.

Následne bola vykonaná druhá analýza súčasného stavu vybraného priemyselného odvetvia v rámci krajín EÚ-27 a Slovenskej republiky.

Tretiu časť tvorila analýza environmentálnych indexov a na základe charakteristiky indexov ESG a SDG sme sa vypracovali porovnanie ich skóre pre vybrané krajiny EÚ-27, pomocou ktorých sme identifikovali ich celoeurópske postavenie v oblasti udržateľnosti a výkone jednotlivých krajín. Praktické využitie týchto informácií môžu poslúžiť ako návod pre rozhodovanie a prijímanie opatrení na podporu udržateľného rozvoja a zlepšenie environmentálneho, sociálneho a vládneho výkonu krajín v rámci Európskej únie. Je však dôležité mať na pamäti, že výsledky týchto indexov sa môžu líšiť v závislosti od zdrojov údajov, metód merania a hodnotenia, a preto je potrebné vykonávať kritickú analýzu a porovnávanie. Tejto časti predchádzalo aj získanie vhodných vstupných a výstupných dát do vykazovania environmentálneho indexu ESG a vyhodnotenia úrovne environmentálnej zodpovednosti vybraných zástupcov automobilového priemyslu na globálnej úrovni. Celkovo môžeme povedať, že ESG indexy v automobilovom priemysle sú dôležitým nástrojom na hodnotenie environmentálneho a sociálneho vplyvu spoločností na svetové hospodárstvo a životné prostredie, a môžu pomôcť investorom pri rozhodovaní sa o investovaní svojich finančných prostriedkov.

Poslednou časťou dizertačnej práce je vypracovanie analýzy environmentálnej efektívnosti dvadsiatich dvoch vybraných podnikateľských subjektov pôsobiacich na Slovensku v priemyselnom odvetví pomocou metódy DEA. Začínali sme definovaním hlavných dôvodov výberu metódy DEA (analýza dátových obalov) s príslušnými dvoma radiálnymi modelmi CCR (konštantné výnosy z rozsahu) a BCC (variabilné výnosy z rozsahu) a jedným neradiálnym modelom SBM (váhy pre každú jednotku, meranie superefektívnosti). Tejto časti takisto predchádzalo získanie vhodných vstupných a výstupných premenných a predstavenie dostupných dát. Veličiny boli zvolené tak, aby čo

najviac reprezentovali „výrobný“ proces v oblasti poskytovania priemyselnej výroby s ohľadom na obmedzenia dané dostupnosťou dát. Vo všeobecnosti platí, že počet premenných by nemal presahovať tretinu počtu analyzovaných organizačných jednotiek. Čím sa použije väčší počet premenných tým klesá výpovedná hodnota, vznikajú skreslené výsledky a väčšie množstvo efektívnych jednotiek. Nami zvolený počet 22 podnikov bol dostatočný na zachovanie podmienky minimálneho trojnásobného počtu sledovaných jednotiek oproti počtu 4 vstupov a 1 výstupu.

Najdôležitejšia časť predstavovala samotné meranie a zistenie efektívnosti 22 vybraných priemyselných podnikov, ktorým sa prostredníctvom programu DEA-Solver-Pro, Version 7.0 a modelov CCR, BCC a SBM, zistilo skóre environmentálnej efektívnosti za rok 2021 a vyhodnotila kvalita týchto podnikov pôsobiacich na území Slovenskej republiky. Tie ktoré dosiahli efektívnosť je možné označiť za priemyselné podniky s dobrou environmentálnou politikou. V závere tejto časti sme zhodnotili výsledky environmentálnej efektívnosti jednotlivých podnikov a pri zistení neefektívnosti jednotlivých podnikov sme navrhli sériu návrhov a odporúčaní, pomocou ktorých by dané podniky dosiahli efektívnosť.

Navrhované odporúčania na zmenu environmentálnej politiky môžu slúžiť ako podpora pre manažérske rozhodnutia firiem z rovnakého odvetvia s podobnou technológiou, ktorý môže byť využitý na plánovanie budúcej dlhodobej obchodnej politiky priemyselného podniku. V takom prípade sú vzorové firmy aplikovateľnými obrazmi *best practice*. Výsledky našej dizertačnej práce sú jedným z mnohých analýz, ktoré pomáhajú managementu podniku pri určovaní ďalšieho budúceho smerovania. Naše výsledky môžu byť použité na ďalšie analýzy, akými sú napríklad modifikované BCG matice, kde by bolo možné využiť environmentálnu efektívnosť. Taktiež by bolo zaujímavé, pri efektívnych priemyselných podnikoch pomocou super SBM modelu zistiť, ktorý z podnikov dosahuje najlepšie výsledky vo výkonnosti.

