



Ekonomická
fakulta
Faculty
of Economics

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Ekonomická fakulta

Katedra ekonomiky

Diplomová práce

Společenské dopady v dopravě v aspektu cirkulární ekonomiky

Vypracovala: Bc. Alexandra Knížetová

Vedoucí práce: Ing. Alina, Jiří, Ph.D.

České Budějovice 2024

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Ekonomická fakulta
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Alexandra KNÍŽETOVÁ
Osobní číslo: E22353
Studijní program: N0413A050052 Management regionálního rozvoje
Téma práce: Společenské dopady v dopravě v aspektu cirkulární ekonomiky
Zadávající katedra: Katedra aplikované ekonomie a ekonomiky

Zásady pro vypracování

Hlavním cílem diplomové práce je vyhodnocení společenských dopadů v dopravě v aspektu cirkulární ekonomiky na základě provedené analýzy. Dílčím cílem práce bude návrh opatření vedoucí ke zlepšení situace.

Osnova:

1. Úvod a cíl
2. Přehled řešené problematiky
 - Projevy společenských dopadů v dopravě
 - Doprava v aspektu cirkulární ekonomiky
3. Analýza společenských dopadů v dopravě v aspektu cirkulární ekonomiky
4. Vyhodnocení analýzy
5. Návrh na zlepšení aktuálního stavu na základě provedené analýzy
6. Závěr

Rozsah pracovní zprávy: 50-60 stran

Rozsah grafických prací:

Forma zpracování diplomové práce: tištěná


Seznam doporučené literatury:

- Brůhová Foltýnová, H., & a kolektiv. (2009). *Doprava a společnost: ekonomické aspekty udržitelné dopravy*. Karolinum.
- Kislingerová, E. a kolektiv. (2021). *Cirkulární ekonomie a ekonomika: společenské paradigma, postavení, budoucnost a praktické souvislosti*. Grada Publishing.
- Link, H., Nash, C., Ricci, A., & Shires, J. (2014). *A generalized approach for measuring the marginal social costs of road transport in Europe*. *International Journal of Sustainable Transportation*, 10(2), 105-119. <https://doi.org/10.1080/15568318.2013.861044>
- Stahel, W. R. (2019). *The circular economy: A user's guide*. Routledge, Taylor and Francis
- Verhoef, E. (1994). *External effects and social costs of road transport*. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 28(4), 273-287. [https://doi.org/10.1016/0965-8564\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0965-8564(94)90003-5)

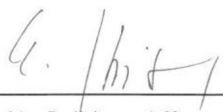
Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Alina, Ph.D.
Katedra aplikované ekonomie a ekonomiky

Datum zadání diplomové práce: 19. ledna 2023

Termín odevzdání diplomové práce: 15. dubna 2024


doc. RNDr. Zuzana Dvořáková Lišková, Ph.D.
děkanka

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
E: EKONOMICKÁ FAKULTA
Studentská 13 120
370 00 České Budějovice


prof. Ing. Eva Křislingerová, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 19. ledna 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Společenské dopady v dopravě v aspektu cirkulární ekonomiky jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 15. 4. 2024

.....
Bc. Alexandra Knížetová

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala svému vedoucímu práce panu Ing. Jiřímu Alinovi, Ph.D za jeho pomoc, cenné připomínky a rady při vedení mé práce.

Tato práce byla zpracována v rámci projektu GA JU 103/2023/S.

Obsah

1 Úvod a cíl práce	3
1.1 Cíl práce	4
2 Teoretická část	5
2.1 Udržitelný rozvoj	5
2.1.1 Historický kontext udržitelného rozvoje	5
2.1.2 Pilíře udržitelného rozvoje	7
2.1.3 Cíle udržitelného rozvoje	9
2.2 Cirkulární ekonomika	10
2.2.1 Rozdíl mezi cirkulární a lineární ekonomikou	10
2.2.2 Principy cirkulární ekonomiky	12
2.2.3 Cirkulární ekonomika a Evropská unie	14
2.2.4 Cirkulární ekonomika a Česká republika	16
2.2.5 Bariéry a rizika cirkulární ekonomiky	18
2.3 Cirkulární ekonomika v dopravě	18
2.3.1 Využití principů cirkulární ekonomiky v dopravě	19
2.4 Společenské dopady v dopravě	21
2.4.1 Projevy společenských dopadů v dopravě	22
2.5 Silniční nákladní doprava	25
3 Metodický postup	26
3.1 Výzkumná otázka a hypotézy	26
3.1.1 Hypotézy	26
3.2 Metodický postup	27
3.2.1 Získání dat a jejich normalizace	28
3.2.2 Testy stacionarity	33
3.2.3 Testy kointegrace	35
4 Vlastní analýza dat	39
4.1 Normalizace dat	39
4.2 Test stacionarity časových řad	40
4.3 Kointegrační analýza časových řad	43
4.4 Shrnutí výsledků u provedených testů	52

4.5	Vyhodnocení hypotéz	54
4.6	Vyhodnocení výzkumné otázky a cíle.....	58
5	Návrh na zlepšení současného stavu	60
5.1	Kombinovaná doprava	60
6	Závěr	65
I.	Summary a keywords v anglickém jazyce	66
II.	Seznam použitých zdrojů	67
III.	Seznam použitých zkratk	72
IV.	Seznam obrázků, tabulek a grafů s uvedením názvů.....	73
IV.	Seznam příloh	74
V.	Přílohy.....	75

1 Úvod a cíl práce

Téma diplomové práce je zaměřeno na společenské dopady v dopravě v aspektu cirkulární ekonomiky. Samotné slovo dopad lze vnímat pozitivně i negativně. Doprava je součástí našeho každodenního života. Využíváme ji pro přepravu zboží služeb, a také nás samých, je to pro nás něco samozřejmého. Co si ale společnost dlouhou dobu neuvědomovala, byl zejména negativní vliv dopravy, a to především na životní prostředí. V průběhu minulého století se začaly formovat jiné způsoby myšlení, které již braly v potaz, že naše planeta nemá nevyčerpatelné zdroje, spíše naopak a je třeba mít na paměti, že limity naší Země a naše rozhodnutí s nimi spojená, jsou důležitým faktorem pro směřování naší společnosti a obecně života na Zemi. A právě to je jedna z hlavních myšlenek udržitelného rozvoje. Cest, které k němu směřují, se v posledních desetiletích objevuje hned několik. Mezi ty nejzásadnější a nejvíce nadějně patří právě cirkulární ekonomika.

Pro cirkulární ekonomiku je klíčové surovinami a materiálem neplýtvat, ba naopak – hledat další možnosti využití druhotných surovin, hledat vhodné způsoby recyklace či přeměny na další výrobky. V dopravě se cirkulární ekonomika projevuje až v poslední době. Především je to u výroby aut, kdy je snaha o využívání recyklovatelných materiálů, ale například i sdílení automobilů či kombinovaná doprava jsou také jedním z projevů CE v dopravě.

Jak bylo zmíněno výše, společenské dopady můžeme rozlišovat na pozitivní a negativní. V této práci se budeme zabývat vzájemným vztahem mezi vybranými dopady v silniční nákladní dopravě a přepravním výkonem v silniční nákladní dopravě.

V teoretické části práce je definován udržitelný rozvoj, jeho pilíře i cíle. Následně je zde představena i cirkulární ekonomika jako nová ekonomická disciplína, jaké má principy a také, jak se liší od tradiční lineární ekonomiky. Nechybí ani lehký souhrn vymezení cirkulární ekonomiky v rámci Evropské unie a České republiky – respektive jsou zde uvedeny důležité strategie, které se zabývají touto problematikou. Dále je v této části zpracováno vnímání dopravy v cirkulární ekonomice, a to zejména na principech CE, které jsou propojeny s jednotlivými etapami CE v dopravě. V následující kapitole jsou poté představeny společenské dopady v dopravě, jaké je možné jejich členění a poté

vybrané příklady těchto dopadů (s některými z nich se poté pracuje i v praktické části). Teoretickou část uzavírá souhrnná kapitola o silniční nákladní dopravě v České republice.

Praktická část je věnována samotné analýze společenských dopadů v dopravě v aspektu cirkulární ekonomiky. Je zde představena výzkumná otázka a hypotézy, které z ní vycházejí. Také je zde uveden metodický postup pro danou analýzu, která je založena na kointegračních testech pro čtyři proměnné. Tyto proměnné a jejich vzájemná vazba se sledují v časové řadě od roku 2007 do roku 2022. V závěru praktické části je poté vyhodnocení analýzy, hypotéz a zodpovězení výzkumné otázky.

1.1 Cíl práce

Hlavním cílem diplomové práce je vyhodnocení společenských dopadů v dopravě v aspektu cirkulární ekonomiky na základě provedené analýzy. Dílčím cílem práce bude návrh opatření vedoucí ke zlepšení situace.

Společenské dopady jsou definovány v rámci teoretické části, kde jsou uvedeny i konkrétní případy dopadů. Pro analýzu těchto dopadů byly vybrány čtyři konkrétní dopady (proměnné), kterými jsou: emise silniční nákladní dopravy (společenský dopad), spotřeba energie v silniční nákladní dopravě (společenský dopad), hrubý domácí produkt (společenský dopad) a přepravní výkon. Tento výběr proběhl na základě podobné analýzy, kdy autoři také zkoumali společenské dopady v jiné zemi pomocí kointegrační analýzy (viz praktická část práce). V rámci analýzy se bude zkoumat vzájemný vztah mezi těmito proměnnými, půjde konkrétně o kointegrační vztah. Ten se dá chápat tak, že mezi dvěma a více proměnnými existuje dlouhodobá vazba, díky které proměnné směřují k dlouhodobému rovnovážnému stavu. Proměnné se budou testovat mezi sebou ve dvojicích a součástí vyhodnocení kointegračních testů bude také to, která dvojice má vztah nejsilnější a následně samozřejmě vyhodnocení stanovených hypotéz. Návrh na zlepšení situace poté vychází z aspektů cirkulární ekonomiky, respektive z principů CE a jejich použití v praxi. Konkrétně jde o kombinovanou a multimodální dopravu, její výhody a přínosy oproti silniční nákladní dopravě a zároveň její současné legislativní vymezení.

2 Teoretická část

2.1 Udržitelný rozvoj

Definic pro vysvětlení udržitelného rozvoje je v dnešní době nespočet. Ovšem většina z nich je založena na té nejznámější definici, která byla zformulována v roce 1987 Komisí OSN pro životní prostředí a rozvoj:

„Udržitelný rozvoj je takový rozvoj, který uspokojuje potřeby současnosti bez ohrožení potřeb budoucích generací uspokojovat jejich vlastní potřeby. V nejširším smyslu je strategie udržitelného rozvoje zaměřená na prosazování harmonie mezi lidskými bytostmi a mezi lidstvem a přírodou.“ (Bruntland, 1987, s. 16)

2.1.1 Historický kontext udržitelného rozvoje

O udržitelném rozvoji jako takovém se ale ve společnosti začalo uvažovat dříve než v roce 1987, i když třeba v té době neměl tak jasnou definici.

Za jeden z „milníků“ v této problematice se považuje rok 1962 a práce Rachel Carsonové s názvem „Mlčící jaro“. Autorka v této knize ostře kritizovala využívání pesticidů DDT v zemědělství. Právě nadměrné užívání pesticidů mělo negativní dopad jak na životní prostředí, tak i na lidské zdraví. Samotný náznak jakéhosi varování či možného dopadu se snažila autorka promítnout i do názvu knihy. Právě ono „mlčící jaro“ by mohlo nastat v případě, kdy bude ptactvo vyhubeno kvůli nadměrnému využívání pesticidů a na v období jara nebude slyšet jejich zpěv. (Carson, 1994)

Další významnou událostí v problematice udržitelného rozvoje se stala zpráva s názvem „Limits růstu“ od organizace jménem Římský klub. Tato nevládní organizace byla založena již v roce 1968 a její členy spojovaly dle jejich slov „moderní potíže lidstva“, za které označili dlouhodobou budoucnost planety a lidstva. Římský klub se dodnes snaží prosazovat své tři základní myšlenky, kterými jsou dlouhodobá a globální perspektiva, a tzv. koncept „*problematique*“. V tomto konceptu jsou vzájemně provázány skupiny globálních problémů, které se týkají hospodářské, sociální či environmentální oblasti. Právě výše uvedená zpráva „Limits růstu“ (The Limits to Growth“), která byla Římským klubem vydaná v roce 1972, je považována za přelomovou publikaci v problematice a chápání neomezeného růstu (The Club of Rome: History, c2024). Zpráva byla založena na matematickém modelu od pracovníků z Massachusetts Institute

of Technology (MIT) a zaměřila se na pět oblastí, u kterých byl charakteristický exponenciální růst: rostoucí populace, nedostatek potravin, rostoucí spotřeba neobnovitelných zdrojů, růst industrializace a v neposlední řadě i znečišťování a obecně zhoršování stavu životního prostředí (Meadows & Club of Rome, 1972). Po celém světě se prodalo několik milionů výtisků této publikace, což vyvolalo mediální rozruch a zároveň zase o kousek více celosvětově rozšířit povědomí lidí o udržitelnosti. Limity růstu se také ostře postavily proti do té doby málokdy kritizovanému paradigmatu o potřebě neustálého materiálního růstu (The Club of Rome: History, c2024).

Ve stejném roce, kdy došlo k publikaci Limitů růstu se také ve Stockholmu konala Konference OSN o životním prostředí. Na této konferenci byla představena myšlenka či koncept udržitelného rozvoje v tom smyslu, že do budoucna je potřeba spojit problematiku rozvoje a životního prostředí a hledat řešení pro obě oblasti zároveň. (Sustainable Development Commission: History of SD, 2011)

A tím se dostáváme do roku 1983, kdy tehdejší generální tajemník OSN Javier Perez de Cuellar požádal Gro Harlem Bruntlandovou (tehdejší ministerskou předsedkyni Norska), aby sestavila mezinárodní komisi dnes známou jako Světovou komisi OSN pro životní prostředí a rozvoj (v angličtině známou jako World Commission on Environment and Development, zkr. WCED). Komise měla za úkol prozkoumat stav životního prostředí a nalézt nové způsoby, díky kterým by se nastolila rovnováha mezi hospodářským růstem a životním prostředím, respektive mezi hospodářským růstem a jeho vlivem na životní prostředí a lidské zdraví. Hlavním výstupem této komise bylo publikování zprávy s názvem Naše společná budoucnost (Our Common Future) v roce 1987 (*Naše společná budoucnost*, 1991).

Zpráva měla velký vliv na otázku ochrany životního prostředí, ale především se v ní poprvé objevil pojem udržitelný rozvoj a jeho pilíře (viz kapitola 2.1.2)

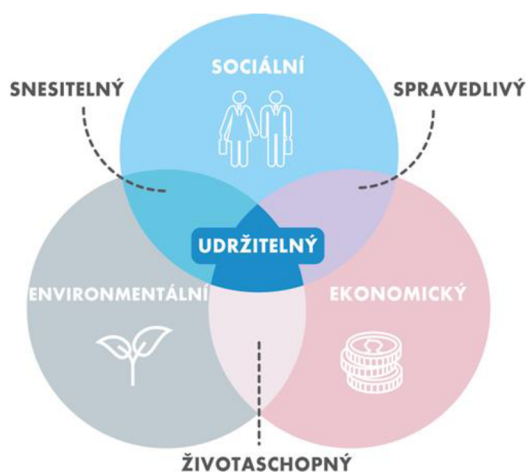
V legislativě České republiky se udržitelný rozvoj definuje zákonem č. 17/1992 Sb., o životním prostředí. Pro historický kontext udržitelného rozvoje jsou mimo jiné významné i tyto roky – rok 1998 a rok 2002. V roce 1998 se konalo zasedání ministerské Rady OECD a trvale udržitelný rozvoj byl zařazen mezi priority členských států OECD. Následně v roce 2002 se v Johannesburgu konala Celosvětová konference OSN o udržitelném rozvoji, a právě zde se začal prosazovat nejen samotný růst udržitelného

rozvoje ale také dosáhnoutí rovnováhy mezi jednotlivými pilíři udržitelného rozvoje (Ministerstvo pro místní rozvoj, c2024).

2.1.2 Pilíře udržitelného rozvoje

Udržitelný rozvoj má tři pilíře, někdy se uvádí roviny (viz Obrázek 1). Prvním pilířem je pilíř ekonomický. Mezi jeho ukazatele patří především ekonomický růst, který má zvyšovat životní úroveň a obecně kvalitu života pro obyvatelstvo. Sociální pilíř by se měl s tím ekonomickým protnout v bodě, kdy ekonomický růst povede ke spravedlivému přerozdělení zdrojů pro chudé lidi. Zároveň by ale toto přerozdělení mělo být snesitelné vůči životnímu prostředí. Vztah mezi ekonomickým a environmentální pilířem je založen na vzájemné životaschopnosti, respektive na tom, že hospodářský růst by neměl mít větší přednost před limity přírodních zdrojů. (Mignaqui, 2014)

Obrázek 1 Pilíře udržitelného rozvoje



Zdroj: Valinová (2018)

Ke třem základním pilířům se v posledních letech přidávají ještě tři další, jsou to správa, etika a kultura.

Etika by správně měla být součástí tří základních pilířů, jelikož bez ní by se dosáhnoutí bilance mezi sociálním, environmentálním a ekonomickým pilířem nezdařilo. Pro jednotlivce by se etika dala popsat jako jeho smysl pro dobro a zlo a jeho morálka. V rámci nalézání udržitelnosti se etika vyjadřuje jako jakási spolupráce za účelem zajištění konsensu. Právě spolupráce je nezbytná při jednáních mezi základními představiteli všech tří pilířů při hledání řešení na globální problémy. V praxi se etika při řešení problémů uplatňuje skrze fakt, že se berou v úvahu všechny názory a hlasy, a to

i skupin, u kterých se to může zdát složitější (například živočichové, rostliny či budoucí generace). (Pressbooks, nedatováno)

Významem kultury v udržitelném rozvoji se zabývala Sabatini (2019). Autorka se ve své práci zabývala kulturně udržitelným rozvojem a jeho schopností obsáhnout různorodé významy kultury. Současně s tím poukázala na fakt, že právě díky kulturně udržitelnému rozvoji by se mohla navyšovat interakce mezi různými dimenzemi života, konkrétně mezi ekonomickými, environmentálními a sociálními dimenzemi lidského života. Dle autorky byla kultura v minulosti často v pozadí za ostatními pilíři udržitelného rozvoje a také, že instituce společnosti, které jsou považovány za kulturní (konkrétní předměty, budovy nebo samotná praxe), se nedají tak zcela přiřadit například do ekonomického či sociálního pilíře. V práci také Sabatini (2019) uvádí, že pro kulturu by se mělo v budoucnu vytvořit více prostoru pro zkoumání v rámci kulturně udržitelného rozvoje.

Správa se při naplňování udržitelného rozvoje, respektive jeho cílů, považuje za klíčový prvek při tvoření strategií udržitelného rozvoje. Vychází z angažovanosti a spolupráce zúčastněných stran, k jejich soudržnosti a koordinaci, a to jak na vertikální rovině, tak i na té horizontální. Dobrá správa by také měla přibližovat strategie udržitelného rozvoje místním komunitám a lidem. (Kardos, 2012)

Z pohledu prosazování udržitelného rozvoje ve firmách, přesněji kolektivní odpovědnosti firmy z hlediska environmentálních a sociálních vlivů, se využívá koncept „*Environmental, Social and Governance*“ (zkr. ESG), kde právě první dva pilíře jsou identické s pilíři udržitelného rozvoje (environmentální a sociální), ovšem u ESG je na místo ekonomického pilíře správní pilíř. Zde se jako příklad správy uvádí právě ochota spolupracovat a rizikový management. Správní normy, které jsou v souladu s ESG, se v daném podniku uplatňují pro zachování integrity a rozmanitosti při výběru vedení. Zároveň zajišťují, že podnik v rámci svého účetnictví využívá transparentní metody a chová se odpovědně vůči svým akcionářům. (Investopedia, 2022)

2.1.3 Cíle udržitelného rozvoje

V roce 2015 se konal summit OSN, na kterém byl schválen dokument *Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development* (přeloženo jako „Přeměna našeho světa: Agenda pro udržitelný rozvoj 2030“). Dokument obsahuje určitý program rozvoje a z něj vyplývající 17 cílů udržitelného rozvoje. Na formulaci cílů spolupracovaly všechny členské státy Organizace spojených národů, akademické obce a v neposlední řadě i občané členských států a další. Na následujícím obrázku je zobrazeno všech 17 cílů. (United Nations: Cíle udržitelného rozvoje, c2024)

Obrázek 2 Cíle udržitelného rozvoje



Zdroj: United Nations: Cíle udržitelného rozvoje (c2024)

Cíle se rozřazují do 5 základních oblastí: prosperita, lidé, mír, planeta a partnerství (spolupráce), a zároveň vychází ze tří základních pilířů udržitelného rozvoje. Pro každou z oblastí je také stanoven hlavní cíl, kterého chce cíl dosáhnout či problém, který chce řešit. (Tremblay et al., 2020)

2.2 Cirkulární ekonomika

Pro dosažení udržitelného rozvoje se v posledních letech objevuje mnoho přístupů. Mezi ty nadějné a v některých odvětvích již úspěšné se řadí i cirkulární ekonomika. Například v práci od Jonášová (2019) je cirkulární ekonomika definována takto: „Cirkulární ekonomika je systém, ve kterém se chováme ohleduplně k přírodě, ale zároveň generujeme zisk díky opětovnému využívání cenných materiálů, které udržujeme v oběhu co nejdéle.“

Jak uvádí ve své práci Kislingerová a kol. (2023), mezi cirkulární ekonomikou a udržitelností je velmi blízký vztah. Je to dáno tím, že redukce množství materiálů a surovin či recyklace odpadů na další vstupy jsou pozitivními faktory ve prospěch udržitelnosti. Základem je ziskovost, která by měla sloužit jako hlavní motivace pro podniky k úspoře energií a materiálů a obecně ochraně životního prostředí.

I když koncept cirkulární ekonomiky je považován za novou ekonomickou disciplínu, její myšlenka je součástí lidstva po celá staletí. Určitou formu cirkularity lze vidět i v základním fungování přírody, ať už jde o střídání ročních období či koloběh vody na Zemi. V dnes docela dávné historii člověk využíval dostupné základní zdroje a přistupoval k nim s šetrností a úsporností, jelikož žil v nedostatku. (Stahel, 2020)

2.2.1 Rozdíl mezi cirkulární a lineární ekonomikou

Při evoluci soustavné evoluci lidstva se ovšem společnost stala vysoce konzumní a začala zvyšovat své potřeby a spotřebu. To mimo jiné zapříčinilo vzrůst lineární ekonomiky. Model lineární ekonomiky má danou prvotní i konečnou fázi. V první fázi dojde k vytěžení potřebných surovin, následně se tyto suroviny přemění na výrobky, které se poté spotřebovávají. Po využití či spotřebě už výrobek nemá další funkci a stává se z něj odpad, který nemá další využití. (Ghosh, 2019)

Lineární ekonomika je zaměřena především na ekonomické cíle a zájmy, ale již nebere ohled na ty environmentální či sociální. I z tohoto hlediska je považována za dlouhodobě neudržitelný koncept, jelikož nebere v potaz limity u vstupních zdrojů a ani již spotřebované výrobky, které končí jako odpad na skládkách či se odstraňují takovým způsobem, který životnímu prostředí škodí ještě více (například spalování). (Sauvé et al., 2016)

Lidstvo si ale čím dál tím více uvědomuje neudržitelnost modelu lineární ekonomiky, a to především v souvislosti s klesajícím množstvím primárních zdrojů surovin. Hlavně u firem se v poslední době zaznamenává zodpovědnější přístup při výrobě a logistice svých produktů. Důvodem tohoto nového přístupu firem je především změna v chování spotřebitelů. V poslední době se čím dál více u spotřebitelů projevuje fakt, že spotřebitelé nechtějí statky vlastnit a na místo toho si je například pronajímají na určitý čas. Také se u spotřebitelů ukazuje, že je více zajímá původ vstupních surovin, a i následné možnosti zpracování využitých výrobků. (Perková & Malá, 2019)

A právě v tomto ohledu vnáší cirkulární ekonomika nový úhel pohledu na ekonomický proces. Hlavní roli v cirkulární ekonomice hrají výrobky, které by se v konceptu lineární ekonomiky již staly odpadem. Odpad projde určitou recyklací, kdy se následně využije znovu nebo se přemění na jiný vstup pro jiný výrobek. Celý proces výroby produktu až po jeho spotřebu se tím pádem zacyklí, proto cirkulární ekonomika. Především jde o efektivnější využívání zdrojů. (Moldan, 2020)

Cirkulární ekonomika by měla dokázat rozeznat a oddělit spotřeby zdrojů od prosperity společnosti takovým způsobem, aby závislost na těžbě prvotních surovin nebyla klíčová pro výrobu a spotřebovávání produktů. Tím pádem by cirkulární ekonomika měla vytvářet podmínky, které by ve výrobních procesech zohlednily vnější vlivy na své okolí, a to jak v oblasti výroby a spotřeby, tak i při likvidaci výrobků. (Sauvé et al., 2016)

Rozdílností mezi lineární ekonomikou a cirkulární ekonomikou se ve své práci zabývali také McDonough & Braungart (2002). Jejich kniha s názvem *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things* (v překladu „*Od kolébky ke kolébce: změna způsobu, kterým vyrábíme věci*“) se považuje za jeden z hlavních milníků pro počátek cirkulární ekonomiky. Autoři v knize použili metaforu s kolébkou, jelikož chtěli zdůraznit, že výrobek, který ztratil svou funkci a je považován za odpad, může být zdrojem („kolébkou“) pro jiný výrobek. Zároveň autoři v knize použili slovní spojení „*cradle to grave*“ (v překladu „*od kolébky do hrobu*“), kterým chtěli charakterizovat právě lineární výrobní princip.