V rámci formulácie prínosov dizertačnej práce by sme vyzdvihli aktuálnosť problematiky, nakoľko vplyv klimatických zmien a environmentálnych problémov patria v súčasnosti k najdiskutovanejším globálnym problémom. Prínosom tejto práce je vyplniť medzeru v analýze environmentálnej efektívnosti v priemyselnom odvetví a poskytnúť pohľad na prekážky alebo dôsledky implementácie environmentálnych ekonomických stratégií s možnými odporúčaniami pre neefektívne podniky. Táto práca je prínosná predovšetkým pre neefektívne podniky, ktoré v environmentálnej politike dosahujú značné rezervy. Vzhľadom na výsledky získané jednotlivými analýzami je možné potvrdiť, že hlavný cieľ dizertačnej práce bol dosiahnutý.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] ACOSTA, L.A., et al. (2019). *Green Growth Index: Concepts, Methods and Applications*. GGGI Technical report No. 5, Green Growth Performance Measurement Program, Global Green Growth Institute, Seoul. URL: <https://greengrowthindex.gggi.org/wp-content/uploads/2019/10/GGGI_Green_Growth_Index_report.pdf>
- [2] ADHIKARI, B. C. (2018). *Technical Efficiency and its Determinants Using SDF, DEA & Tobit Model*. LAP LAMBERT Academic Publishing. ISBN 978-6138387503.
- [3] AIGNER, D. - LOVELL, C. - SCHMIDT, P. (1977). *Formulation and estimation of stochastic frontier production models*. Journal of Econometrics, 6:21–37. URL: <<https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/papers/2008/P5649.pdf>>
- [4] AMBEC, S. - DE DONDER, P. (2021). *Environmental policy with green consumerism*. Journal of Environmental Economics Management, Elsevier, vol. 111(C). 2021, 111, 102584. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2021.102584>
- [5] ASMILD, M. - HOUGAARD, J. L. - KRONBORG, D. - KVIST, H. K. (2003). *Measuring Inefficiency Via Potential Improvements*, 2003(C), 59–76. URL: <<https://doi.org/10.1007/s10100-017-0473-z>>
- [6] AYRES, R. U. - WARR, B. (2009) *The economic growth engine. How energy and work drive material prosperity*. Cheltenham, Edgar Elgar Publishing Inc. 411p. ISBN: 978-1-84844-182-8.
- [7] BANKER, R.D. – CHARNES, A. – COOPER, W.W. (1984) *Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis*. In Management Science, zv.30, 1984, s.1078-1092. URL: <<https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>>
- [8] BEDER, S. (2011) *Environmental economics and ecological economics: The contribution of interdisciplinarity to understanding, influence and effectiveness*. Environ. Conserv. 2011, 38, 140–150. DOI: <https://doi.org/10.1017/S037689291100021X>
- [9] BELÁS, J. a kol. (2015). *Management finančnej výkonnosti, obchodov a rizík v komerčnej banke*. Žilina : GEORG , 2015. - 271 s. 1. vyd. ISBN 978-80-8154-140-7.
- [10] BENDER, A. et al. (2017). *A Review of Methods and Models for Environmental Monitoring of Marine Renewable Energy*. URL: <<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1144892/FULLTEXT01.pdf>>
- [11] BISWAS, A.K. - FARZANEGAN, M.R. - THUM, M. (2012). *Pollution, shadow economy and corruption: Theory and evidence*. Ecological Economics. 2012, 75, 114–125. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.01.007>

- [12] BLYTH, M. (2002) *Great Transformations: Economic ideas and institutional change in the twentieth century*. Cambridge, Cambridge University Press. 284pp. ISBN: 978-0-521-01052-8.
- [13] BOOTH, T. (2011) *Cox's navy salvaging the German high seas fleet at Scapa Flow 1924-1931*. 240pp. ISBN: 978-1-848-84552-7.
- [14] BODEN, T. A. - MARLAND, G. - ANDRES, R. J. (2017) *Global, regional, and national fossil-fuel CO₂ emissions*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. URL: <https://doi.org/10.3334/CDIAC/00001_V2017>
- [15] BOGETOFT P. - OTTO L., (2011). *Benchmarking with DEA, SFA, and R*. New York. Springer Science + Business Media Inc. ISBN: 978-1-4419-7961-2
- [16] BRČÁK, J. - SEKERKA, B. - SEVEROVÁ, L. - STARÁ, D. (2021) *Makroekonomie*, Vydavateľstvo: Aleš Čeněk, 2021. 262s. ISBN 9788073808310
- [17] BRUNDTLAND, G.H. (19887). *Naša spoločná budúcnosť: Správa svetovej komisie pre životné prostredie a rozvoj*. Oxford: Oxford University Press, 1987. 400 s. ISBN 019282080X.
- [18] BURCK, J. et al. (2023). *Results: Monitoring Climate Mitigation Efforts of 59 Countries plus the EU – covering 92% of the GGE*. URL: <<https://www.germanwatch.org/sites/default/files/ccpi-ksi-2023-kurzfassung.pdf>>
- [19] CEPIC, M. - BECHTOLD, U. - WILFING, H. (2022). *Modelling human influences on biodiversity at a global scale—A human ecology perspective*, Ecological Modelling, Volume 465, 2022, 109854, ISSN 0304-3800, URL: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2021.109854>>
- [20] COM(2021) PE/27/2021/REV/1. *Európsky právny predpis v oblasti klímy*. [cit. 9-7-2021]. URL: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1119>>
- [21] COM(2021) 550 Final. „Fit for 55“: *Plnenie cieľa EÚ v oblasti klímy do roku 2030 na ceste ku klimatickej neutralite*. [cit. 14-7-2021]. URL: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0550&qid=1683977315784>>
- [22] COM(2019) 640 Final. *Európsky ekologický dohovor*. [cit. 11-12-2019]. URL: <https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0018.02/DOC_1&format=PDF>
- [23] CHARNES, A. - COOPER, W. - RHODES, E. (1978). *Measuring the efficiency of decision making units*. *European Journal of Operational Research*, 2:429–444. URL: <<https://personal.utdallas.edu/~ryoung/phdseminar/CCR1978.pdf>>
- [24] CHODAKOWSKA, E. - NAZARKO, J. (2017) *Environmental DEA method for assessing productivity of European countries*, Technological and Economic