Porovnání mezi lineární ekonomikou a cirkulární ekonomikou je znázorněno na následujícím obrázku:

Obrázek 3 Model cirkulární a lineární ekonomiky



Zdroj: Dlouhá a kol. (2021)

2.2.2 Principy cirkulární ekonomiky

Cirkulární ekonomiku zastřešuje několik základních principů, jejichž počet není zatím pevně stanovený, a kterým se obecně přezdívá „R's framework“. Model 3R obsahuje tři základní principy či aktivity, kterými jsou: Reduce, Re-use, Recycle (v překladu snížení, znovuvyužití, recyklace). (King et al., 2006)

Další principy, které se k základnímu rámci mnohdy také doplňují jsou: Recover, Refuse, Rethink, Repair či Repurpose (v překladu zotavit se ve smyslu opravit, odmítnout, promyslet, opravit a znovu použít ve smyslu nalézt novou funkci). Samozřejmě u základního modelu je třeba postupovat dle pořadí, ve kterém jsou stanoveny, jelikož principy R jsou uspořádány dle priority. Čili je žádoucí nejdříve přistoupit k chytrějšímu použití a výrobě produktu, následně se pokusit prodloužit životnost produktu, a až poté provést recyklaci, při které by došlo k užitečnému a opětovnému využití materiálu. Recyklace by se měla použít jen v případech, kdy je nezbytné získat zpět hodnotu materiálů. (Potting et al., 2017)

Dle OECD je jedním z předních principů cirkulární ekonomiky udržování produktů či materiálů v oběhu do té doby, dokud jejich hodnota nebude natolik nízká, že už nebude možné je znovu využít. V podstatě jde o vytváření smyček, ať už produktových či materiálových. Za druhotný materiál, který by se měl využít na další zpracování, považuje OECD například recyklovaný odpad domácností či podniků, anebo materiál, který se už v rámci výrobního procesu jednou využil, dále například repasované výrobky a další. (OECD, 2019)

Principy pro cirkulární ekonomiku se také zabývali Velenturf & Purnell (2021). Ti ve své práci vytvořili hodnotový rámec udržitelné cirkulární společnosti, který je složen ze tří hlavních oblastí. První oblast je zaměřena na sociální a individuální blaho, proto si klade za cíl vytvářet podmínky pro kvalitnější život a zároveň dbát na rovnost lidských práv pro všechny. Druhá oblast je zaměřena na kvalitu životního prostředí a třetí oblast na ekonomickou prosperitu. Pro tento hodnotový rámec sestavili autoři principy, díky kterým by se měl rámec naplnit:

- vzájemně prospěšná a vyrovnaná výměna zdrojů mezi společností a přírodou,
- oddělit a snížit nadměrné využívání zdrojů – podporovat dostatek zdrojů především prostřednictvím správy, která by měla dokázat oddělit pokrok od neúměrného a dlouhodobě neudržitelného využívání zdrojů,
- design podporující cirkularitu – využitím R modelu navrhovat průmyslové systémy i dodavatelské řetězce či materiály, které budou optimální a efektivní a dokážou co nejvíce uzavřít smyčku toků zdrojů, a zároveň minimalizovat množství nových vstupních surovin a odpadů,
- využívat cirkulární obchodní modely pro začlenění vícerozměrné hodnoty – vytvářet obchodní modely a k nim doprovodné řídicí rámce, které dokážou docenit a odměnit využití cirkulární principů v praxi,
- participace občanů u přechodů na cirkulární ekonomiku v praxi – dát občanům možnost vytvářet návrhy či se vyjádřit k návrhům spojeným s touto problematikou skrze participativní systémy
- koordinovaná participativní změna – koordinace vývoje, integrace a implementace strategií pro oběhové hospodářství, důležitým prvkem je zde správa,
- podpořit rozmanitost v rozvoji různorodosti u návrhů pro cirkulární ekonomiku – podpořit různé perspektivy na tuto problematiku, využít multidimenzionální přístup

ve smyslu výměny znalostí, poznatků či inovací v různých oblastech napříč společnostmi,

- zakotvení udržitelnosti přímo do politicko-ekonomických systémů

(Velenturf & Purnell, 2021).

Ohledně principů pro cirkulární ekonomiku by bylo na místě uvést ještě Institut Cirkulární Ekonomiky (zkr. INCIEN), který se již dlouhodobě snaží popularizovat cirkulární ekonomiku především v tuzemsku tím, že na svých webových stránkách uvádí nejnovější trendy či projekty, které jsou v souladu s oběhovým hospodářstvím. Principy, které INCIEN uvádí, jsou obdobné jako u výše uvedeného odstavce. INCIEN uvedl tyto principy: biomimikry (v této disciplíně dochází k nalézání řešení prostřednictvím využití přírody a následně jsou použity při výrobě nových produktů nebo služeb), sdílená ekonomika (zásadním prvkem je služba, kterou produkt umožňuje, než samotný produkt; nákup je vystřídán pronájmem – například sdílení automobilů), průmyslová symbióza (přeměna odpadů na zdroje, což vede ke snížení dopadů průmyslu na životní prostředí), 3R model (redukovat (reduce), používat opakovatelně (re-use), recyklovat (recycle)), cradle to cradle (produkt je navržen tak, aby se dal využívat opakovatelně či dal opakovatelně recyklovat) a ekodesign (již samotný návrh produktu by měl dbát na negativní dopad na životní prostředí či mít rovnou pozitivní dopad, a to po celou dobu minimální jeho životního cyklu). (INCIEN, 2016)

2.2.3 Cirkulární ekonomika a Evropská unie

Hlavním dokumentem pro dosažení udržitelného rozvoje v EU je v současné době Zelená dohoda pro Evropu (z angličtiny Green Deal). Cílem Dohody je, aby se Evropská unie stala uhlíkově neutrální do roku 2050. Zelená dohoda má formu sdělení Komise EU, což v praxi znamená, že jde o nezávazný dokument. Jednou z cest, která má přispět k dosažení uhlíkové neutrality je právě cirkulární ekonomika (někdy se pro ni používá i výraz oběhové hospodářství, který ovšem představuje menší počet specifitějších událostí) (Kislingerová a kol., 2021). V roce 2015 vydala Evropská komise sdělení – první balíček pro oběhové hospodářství – s názvem „Uzavření cyklu – akční plán EU pro oběhové hospodářství“. Dokument obsahuje seznam opatření, která by měla podpořit přechod k cirkulární ekonomice na celoevropské úrovni. Evropská komise o cirkulární ekonomice uvedla, že by měla dopomoci evropským trhu vytvářet nové obchodní příležitosti, což povede ke vzniku pracovních míst a v neposlední řadě i inovacím či

efektivnějším výrobním modelům. Tímto sdělením si vymezila Evropská komise strategii EU v oblasti cirkulární ekonomiky a uvedla sedm hlavních oblastí, které by měly být pro cirkulární ekonomiku a oběhové hospodářství klíčové. Jsou to: výroba, spotřeba, nakládání s odpady, trh s druhotnými surovinami, odstranění bariér v prioritních oblastech, konkurenceschopnost a inovace a sledování pokroku (Sdělení Komise, 2015).

První balíček oběhového hospodářství obsahoval především revize již přijatých směrnic. Konkrétně šlo o tyto směrnice:

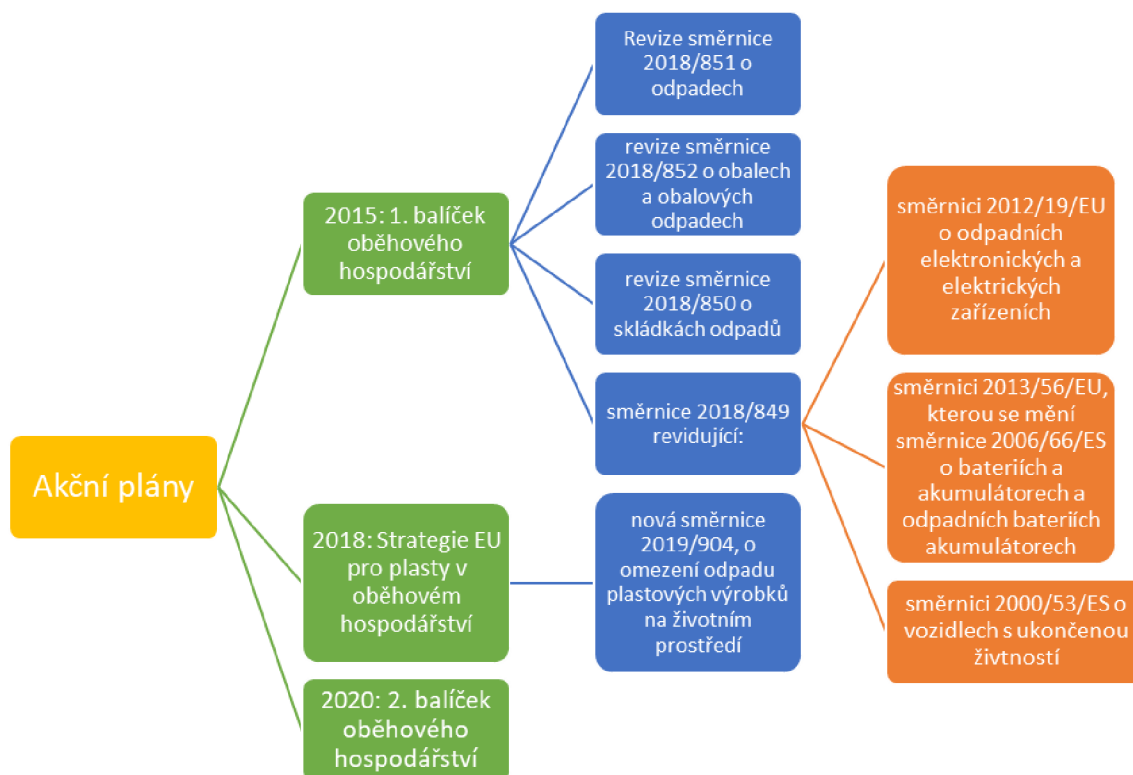
- směrnice 2018/851, o odpadech (původní verze směrnice z roku 2008 zavedla hierarchii nakládání s odpady, na níž revize navazuje, zároveň také zesiluje pravidla, která mají zamezit vzniku odpadů),
- směrnice 2018/852 o obalech a obalových odpadech (zde revize například zvýšila cíle pro recyklované obalové odpady),
- směrnice o skládkách odpadů (cílem směrnice je zabránit tomu, aby negativní dopady skládek znehodnotily životní prostředí či lidské zdraví; revize zde požaduje od členských států, aby od roku 2030 zamezili skládkování odpadu, který je recyklovatelný, nebo by mohl sloužit k dalšímu využití).
- revidující směrnice 2018/849 (týkala se směrnic z roku 2012, 2013 a 2000, viz Obrázek 4)

(Kislingerová a kol., 2021).

V roce 2018 byla v rámci Strategie EU pro plasty v oběhovém hospodářství přijata směrnice 2019/904 o omezení odpadu plastových výrobků na životní prostředí. Jejím cílem bylo zakázat používání plastových výrobků na jedno použití, pokud je možné využít jiné dostupné alternativy. (Směrnice 94/62/ES o obalech a obalových odpadech)

Přehled akčních plánů týkajících se oběhového hospodářství je znázorněn na Obrázku 4.

Obrázek 4 Akční plány a směrnice týkající se oběhového hospodářství



Zdroj: Kislingerová a kol. (2021), vlastní zpracování

2.2.4 Cirkulární ekonomika a Česká republika

V prosinci roku 2021 byl vládou schválen dokument „Strategický rámec Cirkulární Česko 2040“ (zkráceně Cirkulární Česko 2040), který je považován za první komplexní strategii v této problematice na úrovni České republiky. Dokument formuluje základní předpoklady, cíle a opatření pro dlouhodobý udržitelný společenský systém, který bude odolný vůči budoucím hrozbám, především těm environmentálním. Cirkulární Česko 2040 je zaměřeno na 10 prioritních oblastí – viz Obrázek 5. (Ministerstvo životního prostředí, 2021)

Obrázek 5 *Prioritní oblasti z dokumentu Cirkulární Česko 2040*



Zdroj: Ministerstvo životního prostředí (2021), vlastní zpracování

Pro první prioritní oblast je klíčové využívání druhotných surovin. Ty podniky, které je budou využívat ve veřejných zakázkách, získají podporu od státu. Produkt a design je zaměřen na nové výrobní metody, které budou v souladu s cirkulárním životním cyklem produktu za použití nejmodernějších technologií. Oblast bioekonomiky a potravin cílí na redukci objemu odpadu z potravin a zároveň i na efektivnější využití bioodpadů. Spotřeba klade důraz na opětovné využití výrobků, kdy se očekává změna v chování spotřebitelů i výrobců ohledně dalšího využití druhotných materiálů. U oblasti zaměřené na ochranu vody je kladen důraz na co největší úsporu vody. Úspory má být dosaženo přes udržitelné hospodaření a zadržováním vody v krajině. S tím souvisí i další oblast odpadového hospodářství, kdy se stát zavázal, že bude podporovat takové projekty, které budou zaměřeny na opětovné využití odpadové vody. Na to navazují další oblasti jako výzkum, vývoj a vzdělávání, a to z toho důvodu, že projekty, které budou součástí výzkumu nových technologií v problematice odpadového hospodářství, budou mít také státní podporu. Rozšíření cirkularity ve městech se dle Cirkulárního Česka 2040 dá dosáhnout skrze využití nových technologií a druhotných surovin. Infrastruktura obsahuje i několik návrhů pro udržitelnější dopravu, jako například podpora sdílení dopravy, hledání alternativních pohonů či podpora těch způsobů dopravy, které nemají takovou negativní zátěž na životní prostředí (Ministerstvo životního prostředí, 2021).

2.2.5 Bariéry a rizika cirkulární ekonomiky

V dokumentu Cirkulární Česko 2040 uvedlo Ministerstvo životního prostředí konkrétní bariéry pro přechod na oběhové hospodářství na základě provedené analýzy. Bariéry se týkaly různorodých oblastí. Tou nejrozšířenější byla legislativní oblast (například, že legislativa nebude dostatečně podporovat vznik trhu s druhotnými surovinami či nebude omezovat vznik odpadů). Další se týkala chování domácností ale i firem. Zde například MŽP uvedlo příklad bariér jako nízký zájem zákazníků nebo samotná zakořeněnost lineární ekonomiky. Další bariéra byla například technologického rázu, kdy by mohla nastat situace, že cirkulární ekonomika by mohla nabídnout technologicky náročná řešení a s tím by souvisela i náročnost na financování projektů tohoto typu či pro firmy vysoké počáteční investice. (Ministerstvo životního prostředí, 2021)

To, že cirkulární ekonomiku mohou provázet i určitá rizika, uvádí i Kislingerová a kol. (2021). Tím největším rizikem je dle autorů úzké spojení mezi sociální a cirkulární ekonomikou. Podstata rizika se nachází v polarizaci na trhu práce při snaze o dodržení zásad sociální odpovědnosti. Mohlo by dojít k situaci, kdy by se zaměstnanci se střední kvalifikací přesunuli na pozice s nižší kvalifikací, což by vedlo ke snížení mzdy. Polarizace je úzce spojena s nárůstem diferenciací v příjmech a z tohoto důvodu je z dlouhodobého hlediska potřeba s nárůstem polarizace a diferenciací mezd počítat.

2.3 Cirkulární ekonomika v dopravě

Pro dopravu představuje cirkulární ekonomika velkou výzvu. Tato kapitola je zaměřena na vymezení cirkulární ekonomiky v dopravě spolu s využitím jejích principů v rámci tohoto odvětví.

Doprava funguje jako trh, na kterém dochází ke konkurenčnímu střetu mezi jednotlivými dopravními odvětvími a firmami. I když má doprava značný vliv na vývoj cen statků či služeb s ní spojených, zatím se nedaří dostatečně promítnout negativní externality plynoucí z dopravy do cen (například u dopravní obslužnosti). Tou nejznámější negativní externalitou v dopravě je znečišťování životního prostředí. Bohužel vlivem globalizace, a tedy i nárůstu obchodu, dochází k rapidnímu nárůstu dopravy, což vede i k nárůstu především negativních externalit. (Kislingerová a kol., 2021)

Klíčovým nástrojem pro globální ekonomiku je právě doprava, respektive logistika. Přechod na oběhové hospodářství je pro toto odvětví nesmírně důležité. Obchodní modely, které budou vycházet z cirkulární ekonomiky, by měly pomoci urychlit inovace i přilákat nové zákazníky. Mezi takové modely patří například cyklické hodnotové řetězce, prodlužování životního cyklu produktu či sdílená ekonomika. (Mikichurová, Kljujevová, & Armash, 2021)

Pro cirkulární ekonomiku je distribuce a logistika významným prvkem. Udržitelný dodavatelský řetězec je založený na nákupu, příchozí a odchozí logistice a reverzní logistice, tedy na hlavních částech většiny logistických procesů. Pokud by došlo k využití principů cirkulární ekonomiky v logistice, mohlo by to znamenat přidanou hodnotu jak pro zpětné zásobování, tak ale i pro skladové či přepravní operace. (Turoń & Czech, 2017)

2.3.1 Využití principů cirkulární ekonomiky v dopravě

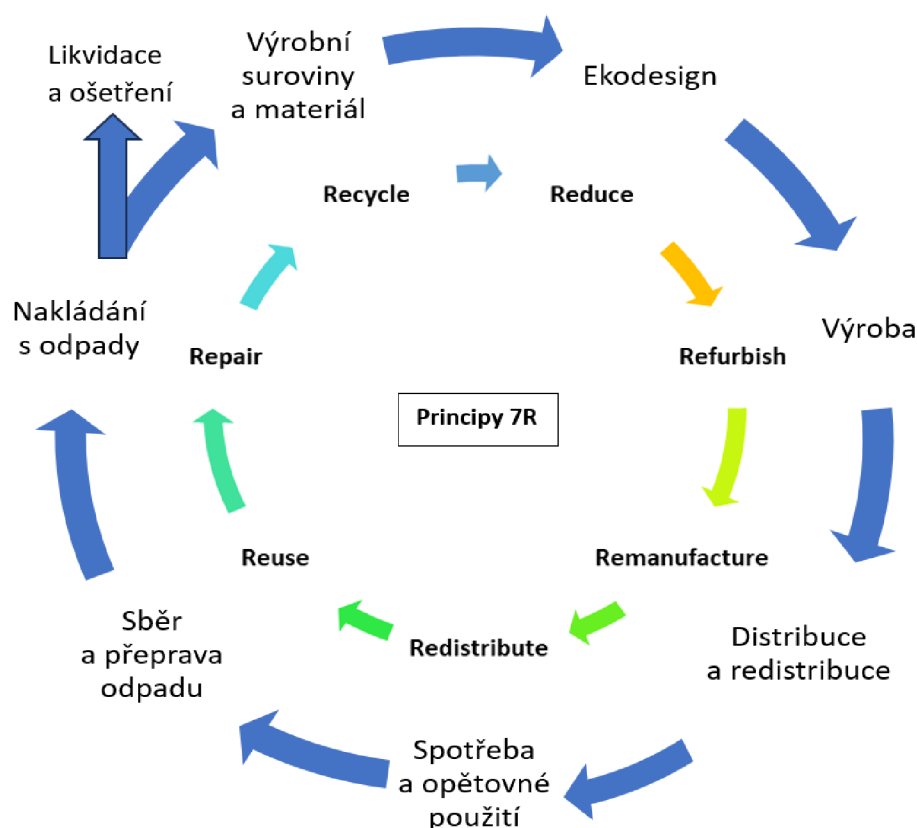
Pro odvětví dopravy jsou klíčové tyto tři body: snížení emisí skleníkových plynů o minimálně 80 % (v ideálním případě o 90 %) a to do roku 2050 (oproti roku 1990); hledat alternativní zdroje energie pro pohon vozidel (například vodíkové baterie) a nakonec zaměřit se na podporu technologického pokroku v mobilitě (především jde o zvýšení efektivnosti vozidel a obecně přepravního výkonu). (Ellen Macarthur Foundation, c2024)

Implementace principů cirkulární ekonomiky v dopravě by měla dopomoci k tzv. dopravě budoucnosti, která je složena z lepších a efektivnějších způsobů dopravy. Je nezbytné zaměřit se na tyto oblasti při zavedení principů CE v dopravě:

- zefektivnění přepravních cest (zavedení zkrácených cest dopomůže k eliminaci zpátečních jízd, při kterých by byl prázdný nákladní prostor),
- čisté palivo (zaměřit se na alternativní zdroje),
- multimodální a kombinovaná doprava (při přepravě nákladu bude využito více způsobů dopravy, což bude mít efektivnější dopad na přepravu samotnou),
- sdílená doprava (především jde o osobní silniční dopravu),
- opětovné využití materiálu z dopravních prostředků po skončení jejich životnosti

(Kislingerová a kol., 2021).

Obrázek 6 *Etapy a principy cirkulární ekonomiky v dopravě*



Zdroj: De Abreu a kol. (2022), vlastní zpracování

Koncept cirkulární ekonomiky v dopravě je zachycen na Obrázku 6. Vnitřní kruh představuje obecně známé principy cirkulární ekonomiky. Vnější kruh jsou jednotlivé etapy CE v dopravě. Principy mohou pokrývat více než jednu etapu. Etap je celkem osm:

- výrobní suroviny a materiál (důraz i na elektroauta; hledání čistých a obnovitelných alternativ energie; recyklovatelný materiál a suroviny),
- ekodesign (trvanlivější produkty; navrhovat produkty tak, aby bylo možno prodloužit jejich životnost výměnou vadných částí, ne celého produktu),
- výroba (změna ve výrobních procesech za využití nové a šetrnější technologie – snížení energetické náročnosti procesu apod.; výroba vozidel z materiálů, které mají snadnou demontáž a mají opětovné využití),
- distribuce a redistribuce (snížení vzdálenosti pomocí optimalizace tras; nové distribuční a zásobovací procesy za využití nových technologií a inovací),
- spotřeba a opětovné použití (sdílená ekonomika – důraz na službu ne na produkt; sdílení automobilů jako využití plné kapacity automobilu; dále také kombinovaná a multimodální doprava – efektivnější využití různých způsobu dopravy),

- sběr a přeprava odpadu (optimalizace tras především u popelářských aut ve městech),
- nakládání s odpady (zvýšení recyklace a znovuvyužití odpadu jako druhotných surovin)
- likvidace a ošetření (šetrný způsob likvidace odpadu, který již nemá žádnou jinou funkční hodnotu)

(De Abreu et al., 2022)

2.4 Společenské dopady v dopravě

Tato kapitola je věnovaná společenským dopadům, konkrétně tomu, jak je vnímají a popisují někteří autoři, a také některé příklady jejich projevů.

Doprava je odvětvím, které provází různorodé společenské dopady. Tyto dopady lze vnímat dvěma způsoby. Tím prvním jsou dopady pozitivní, které se považují za přínosy. Na druhou stranu jsou ale také dopady negativní, které se dají vnímat jako určitý způsob nákladu. Co se týče společnosti, sem řadíme nejen poskytovatele či konzumenta dopravy, ale také jiné subjekty. (Brůhová Foltýnová, 2009)

Geurs et al. (2009) ve své práci uvedl, že společenské dopady v dopravě lze definovat jako změny v dopravních zdrojích. Mezi tyto zdroje zařadil infrastrukturu, využívané dopravní prostředky či pohyb v rámci dopravy obecně. Dle autora tyto zdroje mohou v budoucnu ovlivnit chování, vnímání či preference jednotlivců, skupin a společnosti obecně. A to jak pozitivním, tak i negativním způsobem.

Další autoři, kteří se zabývali touto problematikou, jsou Lucas & Jones (2012). Ti kladli ve své práci důraz především na fakt, že různé společenské dopady se mohou projevit v různých časových obdobích. Pro časová období je nezbytné rozlišovat dvě základní, a to krátkodobé a dlouhodobé. Krátkodobé dopady jsou spojeny přímo s dopravním systémem či nějakým zásahem legislativního typu (například legislativní úkony pro snížení počtu kolizí). Dlouhodobé dopady se projevují v delším časovém horizontu a nejsou tak přímé, jako ty krátkodobé. Mezi dlouhodobé dopady patří ty, které mají vliv na zdravotní stav (například obezita či chronická bolest zad u řidičů), sociální vyloučení/začlenění nebo na životní prostředí. Autoři charakteristiku samotného dopadu připodobňuje právě k pilířům udržitelného rozvoje. A tedy, že společenský dopad v dopravě může mít ekonomický, environmentální nebo sociální charakter. Zároveň

autoři uvádí, že ve většině případů dochází ke vzájemné kombinaci těchto tří dimenzí, a z toho důvodu je obtížné některé konkrétní dopady zařadit jen do jedné skupiny.