- Development of Economy, 23(4), 589-607. URL: <<https://doi.org/10.3846/20294913.2016.1272069>>
- [25] DELCOURT, H. R. (1987) *The impact of prehistoric agriculture and land occupation on natural vegetation*. Trends Ecol. Evol. 2, 39-44. URL: <[https://doi.org/10.1016/0169-5347\(87\)90097-8](https://doi.org/10.1016/0169-5347(87)90097-8)>
- [26] DERRAIK, J. G. B. (2002) *The pollution of the marine environment by plastic debris: a review*. Marine Pollution Bulletin 44, 842-852. URL: <[https://doi.org/10.1016/s0025-326x\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/s0025-326x(02)00220-5)>
- [27] DOW JONES. *Sustainability Indices Methodology*. (accessed on 13 December 2022). URL: <https://www.spglobal.com/spdji/en/documents/methodologies/methodology-dj-sustainability-indices.pdf>
- [28] DURAND, J. D. (1974) *Historical estimates of world population: An evaluation* Population Studies Center University of Pennsylvania. Analytical and Technical Reports N. 10. 72pp. URL: <https://repository.upenn.edu/psc_penn_papers/9>
- [29] EHRLICH, P. R. - HOLDREN, J. P. (1972) *Critique: One Dimensional Ecology*. Bulletin of the Atomic Scientists 28(5)16, 18-27. URL: <<https://doi.org/10.1080/00963402.1972.11457930>>
- [30] EPI Team. 2018 EPI Report; Yale University: New Haven, CT, USA; Columbia University: NY, USA, 2018.
- [31] ERDOGAN, S. - GEDIKLI, A. - KIRCA, M. (2020). *Is There a Relationship between CO₂ Emissions and Health Expenditures?* BRICS-T Ctries. Bus. Econ. Res. J. 2020, 11, 293–305. doi: 10.20409/berj.2019.231
- [32] ESTY, D.C. et al. 2005. Environmental Sustainability Index: Benchmarking National Environmental Stewardship; Yale Center for Environmental Law & Policy: New Haven, CT, USA, 2005.
- [33] HUYNH, C.M. (2020). Shadow economy and air pollution in developing Asia: what is the role of fiscal policy?. Environ Econ Policy Stud 22, 357–381, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10018-019-00260-8>
- [34] FANG, K. - HEIJUNGS, R. - DUAN, Z. - SNOO G. R. (2015) *The environmental sustainability of nations: Benchmarking the carbon, water and land footprints against allocated planetary boundaries*, Sustainability 7(8)11285-11305. URL: <<https://doi.org/10.3390/su70811285>>
- [35] FARRELL, M. J. (1957) *The Measurement of Productive Efficiency*. Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General). 1957, vol. 120, 3, s. 253-290. URL: <<http://www.jstor.org/stable/2343100>>
- [36] FÄRE, R. - GROSSKOPF, S. - LOVELL, C. A. K. - PASURKA, C. (1989). *Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: a*

- nonparametric approach*, Review of Economics and Statistics 71: 90–98. URL: <<https://doi.org/10.2307/1928055>>
- [37] FÄRE, R. - GROSSKOPF, S. - HERNANDEZ, S. F. (2004). *Environmental performance: an index number approach*, Resource and Energy Economics 26(4): 343–352. URL: <<https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2003.10.003>>
 - [38] FENDEKOVÁ, E. - FENDEK, M. (2008) *Mikroekonomická analýza*. Vydavateľstvo : Wolters Kluwer, 2008. 575 s. ISBN 978-80-8078-180.
 - [39] FIELD, B.C. - FIELD, M.K. (2017). *Environmental Economics-An Introduction*, 7th ed.; McGraw-Hill Education: New York, NY, USA, 2017. ISBN 978-0078021893. URL: <<https://www.techtarget.com/whatis/definition/environmental-social-and-governance-ESG>>.
 - [40] FRIED, H.O. – SCHMIDT, S.S. – YAISAWARNG, S. (1999) *Incorporating the operating environment into a nonparametric measure of technical efficiency*. In Journal of Productivity Analysis, zv.12, 1999, s.249–267. URL: <<https://doi.org/10.1023/a:1007800306752>>
 - [41] GALLI, A. - WACKERNAGEL, M. - IHA, K. - LAZARUS, E. (2014). *Ecological Footprint: Implications for Biodiversity*. Biol. Conserv. 2014, 173, 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.10.019>
 - [42] GOEDKOOOP, M. - SPRIENSMA, R. (1999) *The Eco-indicator 99. A damage oriented method for life cycle impact assessment*. Pré Consultants. Amersfoort. URL: <https://pre-sustainability.com/legacy/download/EI99_annexe_v3.pdf>
 - [43] GRANTOVÝ PROJEKT EUROSTAT: Zlepšenie kvality účtov emisií do ovzdušia a rozšírenie poskytovaných časových radov. 2017. URL: <https://www.shmu.sk/File/projekty/SK_AEA_Implementation_Report.pdf>
 - [44] GRI. *Global Reporting Initiative*. URL: <<https://www.globalreporting.org/about-gri/>>
 - [45] GUINÉE, J. B. - GORRÉE, M. - HEIJUNGS, R. - HUPPES, G. - KLEIJN, R. - KONING, A. - OERS, L. - WEGENER, A. - SUH, S. - HAES, H. A. - BRUIJN, H. - DUIN, R. (2002) *Handbook on Life Cycle Assessment. Operational Guide to the ISO Standards*. Springer, 692pp. ISBN: 1-4020-0557-1.
 - [46] GULDBERG, H. O. - BRUNO, J. F. (2010) *The impact of climate change on the World's marine ecosystems*. Science 328(5985)1523-1528. URL: <<https://doi.org/10.1126/science.1189930>>
 - [47] HAMILTON, M. et al. (2005). Total cost assessment history, methodology, tools, and a Case Study. ASME's IMECE 2005, AIChE Institute for Sustainability.
 - [48] HANSEN, J. - SATO, M. - HEARTY, P. - RUEDY, R. - KELLEY, M. - DELMOTTE, V. - RUSSELL, G. - TSELIODIS, G. (2016). *Ice melt, sea level rise and superstorms: Evidence from paleoclimate data, climate modeling, and modern*