Brůhová Foltýnová (2009) upozorňuje, že některé pozitivní dopady mohou být značně individualizovány, tedy že individuální pozitivní dopad se rovná společenskému. Naopak většina negativních dopadů postihne společnost jako celek, jde zejména o environmentální dopady.

2.4.1 Projevy společenských dopadů v dopravě

Mobilita lidí, zboží, služeb a kapitálu

Zjednodušený volný pohyb lidí, zboží a služeb z jednoho místa na druhé umožňuje efektivní doprava, která zároveň dokáže uspořit drahocenný čas. Dochází také k přesunu informací nebo služeb. Dopravní sektor v současné době nabízí také velké množství pracovních míst, například regulace a výroba vozidel či řízení jak v nákladní, tak ve veřejné dopravě. (Ali, Socci, Pretaroli, & Severini, 2018)

Zaměstnanost, konkurenceschopnost,

S mobilitou souvisí i dopravní obslužnost, která také patří mezi pozitivní společenské dopady dopravy. Její zlepšení může mít velmi pozitivní vliv na zaměstnanost v regionu. A zároveň se jedná i o pozitivní vliv na jedince jako takového. (Brůhová Foltýnová, 2009)

Kvalitní dopravní infrastruktura může mít pozitivní dopad i na celý region. Pokud je v regionu rozvinutá a kvalitní infrastruktura, firma by si mohla zvolit své sídlo právě v daném regionu. Pro firmu to znamená, že může snadno distribuovat své výrobky a zefektivnit své zásobování. Díky tomu se firmě zvýší její postavení na trhu, a to může mít vliv na konkurenceschopnost celého regionu i na zvýšení úrovně obyvatel regionu. Důvodem je, že v konkurenceschopnějších regionech se soustředí kvalifikovaná pracovní síla a investice. (OECD, 2022)

Hrubý domácí produkt

HDP je základním ukazatelem výkonnosti ekonomiky. V podstatě jde o sumu finálních výrobků a služeb vyprodukovaných na daném území vyjádřenou v penězích. (Český statistický úřad, 2024a). Jednou z hlavních komponentů HDP je i mezinárodní obchod, který je založen na dopravě, a to především v současné moderní éře globalizace. Dopravní sektor, který dokáže být efektivní je významnou součástí hospodářského rozvoje. Především z tohoto důvodu se dá HDP považovat za pozitivní ekonomický

dopad dopravy (Ali, Socci, Pretaroli, & Severini, 2018). Vztah mezi hrubým domácím produktem a dopravou zkoumali ve své práci i Saboori, Sulaiman & Mohd (2012). Ti ve své práci potvrdili, že právě sektor dopravy dokáže pozitivně ovlivnit HDP.

Kongesce a dopravní nehody

Zatímco kvalitní dopravní infrastruktura může vylepšit pozici celého regionu, zastaralá a zanedbaná dopravní infrastruktura může mít negativní dopad především na města a městskou dopravu. Tvoření kongescí (jde o dopravní zácpy, zpomalení dopravy či výluky) je jedním z nejběžnějších společenských dopadů dopravy. S kongescemi jsou spojené i jejich náklady, které lze rozdělit na explicitní (například pohonné hmoty) a implicitní (čas strávený v dopravní zácpě). (Brůhová Foltýnová, 2009)

Autoři Mavrin a kol. (2020) ve své práci navíc prokázali, že zvýšení počtu silnic snižuje počet kongescí. Je to z toho důvodu, že pokud by se cestování v daném regionu usnadnilo, tak by se zvýšila poptávka po autech, což by zapříčinilo nové dopravní zácpy. Autoři ve své práci dospěli k názoru, že ke snížení kongescí je třeba zkvalitnit dopravní infrastrukturu a zvýšit bezpečnost dopravního systému. Posílení bezpečnosti u dopravních systémů by vedlo také ke snížení dopravních nehod, které bývají z velké části příčinou již zmíněných kongescí. Dopravní nehody jsou zapříčiněné především rostoucí automobilizací (hlavně ve městech). (Mavrin a kol., 2020)

Zabírání půdy

Rodrigue (2024) mezi negativní sociální dopady dopravy řadí zabírání půdy a s ním související dostupnost bydlení. Oba tyto faktory mohou mít za následek zhoršení přístupu k zaměstnání či vzdělání nebo dokonce zdravotní péči, a to v podobě dopravní obslužnosti. V práci autor uvádí, že nedostatečné dopravní služby či dostupnost dopravy, které nepokryjí celou poptávku, nebo například nedostatek dopravní infrastruktury (jako jsou chodníky ale i budování silnic či cyklostezek apod.) mohou vést až k sociálnímu vyloučení.

Kolář & Velechovský (2012) ve své práci naopak řadí zabírání, a především kvalitu půdy ke spíše environmentálním dopadům dopravy. Jako největší problémy zde uvedli kontaminaci půdy a půdní erozi. Výstavbou dopravní infrastruktury totiž dochází ke ztrátě úrodné a kvalitní půdy.

Znečištění ovzduší a spotřeba energie v dopravě

Kislingerová a kol., (2021) ve své práci poukazují na fakt, že kvalita ovzduší je významně ovlivněna dopravou. Až 90 % znečištění ovzduší ve městech je způsobeno právě automobilovou dopravou. V práci autoři také uvádí, že současným problémem je fakt, že samotné znečištění (emise znečišťujících látek a plynů), které je bráno také jako negativní externalita dopravy, se nepromítá dostatečně do ceny dopravy. Na to naráží i Brůhová Foltýnová (2009). Ta ve své práci tvrdí, že pokud se do ceny dopravy či dopravních aktivit, nezahrnou všechny náklady, tak to má za následek neefektivní alokaci zdrojů v dopravním systému. Tento problém je způsoben tím, že vzácnost zdrojů není správně promítnuta do tržní ceny. A poté u zdrojů jako jsou kvalita dopravní infrastruktury, čisté ovzduší apod., dochází k nadměrnému užívání.

Doprava se řadí mezi tři největší spotřebitele energie v ČR spolu s průmyslem a domácnostmi. I přes snahy o zavádění úsporných opatření pro snížení spotřeby energie v dopravním sektoru (například úspornější motory aut) se absolutní spotřeba spíše navyšuje. Navíc se zde objevuje Jevonsův paradox, který tvrdí, že pokud se zvýší energetická účinnost, nemusí to vždy znamenat, že dojde k nárůstu úspor, ale naopak vzroste spotřeba. Je to způsobeno zlevněním provozu, který poté zapříčiní, že vzroste využívání. (Ministerstvo dopravy, 2021)

2.5 Silniční nákladní doprava

Dopravu lze dělit dle používaného dopravního prostředku a zvolené dopravní cesty na: silniční, vodní, železniční, leteckou či potrubní. Další členění je možné dle objektu, který má být přemístován, a je to buď osobní či nákladní doprava. Přeprava zboží je pro silniční nákladní dopravu klíčovou činností. (Eisler, 2004)

Dle Nováka (2005) se v praxi v tomto odvětví vyskytují tři základní pojmy: dopravce, přepravce a zasílatel. Ten, kdo realizuje a prodává přepravní a dopravní služby na trhu, je dopravcem. Přepravcem se rozumí zákazník dopravce. Může se jednat o obchodníka, výrobce, prodávajícího či kupujícího. Subjekt, který v zájmu přepravce obstarává přepravní služby tím, že u dopravců zajistí jejich dodání, se nazývá zasílatel.

Silniční nákladní doprava se člení na dva druhy dle potřeby na cizí a vlastní. Pokud mezi subjektem, který potřebuje dopravní služby a provozovatelem silniční dopravy vznikl právní vztah přes přepravní smlouvu, jedná se o silniční nákladní dopravu pro cizí potřebu. Naopak u silniční nákladní dopravy pro vlastní potřebu nevzniká žádný závazkový vztah, jehož předmětem by byla přeprava věcí. Zároveň jde o podnikatelskou činnost, u které má osoba, která provozuje silniční dopravu, oprávnění (dle zvláštních právních předpisů). (Novák, 2003)

Mezi přední ukazatele silniční nákladní dopravy patří přeprava věcí po silnici a přepravní výkon. Přeprava věcí vyjadřuje, kolik se čeho přepraví vybraným typem dopravy a vyjadřuje se v tisících tunách. Přepravní výkon na druhou stranu vyjadřuje součin hmotnosti přepravených věcí a ujetých kilometrů a uvádí se v jednotkách tkm, neboli tunokilometr. (Sydos.cz, 2024)

V České republice je silniční nákladní doprava nejvytíženějším druhem přepravy. Na druhém místě je následně železniční nákladní doprava. Společně zabírají přes 85 % z celkových přepravních výkonů. (Sydos.cz, 2024)

3 Metodický postup

Tato diplomová práce má za cíl vyhodnotit společenské dopady v dopravě v aspektu cirkulární ekonomiky na základě provedené analýzy. Analýza je zaměřená konkrétně na společenský environmentální dopad v silniční nákladní dopravě. Konkrétně jde o vyhodnocení vzájemného kointegračního vztahu mezi 4 proměnnými – přepravním výkonem, emisemi CO₂, spotřebou energie (všechny tři proměnné se týkají silniční nákladní dopravy v ČR) a celkového hrubého domácího produktu ČR v časové řadě od roku 2007 do roku 2022. Samotné vyhodnocení časových řad je založeno na kointegrační analýze (blíže kapitola 3.2)

3.1 Výzkumná otázka a hypotézy

Výzkumná otázka byla formulována na základě stanoveného cíle této diplomové práce, což je vyhodnocení společenských dopadů na základě provedené analýzy. Analýza je zaměřena na čtyři proměnné, z toho jsou tři společenské dopady v dopravě a poté přepravní výkon v dopravě. Zvolené společenské dopady jsou blíže představeny v teoretické části práce. Výzkumná otázka je tedy zaměřena na vzájemní vazby mezi těmito čtyřmi proměnnými.

Výzkumná otázka: *Jaké jsou vzájemné dlouhodobé vazby mezi přepravním výkonem v silniční nákladní dopravě, emisemi CO₂ z této dopravy, energetickou spotřebou ze silniční nákladní dopravy a ekonomickým výkonem (HDP) České republiky?*

3.1.1 Hypotézy

Hypotézy vychází z výzkumné otázky. V rámci analýzy byly sledovány čtyři proměnné, které byly rozděleny do vzájemných dvojic. Z tohoto důvodu bylo stanoveno celkem šest hypotéz – pro vyhodnocení každé dvojice jedna.

Hypotéza 1: *Existuje statisticky významný dlouhodobý kointegrační vztah mezi přepravním výkonem silniční nákladní dopravy a emisemi CO₂ z této dopravy.*

Hypotéza 2: *Existuje statisticky významný dlouhodobý kointegrační vztah mezi emisemi CO₂ ze silniční nákladní dopravy a spotřebou energie v silniční nákladní dopravě.*

Hypotéza 3: *Existuje statisticky významný dlouhodobý kointegrační vztah mezi emisemi CO₂ ze silniční nákladní dopravy a hrubým domácím produktem.*

Hypotéza 4: *Existuje statisticky významný dlouhodobý kointegrační vztah mezi přepravním výkonem ze silniční nákladní dopravy a spotřebou energie v této dopravě.*

Hypotéza 5: *Existuje statisticky významný dlouhodobý kointegrační vztah mezi spotřebou energie v silniční nákladní dopravě a hrubým domácím produktem.*

Hypotéza 6: *Existuje statisticky významný dlouhodobý kointegrační vztah mezi přepravním výkonem silniční nákladní dopravy a hrubým domácím produktem.*

Hypotézy 1, 4 a 6 jsou zaměřeny přímo na vztah mezi společenským dopadem na straně jedné a přepravním výkonem na straně druhé. Hypotézy 2, 3 a 5 sice nezkoumají přímo vztah mezi společenským dopadem a přepravním výkonem, avšak zkoumají vzájemný vztah mezi dvěma společenskými dopady, jelikož z výzkumné otázky vyplývá, že se zkoumají vzájemné vztahy mezi sledovanými proměnnými, tedy i mezi společenskými dopady navzájem.

3.2 Metodický postup

Jak bylo zmíněno výše, analýza společenských dopadů je v této práci založena na testování kointegrace.

Kointegrace se dá popsat jako případ, kdy jednotlivé časové řady jsou původně nestacionární (jednorozměrné), ovšem jejich výsledná kombinace je již stacionární (blíže ke stacionaritě dat v podkapitole 3.2.2). Kointegrační testy pracují s časovými řadami, které vykazují vztah dlouhodobé rovnováhy mezi proměnnými. Respektive pokud mají dvě či více časových řad společný (kointegrační) pohyb, tak dlouhodobě směřují k určitému rovnovážnému stavu. Tyto metody se využívají především ve financích. Například mezi tržními cenami akcií a výšemi dividend, či mezi relativními cenami a jim odpovídajícími měnovými kurzy. (Cipra, 2013)

Testování kointegrace se však dá využít i v jiných odvětvích než jen v bankovním sektoru či obecně ve financích. Například autoři Benali & Feki (2020) využili právě testování kointegrace pro vyhodnocení vztahu mezi nákladní dopravou, emisemi znečišťujících látek skleníkových plynů, hospodářským růstem a spotřebou energie.

Metodický postup pro analýzu je složen ze čtyř částí:

- Získání dat a jejich normalizace
- Testy stacionarity
- Testy kointegrace
- Vyhodnocení analýzy

Následující podkapitoly popisují blíže každou část analýzy.

3.2.1 Získání dat a jejich normalizace

Pro vytvoření analýzy bylo nezbytné získat data o jednotlivých proměnných. Období, ve kterém je analýza prováděna, je od roku 2007 do roku 2022, frekvence dat je roční.

Co se týče normalizace dat, tu bylo potřeba provést z toho důvodu, že každá z proměnných je uvedena v jiných jednotkách, tudíž by bylo obtížné provádět jakékoliv statistické modely. Při normalizaci byla data převedena na jejich procentuální změnu.

Data o emisích CO₂ (dále jen emise) a spotřebě energie v silniční nákladní dopravě v České republice pochází z České informační agentury životního prostředí (zkr. CENIA). Jedná se o příspěvkovou organizaci Ministerstva životního prostředí. Jejím účelem je mimo jiného i datová a výzkumná podpora výkonu státní správy, a také rozvoj informačních systémů v dané oblasti. Každý rok CENIA vytváří Zprávu o životním prostředí České republiky a Statistickou ročenku životního prostředí České republiky. (Cenia.cz, 2024)

Dle Statistické dopravní ročenky Ministerstva dopravy jsou právě emise skleníkových plynů a spotřeba energie předními ukazateli vlivu dopravy na životní prostředí. (Sydos.cz, 2024)

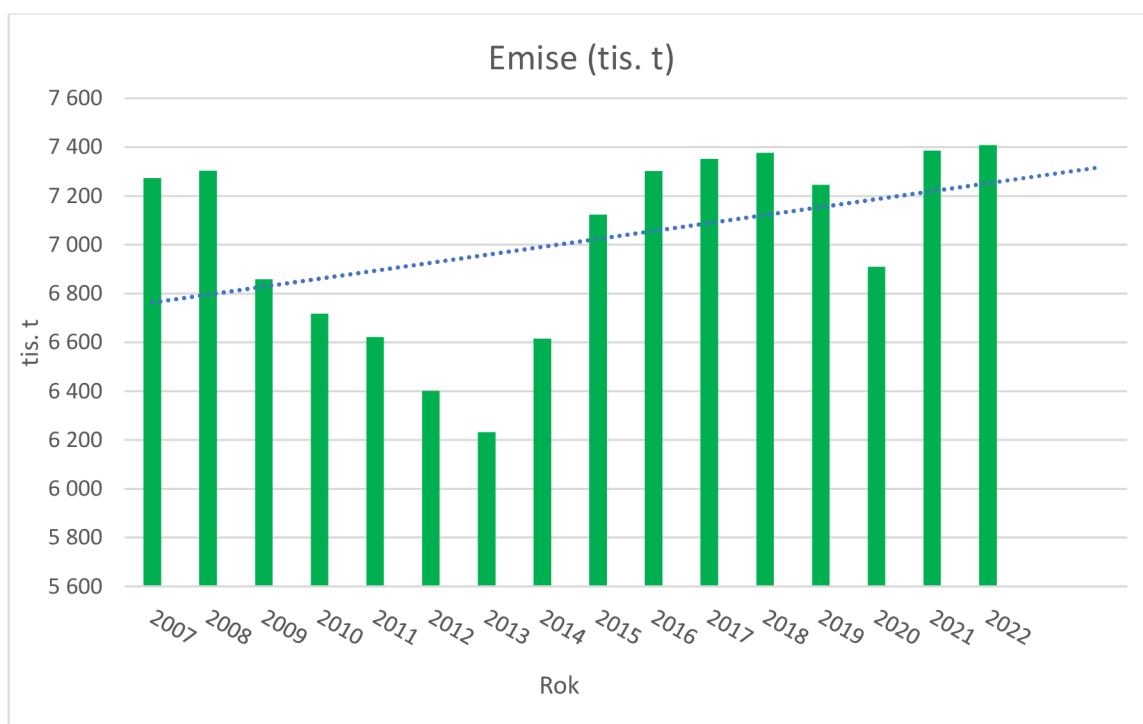
Data o přepravním výkonu pochází z Ročenky dopravy Ministerstva dopravy České republiky. Tyto ročenky vydává každoročně samo ministerstvo jak papírovou formou, tak i tou digitální přes server sydos.cz. Ročenky obsahují různorodá data, která souvisí dopravou. A to jak s osobní, tak i s nákladní. Mimo jiné jsou zde i data ohledně zaměstnanosti v sektoru dopravy, nehodovosti na našich silnicích či souhrnná data o vlivu dopravy na životní prostředí. Na tomto serveru jsou také všechny informace o přepravních tocích na území České republiky. (Sydos.cz, 2024)

Hrubý domácí produkt se považuje za jeden z nejkompexnějších ekonomických ukazatelů dané země. Data o HDP pochází z Českého statistického úřadu. Jedná se o HDP v běžných cenách. (Český statistický úřad, 2024b)

Následující grafy (Graf 1, 2, 3 a 4) zahrnují časové řady jednotlivých proměnných pro zvolené období.

Emise CO₂

Graf 1 Emise ze silniční nákladní dopravy v období 2007–2022

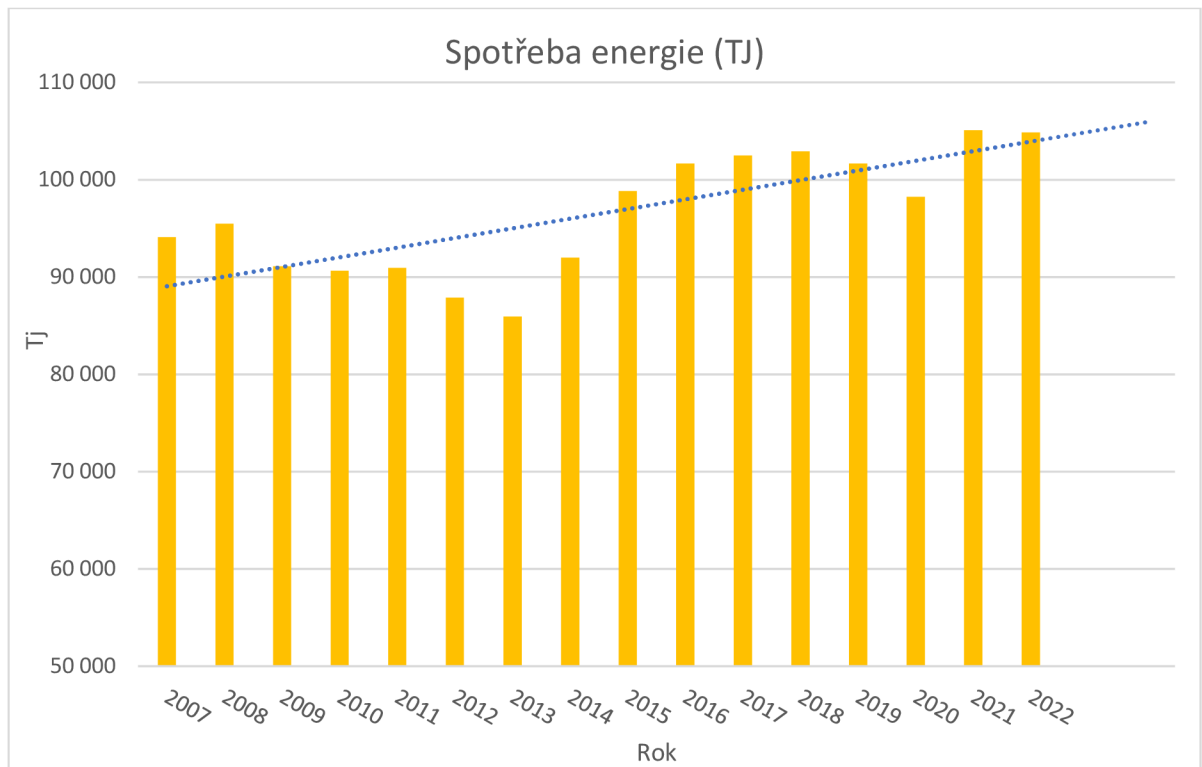


Zdroj: Cenia.cz (2024), vlastní zpracování

Emise ze silniční nákladní dopravy jsou uvedeny v tunách. Z Grafu 1 je znát, že v období od roku 2008 do roku 2013 byl značný pokles emisí. Jedním z faktorů tohoto poklesu může být celosvětová finanční krize z roku 2008, která dokázala utlumit většinu ekonomik po celém světě. Od roku 2014 mají emise opět rostoucí trend, a to až do roku 2018. Poté je zřejmý další pokles až do roku 2020. Zde je znát dopad koronavirové krize, která ochromila celý svět. V posledních dvou letech zvoleného časového období emise opět vzrůstají. Dle lineární prognózy mají emise rostoucí trend.

Spotřeba energie

Graf 2 Spotřeba energie v silniční nákladní dopravě v období 2007-2022

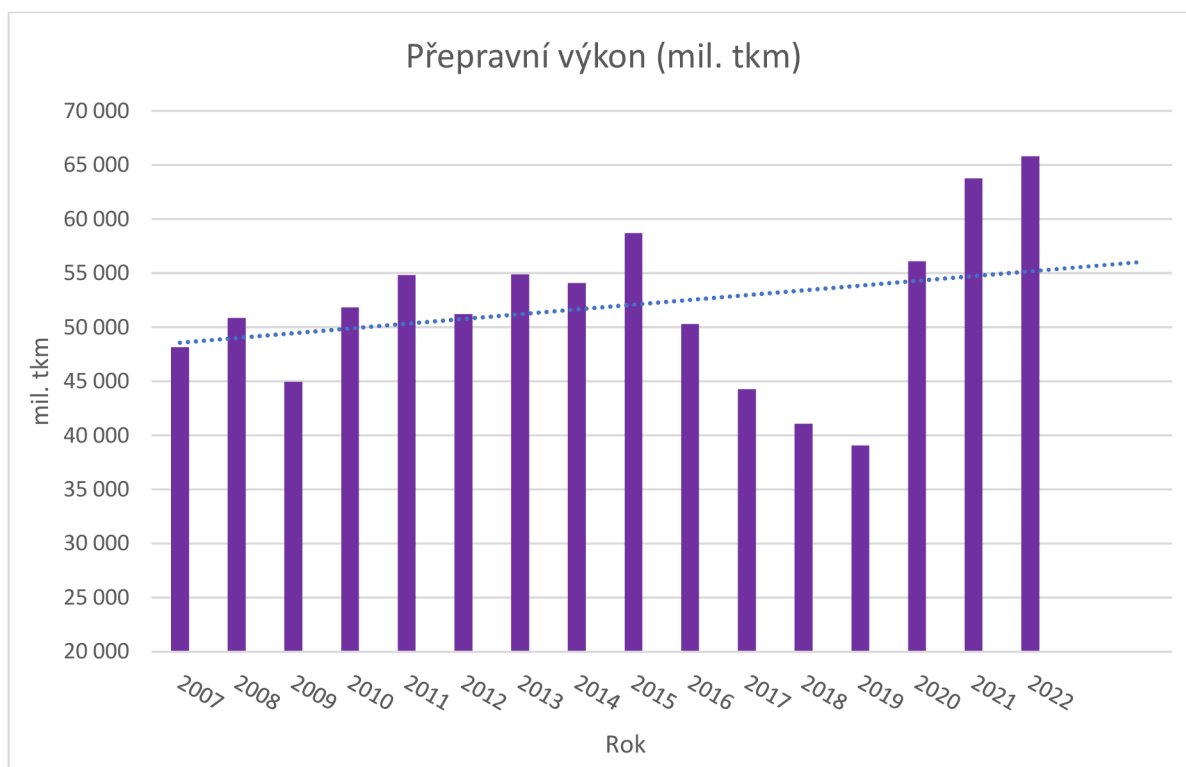


Zdroj: Cenia.cz (2024), vlastní zpracování

Spotřeba energie v silniční nákladní dopravě je uvedena v jednotkách v TJ. Dle Grafu 2 lze usoudit, že vývoj spotřeby energie je lehce podobný předešlému Grafu 1, především co se týče období, ve kterých spotřeba poklesla/vzrostla, ale ne tak dramaticky jako tomu bylo u emisí. Spojnice trendu opět ukazuje na rostoucí lineární prognózu.