- observations that 2 °C global warming could be dangerous. *Atmos. Chem. Phys.* 16, 3761-3812. URL: <<https://doi.org/10.5194/acp-16-3761-2016>>
- [49] HAUSCHILD, M. Z. - GOEDKOOP, M. - GUINÉE, J. - HEIJUNGS, R. - HUIJBREGTS, M. - JOLLIET, O. - MARGNI, M. - De SCHRYVER, A. - HUMBERT, S. - LAURENT, A. - SALA, S. - PANT, R. (2013) *Identifying best existing practice for characterization modeling in life cycle impact assessment*. *International Journal of Life Cycle Assessment* 18(3)683-697. URL: <<https://doi.org/10.1007/s11367-012-0489-5>>
- [50] HEAS, H. A. (1996) *Towards a methodology for life cycle impact assessment*. SETAC- Europe, Brussels. ISBN 9056070053
- [51] HEIJUNGS, R. (1997) *Economic drama and the environmental stage. Formal derivation of algorithmic tools for environmental analysis and decision-support from a unified epistemological principle*. Leiden: Centre of Environmental Science, thesis, 203pp. URL: <<https://hdl.handle.net/1887/8056>>
- [52] HEIJUNGS, R. - KONING, A. (2018) *Analyzing the effects of the choice of model in the context of marginal changes of final demand*. Publication in *Economic Systems Research*. URL: <<https://doi.org/10.1186/S40008-019-0138-2>>
- [53] HERRERO, I. - S. PASCOE, S. (2002) *Estimation of Technical Efficiency : A Review of Some of the Stochastic Frontier and DEA Software*. *CHEER Virtual Edition*, 15(1). URL: <https://www.academia.edu/15133649/Estimation_of_technical_efficiency_a_review_of_some_of_the_stochastic_frontier_and_DEA_software>
- [54] HOOKE R. L. - DUQUE, J. F. (2012) *Land transformation by humans: A review*. *GSA today* 22(12)4-10. URL: <<https://doi.org/10.1130/GSAT151A.1>>
- [55] HUBA, M. (2007). Medzníky starostlivosti o životné prostredie a udržateľný rozvoj na pôde OSN. In: *Životné prostredie: revue pre teóriu a starostlivosť o životné prostredie*. Bratislava: Ústav krajinej ekológie SAV, 41(4), 178-183. Dostupné na: <http://147.213.211.222/sites/default/files/2007_4_178_183_huba.pdf>.
- [56] IPCC (2014) *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland, 151pp. ISBN 978-92-9169-143-2.
- [57] JABLONSKÝ, J. - DLOUHÝ, M. (2004) *Modely hodnocení efektivnosti produkčních jednotek*. 1.vyd. Praha : Professional Publishing, 2004. 183 s. ISBN 80-86419-49-5.
- [58] JOHNSON D. B. (2014) *Biomining - biotechnologies for extracting and recovering metals from ores and waste materials*. *Current Opinion in Biotechnology* 30, 24-31. URL: <<https://doi.org/10.1016/j.copbio.2014.04.008>>
- [59] JOLLIET, O. - MARGNI, M. - CHARLES, R. - HUMBERT, S. - PAYET, J. - REBITZER, G. - ROSENBAUM, R. (2003) *IMPACT 2002+: A new life cycle impact assessment methodology*. *Int. J. LCA* 8(6)324-330. URL: <<https://doi.org/10.1007/BF02978505>>