Přepavní výkon

Graf 3 Přepavní výkon silniční nákladní dopravy v období 2007-2022

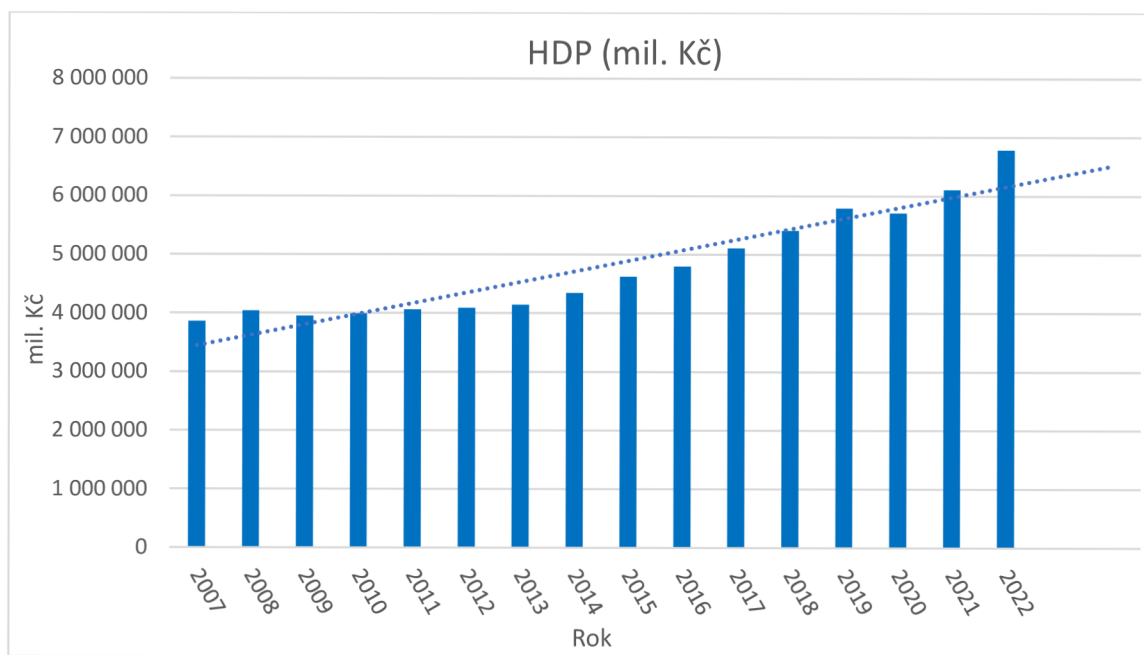


Zdroj: Sydos.cz (2024), vlastní zpracování

Od roku 2007 do roku 2015 zaznamenával celkový přepavní výkon lehké výkyvy, kdy zásadním byl rok 2009, což byl nejspíše následek ekonomické krize v roce 2008. V roce 2015 se ale přepavní výkon silniční nákladní dopravy dokázal vyšplhat na necelých 60 000 mil. tunokilometrů. Následně po dobu čtyř let přepavní výkon klesal, jelikož postupně klesal mezinárodní přepavní výkon této dopravě, zatímco vnitrostátní rostl, ale nedostatečným tempem, jak vychází z Ročenky MD z roku 2019. Od roku 2020 roste celkový přepavní výkon v silniční nákladní dopravě podstatně rychlým tempem.

Hrubý domácí produkt

Graf 4 Hrubý domácí produkt ČR v období 2007-2022



Zdroj: Český statistický úřad (2024b), vlastní zpracování

Největší nárůst HDP byl zaznamenán od roku 2012 do roku, kdy se ekonomika České republiky nacházela v expanzi. V roce 2020 nastal lehký pokles, a to zejména vlivem pandemie covid-19, respektive restrikcemi, které v tomto roce ovlivnily nejen ekonomiku v tuzemsku, ale především tu celosvětovou. Ovšem od roku 2021 je z Grafu 4 zřejmé, že HDP České republiky je opět na vzestupu.

Normalizace dat

Data, která byla využita pro sestavení analýzy, byla měřena v odlišných jednotkách. Z toho důvodu bylo nezbytné data transformovat (normalizovat) do podoby, kdy u všech proměnných budou stejné jednotky a bude možné s daty dále pracovat. Normalizace dat spočívala v tom, že pro každou proměnnou byla v zadaném časovém období vypočítána jejich procentuální změna. (Singh & Singh, 2020)

Rok 2007 sloužil jako počátek. Z tohoto důvodu je u všech proměnných v tomto roce hodnota 0 %.

Výpočet procentuální změny:

$$\text{Procentuální změna} = \left(\frac{X_{(n+1)} - X_n}{X_n} \right) * 100 \quad , \quad (1)$$

kde X_n je hodnota v počátečním roce 2007

$X_{(n+1)}$ je hodnota proměnné v daném roce

100 je konstanta pro převod na %

(Singh & Singh, 2020, vlastní úprava)

3.2.2 Testy stacionarity

Před testováním kointegrace je u časových řad nezbytné provést testy na ověření stacionarity, respektive jestli časové řady obsahují jednotkový kořen. Tyto časové řady tvoří stochastický proces, který je uspořádanou řadou náhodných veličin v čase. Tyto náhodné veličiny představují variační funkce, funkce středních hodnot, korelační a kovariační funkce. Proces, který je stochastický a zároveň stacionární, musí mít v čase neměnné charakteristiky jeho náhodných veličin. (Arlt, 1999)

Zápis podmínek:

- Variační funkce:

$$\sigma_t = D(X_t) \quad (2)$$

- Střední hodnota:

$$\mu_t = E(X_t) \quad (3)$$

- Korelační funkce:

$$\rho(t, t - k) = \frac{\gamma(t, t - k)}{\mu_t * \sigma_{t - k}} \quad (4)$$

- Kovariační funkce:

$$\gamma(t, t - k) = E(X_t - \mu_t) * (X_{t-k} - \mu_{t-k}) \quad (5)$$

kde X_t představuje závislou proměnnou,

$E(X_t)$ představuje střední hodnotu,

$D(X_t)$ představuje rozptyl

(Arlt, 1999).

Pro ověření přítomnosti jednotkového kořene existuje v ekonometrii více testů. V této práci byl pro otestování použit rozšířený Dickey Fullerův test (zkr. ADF test).

ADF test

Tento test zkoumá hypotézu o přítomnosti jednotkových kořenů. Jedná se o průkopnický test v této problematice. ADF test je založený na regresi u prvních diferencí časových řad. Jde o závislost buď to na zpožděných diferencích, anebo na vlastních hodnotách, které jsou zpožděné. Tento test má tři varianty: bez konstanty, s úroňovou konstantou anebo s konstantou i deterministickým trendem. Pro všechny tři případy je nulová hypotéza stejná, a tedy *H0: testované řady jsou nestacionární*. I alternativní hypotéza je pro všechny tři formy stejná: *H1: testované časové řady jsou stacionární*. Generující proces při testování má tuto podobu:

$$\Delta X_t = \emptyset * X_{t-1} + \sum_{i=1}^p a_i \Delta X_{t-1} + e_t \quad (6)$$

kde X_t je závislá proměnná

p je zpoždění

e_t je reziduální složka.

(Arlt & Arltová, 2009)

Testuje se, jestli $\emptyset = 0$, tedy jestli proměnná obsahuje jednotkový kořen. Následné ověření H_0 spočívá na posouzení vypočítané p-hodnoty. Pokud bude p-hodnota vyšší než zvolená hladina významnosti (obecně bývá 10 % nebo 5 %, pro tuto práci bylo zvoleno 5 %), tak přijímáme nulovou hypotézu a časové řady považujeme za nestacionární. Pokud by ale časové řady byly nestacionární, mohla by se u nich vyskytnout zdánlivá korelace při dalším testování. Pro dosažení stacionarity u vstupních dat se provádí jejich první diference a poté, na základě nových dat, je možné provést ADF test znovu a posoudit stacionaritu časových řad. (Arlt & Arltová, 2009)

Diference časové řady slouží k odstranění cyklických či trendových vlivů z původní časové řady. V ekonometrii se tento způsob používá mimo jiné i k transformaci dat z nestacionárních na stacionární. Diference je založena na rozdílu dvou hodnot odlišných v čase, zároveň je možné ji provádět vícekrát. Dle toho se poté rozlišuje tzv. „řád“ diference, pokud by tedy byla diference provedena jednou, jde o diferenci prvního řádu (Brockwell & Davis, 2016). Matematicky se dá tento postup obecně zapsat takto:

$$\Delta Y_n = Y_n - Y_{n-1} \quad (7)$$

kde Y_n představuje hodnotu časové řady v čase n

Y_{n-1} představuje hodnotu časové řady v čase $(n-1)$

(Brockwell & Davis, 2016).

Pro diferenci vyššího řádu je postup obdobný, ovšem jde o rozdíl mezi hodnotami již diferencované řady (Brockwell & Davis, 2016). Pro potřeby této práce se bude provádět pouze diference prvního řádu.

3.2.3 Testy kointegrace

Kointegrační testy se mohou provádět u časových řad, které jsou nestacionární, ale po diferenci prvního řádu nabydou stacionaritu. (Arlt & Arltová, 2009)

V této práci byly provedeny dva testy, konkrétně Engle-Grangerův test (zkr. EG test) a Johansenův test.

EG test

Tento test byl poprvé zveřejněn v práci od Engle & Granger (1987) a provádí se vždy pro dvě časové řady, respektive dvě proměnné. Tato metoda je založena na předpokladu, že rezidua modelu, který je sestaven z kointegrovaných proměnných, jsou stacionární. Pokud by tedy u předešlého ADF testu došlo k zamítnutí nulové hypotézy o nestacionaritě časové řady, nebylo by následně možné provést EG test. Pokud by ale došlo k tomu, že nulová hypotéza by byla u ADF testu přijatá, tak by bylo možné pokračovat v EG testu.

Test se provádí za pomoci kointegrační regrese, která má následující tvar:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_t x_t + e_t, \quad (8)$$

kde x_t a y_t představují zkoumané časové řady,
 β_t představují koeficienty,
 e_t představují rezidua.

(Hendl, 2009).

Z výsledků této rovnice se získají hodnoty reziduí, na jejichž základě je následně proveden opět ADF test pro ověření přítomnosti jednotkových kořenů. Také v rámci EG testu je rozhodným výsledkem parametr \emptyset (respektive $\emptyset = 0$, aby bylo možné prohlásit, že proměnná obsahuje jednotkový kořen). Samotné vyhodnocení testu má obdobnou podobu jako u ADF testu. I zde jsou dvě hypotézy: *H0: u časových řad není kointegrační vztah; H1: u časových řad existuje kointegrační vztah*. Hladina významnosti je opět 5 % (tedy 0,05). Pokud vypočtená p-hodnota bude nižší než stanovená hladina významnosti, tak se nulová hypotéza zamítá, tedy je možné prohlásit časové řady za kointegrované. (Arlt & Arltová, 2009)

Johansenův test

Tento test vyvinul ve své práci Johansen (1991) a jeho hlavní rozdíl oproti předešlému EG testu je, že Johansenův test je možno provést pro více proměnných najednou.

Před použitím toho testu je nezbytné data otestovat na jejich stacionaritu. Rovnice pro Johansenův test ve VEC modelu, který se pro tento test využívá, má následující tvar:

$$\Delta y_t = \Pi y_t + \Gamma_1 \Delta y_{t-1} + \Gamma_2 \Delta y_{t-2} + \dots + \Gamma_{p-1} \Delta y_{t-(p-1)} + e_t, \quad (9)$$

kde y_t představuje vektor n proměnných,
 p představuje počet zpoždění těchto proměnných,
 e_t představují rezidua

(Cipra, 2013).

Podobně jako tomu bylo u EG testu s parametrem \emptyset , rozhodující význam má matice Π , která parametru \emptyset odpovídá, tedy s jediným rozdílem, že v případě Johansenova testu se jedná o matici. Zde ovšem nebude rozhodující, zda se matice Π bude rovna nule, nýbrž bude rozhodující její hodnota. Ta totiž bude odpovídat celkovému počtu kointegračních

vztahů. Pokud by byla hodnota rovna nule, znamená to, že kointegrační vztah se mezi sledovanými proměnnými nepotvrdil. Pokud by se hodnota rovnala počtu proměnných, šlo by o tzv. plnou hodnotu, což znamená, že v rámci vektoru y_t nejsou žádné jednotkové kořeny, tudíž zde také není kointegrační vztah. V případě, kdy by hodnota matice byla větší než nula, ale nerovná se n , tak by její hodnota odpovídala počtu kointegračních vztahů (Cipra, 2013).