- [60] KAHN, J. G. - SAROUT, E. - MOLLE, G. - CONTE, E. (2015) *Mid- to Late Prehistoric Landscape Change, Settlement Histories, and Agricultural Practices on Maupiti, Society Islands (Central Eastern Polynesia)*. J. Isl. Coast. Archaeol. 10, 363-391. URL: <<https://doi.org/10.1080/15564894.2014.1001922>>
- [61] KITZES, J. (2009). *Ecological Footprint Standards 2009*. Oakland: Global Footprint Network. URL: <https://www.footprintnetwork.org/content/uploads/2019/05/Ecological_Footprint_Standards_2009.pdf>
- [62] KITZES, J. (2013). An Introduction to Environmentally-Extended Input-Output Analysis. Resources 2, no. 4: 489-503. URL: <<https://doi.org/10.3390/resources2040489>>
- [63] KELLY, R. A. - JAKEMAN, A. J. - BARRETEAU, O. - BORSUK, M. E. - SAWAH, S. - HAMILTON, S. H. - HENRIKSEN, H. J. R. (2013) *Selecting among five common modelling approaches for integrated environmental assessment and management*. Environmental Modelling & Software 47, 159-181. URL: <<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.05.005>>
- [64] LENTON, T. M. - HELD, H. - KRIEGLER, E. - HALL, J. W. - LUCHT, W. - RAHMSTORF, S. (2008) *Tipping elements in the Earth's climate system*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 105(6) 1786-1793. URL: <<https://doi.org/10.1073/pnas.0705414105>>
- [65] LEONTIEF, W. W. (1928) *The economy as a circular flow*. Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik 60, 577-623.
- [66] LEONTIEF, W. W. (1941) *The Structure of the American Economy, 1919-1929* Harvard University Press, Cambridge. URL: <<https://doi.org/10.2307/137008>>
- [67] LEONTIEF, W. (1970) *Environmental repercussions and the economic structure: an input-output approach*. Review of Economics and Statistics 52(3)262-271. URL: <<https://doi.org/10.2307/1926294>>
- [68] MÄDER, J. A. - STAEHELIN, J. - PETER, T. - BRUNNER, D. - RIEDER, H. E. (2010) *Evidence for the effectiveness of the Montreal Protocol to protect the ozone layer*. Atmospheric Chemistry and Physics 10, 12161-12171. URL: <<https://acp.copernicus.org/articles/10/12161/2010/acp-10-12161-2010.pdf>>
- [69] MARDANI, A. et al. (2018). Data Envelopment Analysis in Energy and Environmental Economics: An Overview of the State-of-the-Art and Recent Development Trends. Energies 11, no. 8: 2002. URL: <<https://doi.org/10.3390/en11082002>>
- [70] MARKS, N. et al. (2006). The Happy Planet Index: An Index of Human well-being and environmental Impact. NEF. URL: <https://neweconomics.org/uploads/files/54928c89090c07a78f_ywm6y59da.pdf>

- [71] MATADOR GROUP. (2021). Sustainability Report 2021. URL: <<https://www.matadorresources.com/static-files/e98931b7-31c7-423a-a24f-ae4fc68e5c3c>>
- [72] MEEUSEN, W. - BROECK, J. v. D. (1977). *Efficiency estimation from cobb douglas production functions with composed error*. International Economic Review, 18(2):435–444. URL: <<https://doi.org/10.2307/2525757>>
- [73] MENG, F. Y. - FAN, L. W. - ZHOU P. - ZHOU D. Q. (2013). *Measuring environmental performance in China's industrial sectors with non-radial DEA*, Mathematical and Computer Modelling 58(5–6): 1047–1056. URL: <<https://doi.org/10.1016/j.mcm.2012.08.009>>
- [74] MILLER R. E. - BLAIR, P. D. (2009) *Input-Output Analysis, Foundations and Extensions*. 2nd edition. Cambridge University Press. 784pp. ISBN: 978-0-521-73902-3.
- [75] MOORE, F. C. - DIAZ, D. B. (2015) *Temperature impacts on economic growth warrant stringent mitigation policy*. Nat Clim Change. 5(2)127-131. URL: <<https://doi.org/10.1038/NCLIMATE2481>>
- [76] MONDI SCP (2021). URL: <<https://www.mondigroup.com/media/15668/účtovná-závierka-2021.pdf>>
- [77] MILLER R. E. - BLAIR, P. D. (2009) *Input-Output Analysis, Foundations and Extensions*. 2nd edition. Cambridge University Press. 784pp. ISBN: 978-0-521-73902-3.
- [78] NARIADENIE EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 2493/2000 o opatreniach na podporu plného začlenenia rozmeru životného prostredia do rozvojového procesu rozvojových krajín.
- [79] NADEAU, R.L. (2015). The unfinished journey of ecological economics. Ecol. Econ. 2015, 109, 101–108. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.11.002>
- [80] MSCI (2023). 30 years of ESG Indexes. URL: <<https://www.msci.com/our-solutions/indexes/esg-indexes>>
- [81] MSCI ESG Indexes and MSCI Analytics (accessed on March 2020). URL: <<https://www.msci.com/our-solutions/indexes/esg-indexes>>
- [82] NAQVI, M., - JUS, M. (2019). The Benchmark that Changed the World: Celebrating 20 Years of the Dow Jones Sustainability Indices. ESG Data, Rankings & Benchmarking. URL: <<https://www.spglobal.com/spdji/en/documents/education/education-the-benchmark-that-changed-the-world.pdf>>
- [83] OECD (2012a) *OECD Environmental Outlook to 2050*, OECD publishing, Paris. 349pp. ISBN: 978- 92-64-12216-1.

- [84] OECD (2012b) *Looking to 2060: A Global Vision of Long-Term Growth*, OECD Economics Department Policy Notes, No. 15 November 2012. URL: <<https://www.oecd.org/economy/2060%20policy%20paper%20FINAL.pdf>>
- [85] O'MAHONY, T. (2021). Cost-Benefit Analysis and the environment: The time horizon is of the essence, *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 89, 2021, 106587, ISSN 0195-9255, URL: <<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106587>>.
- [86] OUM, T.H. - WATERS, I.I.W.G. - YU, C. (1999) *A survey of productivity and efficiency. measurement in rail transport*, Vydavateľstvo : University of Bath, Vol. 33. ISSN: 0022-5258
- [87] PAKŠIOVÁ, R. (2016). Reporting of Non-financial Information on Companies in the Context of Sustainable Development in Slovakia. In: *Zachovanie a rast majetkovej podstaty ako relevantný nástroj trvalo udržateľného rozvoja podniku*. ISBN 978-80-245-2157-2.
- [88] PEARCE, D. (2002). An Intellectual History of Environmental Economics. *Annu. Rev. Energy Environ.* 2002, 27, 57–81. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.27.122001.083429>
- [89] PICKART, R. S. (1992) *Water mass components of the North-Atlantic deep western boundary*. Current Deep-Sea research part a-oceanographic research papers. 39(9a)1553-1572. URL: <<https://rpickart.whoi.edu/wp-content/uploads/sites/53/2016/02/dsr1992.pdf>>
- [90] PIRMANA, V. et al. (2020). Environmental costs assessment for improved environmental- economic account for Indonesia. *J. Clean. Prod.* 2020, 280, 124521. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124521>
- [91] POLANYI, K. (1944) *The great transformation: the political and economic origins of our time*. Boston, Beacon Press. 142 pp. ISBN 0-8070-5643-x.
- [92] PRATT, C.R. et al. Manual: How to Use the Environmental Vulnerability Index (EVI); SOPAC Technical Report 384; 2004. (accessed on 13 December 2022). URL: <<http://gsd.spc.int/sopac/evi/Files/EVI%202004%20Technical%20Report.pdf>>
- [93]
- [94] PRITCHARD H. D. - ARTHURN R. J. - VAUGHAN D. G. (2009) *Extensive dynamic thinning on the margins of the Greenland and Antarctic ice sheets*. *Nature*. 461, 971-975. URL: <<https://www.nature.com/articles/nature08471>>
- [95] PURVIS, B. - MAO, Y. - ROBINSON, D. (2019). "Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins". *Sustainability Science*. 14 (3): 681–695. doi:10.1007/s11625-018-0627-5. ISSN 1862-4065
- [96] RAUCH, J. N. - PACYNA, J. M. (2009) *Earth's global Ag, Al, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, and Zn cycles*. *Global Biogeochemical Cycles* 23(2)1-16. URL: <<https://doi.org/10.1029/2008GB003376>>

- [97] REINHARD, S. – LOVELL, C.A.K. – THIJSSEN, G. (2000) *Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables; estimated with SFA and DEA*. In European Journal of Operational Research, zv.121, 2000, s.287-303. URL: <[https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00218-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00218-0)>
- [98] RUKIKAIRE, K. - NULLIS, C. (2021) COVID-19 caused only a temporary reduction in carbon emissions – UN report. (accessed on 16 September 2021). URL: <<https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/covid-19-caused-only-temporary-reduction-carbon-emissions-un-report>>
- [99] SAGOFF, M. (2012). Environmental Economics. Encycl. Appl. Ethics 2012, 97–104. URL: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373932-2.00354-9>>
- [100] SAISANA, M. (2014). Environmental Sustainability Index (ESI). In: M. A. C. Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research. Springer, Dordrecht. URL: <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0753-5_899>
- [101] SCHEMME, S. - SAMSUN, R. C. - PETERS, R. - STOLTEN, D. (2017) *Power-to-fuel as a key to sustainable transport systems - An analysis of diesel fuels produced from CO₂ and renewable electricity*. Fuel 205, 198-221. URL: <<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.05.061>>
- [102] SCHEPELMANN, P. et al. (2010). Towards Sustainable Development: Alternatives to GDP for measuring progress. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH 2010. 23-38. ISBN 978-3-929944-81-5.
- [103] SIEMENS. (2022). Siemens Sustainability Report 2022. URL: <<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:c1088e4f-4d7f-4fa5-8e8e-33398ecf5361/sustainability-report-fy2022.pdf>>
- [104] SK NACE Rev. 2 – Vyhláška č. 306/2007 Z.z. ŠÚ SR, ktorou sa vydáva Štatistická klasifikácia ekonomických činností. URL: <<https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2007/306/20080101>>
- [105] SLOVLEX. Vízia a stratégia rozvoja Slovenska do roku 2030. Dostupné na: <<https://www.slov-lex.sk/legislativne-procesy/SK/LP/2019/541>>.
- [106] SORVARI, J. et al. (2011). Survey on the Environmental Efficiency Assessment Methods and Indicators. MMEA Research Report nr D2.1.1 HELSINKI 2011. ISBN 978-952-5947-15-1
- [107] STATISTA, 2023. Carbon dioxide emissions in the European Union from 1965 to 2021. (accessed on June 2022). URL: <<https://www.statista.com/statistics/450017/co2-emissions-europe-eurasia/>>
- [108] STEFFEN, W. - BROADGATE, W. - DEUTSCH, L. - GAFFNEY, O. - LUDWIG, C. (2015) *The trajectory of the Anthropocene: the great acceleration*. Anthr. Rev. 2, 81-98. URL: <<https://doi.org/10.1177/2053019614564785>>

- [109] STONE, R. (1961) *Input-output and national accounts*. OECD, Paris. 203pp. URL: <<https://doi.org/10.4000/oeconomia.1843>>
- [110] SUSTAINABILITY | GE Renewable Energy - General Electric. (2021). Sustainability Report Sustainability at core. URL: <https://www.ge.com/sites/default/files/ge2021_sustainability_report.pdf>
- [111] ŠAUER, P. a kol. (1997) *Úvod do ekonomiky životního prostředí*, 1.vyd. Praha : VŠE, 1997. 140 s. ISBN 80-7079-548-4.
- [112] ŠIMÍČKOVÁ, M. (1998) *Environmentální ekonomie I*. Učební texty, 1.vyd. Ostrava : VSB, 1998. 134 s. ISBN 80-7078-530-6.
- [113] TOBIN, J. (1958). *Estimation of relationships for limited dependent variables*, *Econometrica* 26(1): 24–36. URL: <<https://doi.org/10.2307/1907382>>
- [114] TONE, K., A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European journal of operational research*, 2001. 130(3): p. 498-509.
- [115] TOYOTA MOTOR CORPORATION. (2020). Environmental Report 2020. URL: <https://global.toyota/pages/global_toyota/sustainability/report/er/er20_en.pdf>
- [116] TUKKER, A. - BULAVSKAYA, T. - GILJUM, S. - KONING, A. - LUTTER, S. - SIMAS, M. - STADLER, K. - WOOD R. (2014) *The global resource footprint of nations. Carbon, water, land and materials embodied in trade and final consumption calculated with EXIOBASE 2.1*. Leiden/Delft/Vienna/Trondheim. 39pp. ISBN: 978-3-200-03637-6.
- [117] TUKKER, A. - BULAVSKAYA, T. - GILJUM, S. - KONING, A. - LUTTER, S. - SIMAS, M. - STADLER, K. - WOOD, R. (2016) *Environmental and resource footprints in a global context: Europe's structural deficit in resource endowments*. *Global Environmental Change* 40, 171-181. URL: <https://folk.ntnu.no/richardw/papers/Tukker%20et%20al._2016_Environmental%20and%20resource%20footprints%20in%20a%20global%20context%20Europe's%20structural%20deficit%20in%20resource%20endowments.pdf>
- [118] TYTECA, D. (1996). *On the measurement of the environmental performance of firms – a literature review and a productive efficiency perspective*, *Journal of Environmental Management* 46(3): 281–308. URL: <<https://doi.org/10.1006/jema.1996.0022>>
- [119] UNITED NATIONS INFORMATION SERVICE. (2013). Miléniové rozvojové ciele. Dostupné na: <<http://www.unis.unvienna.org/unis/sk/topics/2013/mdg.html>>.
- [120] UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY. (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Dostupné na: <<https://www.refworld.org/docid/57b6e3e44.html>>.
- [121] UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs (2022). ISBN: 978-92-1-101448-8. URL: <<https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022.pdf>>

- [122] UNHCR, the UN Refugee Agency | UNHCR. (2021). Mid-Term Process Evaluation of the IKEA Foundation Livelihoods and Energy Projects Among Somali Refugees and Host Communities in Ethiopia. Evaluation Report. URL: <<https://www.unhcr.org/sites/default/files/legacy-pdf/61fa60454.pdf>>
- [123] UNILEVER. (2023). Reducing our environmental impact. URL: <<https://www.unilever.com/planet-and-society/safety-and-environment/reducing-our-environmental-impact/>>
- [124] ÚRAD GEODÉZIE, KARTOGRAFIE A KATASTRA SLOVENSKEJ REPUBLIKY (ÚGKK SR). (2021) *Štatistická ročenka o pôdnom fonde v SR podľa údajov katastra nehnuteľností k 1. januáru 2021*. 128s. ISBN 978-80-89831-12-8.
- [125] VARDON, M. - CASTANEDA, J. P. - NAGY, M. - SCHENAU, S. (2018). How the System of Environmental-Economic Accounting can improve environmental information systems and data quality for decision making. *Environ. Sci. Policy* 2018, 89, 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.07.007>
- [126] VENKATACHALAM, L. (2007). Environmental economics and ecological economics: Where they can converge? *Ecol. Econ.* 2007, 61, 550–558. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.05.012>
- [127] VESTRENG, V. - MYHRE, G. - FAGERLI, H. - REIS, S. - TARRAS, L. (2007) *Twenty-five years of continuous sulphur dioxide emission reduction in Europe*. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 7, 3663–3681. URL: <<https://doi.org/10.5194/acp-7-3663-2007>>
- [128] VIKRAM, B. - MOHANA, R. – ELNGAR, A. – CHAWLA, S. K. (2022). *Handbook of Sustainable Development Through Green Engineering and Technology*-CRC Press (2022)
- [129] VIVAS, L. A. - PASTOR, J. T. - PASTOR, J. M. (2002). *An Efficiency Comparison of European Banking Systems Operating under Different Environmental Conditions*. *Journal of Productivity Analysis*, 18(1), 59–77. URL: <https://scholar.google.es/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=LgWOjn8AAAAJ&citation_for_view=LgWOjn8AAAAJ:u-x6o8ySG0sC>
- [130] VOLKSWAGEN SLOVAKIA. (2020). Na ceste k udržateľnosti 2020. URL: <https://sk.volkswagen.sk/content/dam/companies/sk_vw_slovakia/podnik/vyrocné_spravy/Vyrocná_sprava_2020.pdf>
- [131] VUUREN, D. P. - STEHFEST, E. - ELZEN, M. G. J. - KRAM, T. - VLIET, J., DEETMAN, S. (2011) *RCP2.6: exploring the possibility to keep global mean temperature increase below 2 °C*. *Climatic Change* 109 (1-2)95-116. URL: <<https://doi.org/10.1007/s10584-011-0152-3>>
- [132] WANG, K. - WEI, Y. M. - ZHANG, X. (2013a). *Energy and emissions efficiency patterns of Chinese regions: A multi-directional efficiency analysis*. *Applied Energy*, 104, 105–116. URL: <<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.11.039>>

- [133] WALL, F. – PELL, R. (2020). Chapter 317 - Responsible sourcing of rare earths: Exploration-stage intervention including life cycle assessment, Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths, Elsevier, Volume 58, 2020, Pages 155-194, ISBN 9780128211120 URL: <<https://doi.org/10.1016/bs.hpcr.2020.10.001>>
- [134] WALMART. (2021). Environmental, Social and Governance. FY2022 Summary Report. URL: <<https://corporate.walmart.com/esgreport2021/esg-issues/climate-change>>
- [135] WB. Sustainable Development Goals. 2022. (accessed on 21 January 2022). URL: [https://databank.worldbank.org/source/sustainable-development-goals-\(sdgs\)](https://databank.worldbank.org/source/sustainable-development-goals-(sdgs))
- [136] WEI, C. - ROWE, G. T. - NUNNALLY, C. C. - WICKSTEN, M. K. (2012) *Anthropogenic “Litter” and macrophyte detritus in the deep Northern Gulf of Mexico*. Marine Pollution Bulletin 2012 64(5)966-973. URL: <<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.02.015>>
- [137] WEISZ, H. - DUCHIN, F. (2006) *Physical and monetary input-output analysis: What makes the difference?* Ecological Economics 57, 534-541. URL: <<https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2005.05.011>>
- [138] WHELAN, T., - FINK, C. (2016). The comprehensive business case for sustainability. Harvard Business Review. URL: <https://www.stern.nyu.edu/sites/default/files/assets/documents/CSB_Business%20Case%20for%20Sustainability_04.2017_0.pdf>
- [139] WILKINSON, B. H. (2005) *Humans as geologic agents: A deep-time perspective*. Geology 33(3)161-164. ISBN 978-92-63-11189-0
- [140] WMO (2016) *WMO statement on the state of the Global Climate in 2016*. World Meteorological Organisation Geneva Switzerland WMO-No. 1189
- [141] WOOD, R. - STADLER, K. - BULAVSKAYA, T. - LUTTER, S. - GILJUM, S. - KONING, A. - KUENEN, J. - SCHÜTZ, H. - FERNÁNDEZ, J. - USUBIAGA, A. - SIMAS, M. - IVANOVA, O. - WEINZETTEL, J. - SCHMIDT, J. H. - MERCIAI, S. - TUKKER, A. (2015) *Global sustainability accounting-developing EXIOBASE for multi-regional footprint analysis*. Sustainability 7(1)138-163. URL: <<https://doi.org/10.3390/su7010138>>
- [142] WOLF, M. J., et al. (2022). 2022 Environmental Performance Index. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy. URL: <epi.yale.edu>
- [143] YANG, H. - POLLITT, M. (2010), *The necessity of distinguishing weak and strong disposability among undesirable outputs in DEA underline inter alia environmental performance of Chinese coal-fired power plants*, Energy Policy 38(8): 4440–4444. URL: <<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.03.075>>
- [144] YIXI, X. et al. (2019). An Evaluation Framework for the Planning of Electric Car-Sharing Systems: A Combination Model of AHP-CBA-VD. Sustainability 11, no. 20: 5627. <https://doi.org/10.3390/su11205627>

- [145] Zákon č. 17/1992 o životnom prostredí.
- [146] ZAWARTKA, P - BURCHART-KOROL, D. – BLAUT, A. (2020). Model of Carbon Footprint Assessment for the Life Cycle of the System of Wastewater Collection, Transport and Treatment. Sci Rep. 2020 Apr 2;10(1):5799. doi: 10.1038/s41598-020-62798-y
- [147] ZELENÝ, J. et al. (2010). Environmentálna politika a manažérstvo organizácií. 1. vyd. Banská Bystrica : Fakulta prírodných vied UMB, 2010. 180 s. ISBN 978-80-8083-972-7.
- [148] 3M Science. Applied to Life. (2023). Advancing our impact: 2023 Global Impact Report. URL: <<https://multimedia.3m.com/mws/media/2292786O/3m-2023-global-impact-report.pdf>>

PRÍLOHY

Príloha I: Projekcie DMU jednotiek (CCR1 DEA model)

Príloha II: Projekcie DMU jednotiek (CCR2 DEA model)

Príloha III: Projekcie DMU jednotiek (BCC1 DEA model)

Príloha IV: Projekcie DMU jednotiek (BCC2 DEA model)

Príloha V: Projekcie DMU jednotiek (SBM1 DEA model)

Príloha VI: Projekcie vstupov a výstupov neefektívnych podnikov - CCR1

Príloha VII: Projekcie vstupov a výstupov neefektívnych podnikov – CCR2

Príloha VIII: Projekcie vstupov a výstupov neefektívnych podnikov - BCC1

Príloha IX: Projekcie vstupov a výstupov neefektívnych podnikov – BCC2

Príloha X: Projekcie vstupov a výstupov neefektívnych podnikov – SBM1