Hodnota r matice Π se rovná počtu nenulových vlastních čísel matice. A zároveň i počtu kointegračních vztahů v rámci modelu. Tento vztah lze zapsat následovně: $(\lambda_1, \dots, \lambda_r, \lambda_{r+1} = \lambda_{r+2} = \lambda_{r+3} = \dots = \lambda_m = 0) = r(\Pi)$. Pokud by tedy došlo k variantě, kdy hodnota matice Π byla rovna nule, tak se i vlastní čísla budou rovnat nule a zároveň proměnné nejsou kointegrované. Pro Johansenův test je tedy nezbytné testovat počet vlastních čísel, která jsou výrazně odlišná od nuly. V praxi se využívají dvě verze Johansenova testu:

1. Johansenův test se statistikou pro λ_{trace} :

$$\lambda_{trace}(r) = -T \sum_{v=r+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_v) \quad (10)$$

kde T představuje počet pozorování,
 r představuje počet kointegračních vztahů

(Cipra, 2013).

λ_{trace} představuje „sdružený test“, v rámci, kterého je nulová hypotéza v tomto tvaru: H_0 : počet kointegračních vztahů je maximálně r . Alternativní hypotéza pak vypadá takto: H_1 : počet kointegračních vztahů je větší než r . V průběhu testování pak následně dochází k postupnému odstraňování největších vlastních čísel. V případě, kdy λ se bude rovnat nule, je jasné, že i λ_{trace} se rovná nule a můžeme konstatovat, že zde kointegrace není. To znamená, že testování se provádí do doby, než dojde k zamítnutí nulové hypotézy.

2. Johansenův test se statistikou pro λ_{max} :

$$\lambda_{max}(r, r+1) = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+1}) \quad (11)$$

kde T představuje počet pozorování
 r představuje počet kointegračních vztahů

(Cipra, 2013).

V tomto případě vypadá nulová hypotéza takto: H_0 : *kointegrační vztahy ve sledovaných datech jsou rovny r* , zatímco alternativní hypotéza má tuto podobu: H_1 : *kointegračních vztahů ve sledovaných datech jsou $r + 1$* . I v tomto případě probíhá testování až do okamžiku, kdy se zamítne nulová hypotéza. (Cipra, 2013)

4 Vlastní analýza dat

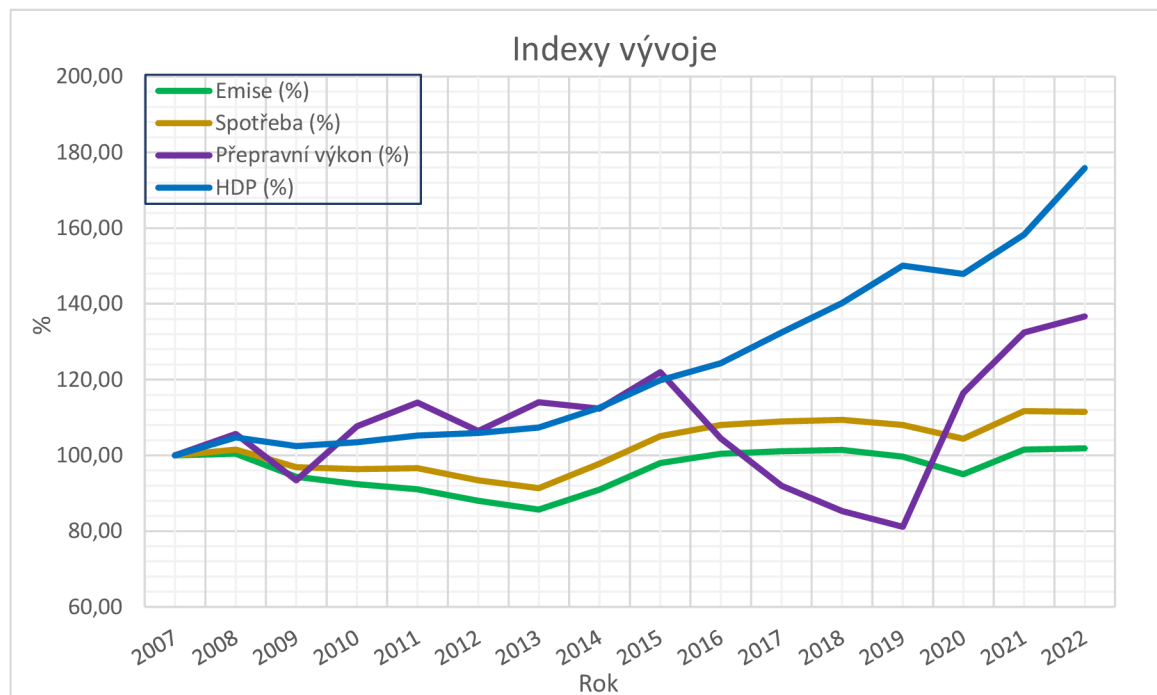
Pro metodický postup analýzy dat byl použit program MS Excel a statistický program R studio.

4.1 Normalizace dat

V programu Excel byla provedena normalizace dat. Dále zde byly vytvořeny grafy pro představení proměnných.

Následující graf zobrazuje indexy vývoje zvolených proměnných v čase. K vypočítaným procentuálním hodnotám změn bylo připočteno 100 % pro přehlednější zobrazení výsledků. Ovšem je důležité podotknout, že analýza jako taková byla provedena pouze na základě procentuálních změn (dle vzorce 1).

Graf 5 Indexy vývoje jednotlivých proměnných v %; 2007 = 100 %



Zdroj: Cenia.cz (2024), Sydos.cz (2024), Český statistický úřad (2024b), vlastní zpracování

Z grafu lze poznat, že index vývoje emisí a spotřeby energie má takřka shodný vývoj, lze tedy předpokládat, že tyto proměnné by mohly mít mezi silnou vazbu. U přepravního výkonu je zaznamenán v období od roku 2015 do roku 2019 prudký pokles, a následně i prudký vzrůst. Co se týče hrubého domácího produktu, tady je křivka v podstatě stále rostoucí, až na období 2019-2020, kdy lehký pokles HDP byl způsoben koronavirovou krizí.

4.2 Test stacionarity časových řad

Test stacionarity byl proveden v R studiu pomocí funkce `adf.test` (ukázka viz Příloha 1) a to pro každou z proměnných. Konkrétně šlo o verzi ADF testu s konstantou. Hladina významnosti byla 5 %. Pro každou z proměnných byly stanoveny tyto hypotézy:

- *H0: testovaná časová řada dat (data: emise v silniční nákladní dopravě, přepravní výkon silniční nákladní dopravy, spotřeba energie v silniční nákladní dopravě, HDP ČR) je nestacionární*
- *H1: testovaná časová řada dat (data: emise v silniční nákladní dopravě, přepravní výkon silniční nákladní dopravy, spotřeba energie v silniční nákladní dopravě, HDP ČR) je stacionární*

Pro přijetí/zamítnutí H0 bylo nezbytné porovnat vypočítanou p-hodnotu se zvolenou hladinou významnosti. Pokud byla p-hodnota vyšší, došlo k přijetí nulové hypotézy a automaticky k zamítnutí alternativní hypotézy. Výsledky jsou shrnuty v následující tabulce:

Tabulka 1 Test stacionarity pro časové řady proměnných

	p-hodnota	Hladina významnosti	H0	H1
Emise	0,1606	0,05	<i>přijímám</i>	<i>zamítám</i>
Spotřeba energie	0,1054	0,05	<i>přijímám</i>	<i>zamítám</i>
Přepravní výkon	0,0951	0,05	<i>přijímám</i>	<i>zamítám</i>
Hrubý domácí produkt	0,1475	0,05	<i>přijímám</i>	<i>zamítám</i>

Zdroj: vlastní zpracování

Vypočítaná p-hodnota u testování stacionarity pro časovou řadu dat emisí vyšla 0,1606, z tohoto důvodu lze zamítnout alternativní hypotézu o stacionaritě dat, a naopak přijmout nulovou hypotézu o tom, že testovaná časová řada dat emisí je nestacionární.

Pro data za spotřebu energie vyšla p-hodnota 0,1054. Na základě toho lze opět zamítnout alternativní hypotézu o stacionaritě dat a přijmout nulovou hypotézu o tom, že zvolená časová řada je nestacionární.

P-hodnota pro přepravní výkon vyšla 0,0951. Po porovnání s hladinou významnosti lze vyvodit, že časová řada dat o přepravním výkonu je nestacionární. Z tohoto důvodu je zamítnuta alternativní hypotéza a zamítnuta hypotéza nulová.

Pro hrubý domácí produkt, respektive pro časovou řadu těchto dat, vyšla p-hodnota 0,1475. Lze tedy přijmout nulovou hypotézu o tom, že časová řada je nestacionární, a naopak zamítnout alternativní hypotézu o tom, že data jsou stacionární.

Časové řady, u kterých přijata nulová hypotéza, byly následně v programu R studiu diferencovány pomocí funkce `diff` (ukázka viz Příloha 2). Poté byl znovu proveden ADF test, tentokrát pro diferencované časové řady. Hypotézy pro stacionaritu časových řad zůstaly takřka stejné jako u předešlého ADF testu:

- H0: *diferencovaná časová řada dat* (data: emise, v silniční nákladní dopravě, přepravní výkon silniční nákladní dopravy, spotřeba energie v silniční nákladní dopravě, HDP ČR) *je nestacionární*
- H1: *diferencovaná časová řada dat* (data: emise v silniční nákladní dopravě, přepravní výkon silniční nákladní dopravy, spotřeba energie v silniční nákladní dopravě, HDP ČR) *je stacionární*

Tabulka 2 *Diference časových řad*

	p-hodnota (původní)	p-hodnota (po diferenci)
Emise	0,1606	0,04741
Spotřeba energie	0,1054	0,04731
Přepravní výkon	0,0951	0,03659
Hrubý domácí produkt	0,1475	0,02968

Zdroj: vlastní zpracování

Diference časových řad měla významný vliv na výsledné p-hodnoty u časových řad zvolených proměnných. Na první pohled je zřejmé, že nově vypočtené p-hodnoty jsou všechny nižší než 0,1. Pro přijetí/zamítnutí H0 bylo nezbytné porovnat vypočítanou nově vypočtenou p-hodnotu se zvolenou hladinou významnosti. Pokud byla p-hodnota nižší, došlo k zamítnutí nulové hypotézy a automaticky k přijetí alternativní hypotézy.

Výsledky jsou shrnuty v následující tabulce.

Tabulka 3 Test stacionarity diferencovaných časových řad

	p-hodnota (po diferenci)	Hladina významnosti	H0	H1
Emise	0,04741	0,05	<i>zamítám</i>	<i>přijímám</i>
Spotřeba energie	0,04731	0,05	<i>zamítám</i>	<i>přijímám</i>
Přepravní výkon	0,03659	0,05	<i>zamítám</i>	<i>přijímám</i>
Hrubý domácí produkt	0,02968	0,05	<i>zamítám</i>	<i>přijímám</i>

Zdroj: vlastní zpracování

Nově vypočtená p-hodnota časové řady emisí je nižší než zvolená hladina významnosti, z čehož plyne, že nulová hypotéza o nestacionaritě se zamítá a přijímá se hypotéza o tom, že zvolená časová řada dat emisí je stacionární. Tudiž lze v následující části pracovat s původní časovou řadou dat.

Nově vypočtená p-hodnota pro časovou řadu dat spotřeby energie vyšla 0,04731. Jelikož je tato hodnota nižší, než zvolená hladina významnosti 5 %, nulová hypotéza o nestacionaritě dat se zamítá a přijímá se alternativní hypotéza o tom, že tato diferencovaná časová řada je stacionární. Opět byla splněna podmínka pro další část práce a data za spotřebu energie mohou být součástí kointegrační analýzy v další části této práce.

Pro diferencovanou časovou řadu dat o přepravním výkonu vyšla p-hodnota 0,03659. Vidíme, že tento výsledek je nižší než zvolená hladina významnosti pro rozhodnutí o přijetí či zamítnutí nulové hypotézy. V tomto případě lze určit, že diferencovaná časová řada dat o přepravním výkonu je stacionární. Zamítá se nulová hypotéza o nestacionaritě a přijímá se alternativní hypotéza o stacionaritě této časové řady. Opět byla splněna podmínka pro další část práce (viz kapitola 3.2.2).

P-hodnota po diferenci se u časové řady dat HDP rovnala 0,02968. Po porovnání s hladinou významnosti lze konstatovat, že tato časová řada je po diferenci stacionární. Nulová hypotéza se zamítá a přijímá se alternativní hypotéza o stacionaritě diferencované řady. Podmínka pro provedení kointegrační analýzy u této časové řady je také splněna.

4.3 Kointegrační analýza časových řad

EG test

Kointegrační EG test byl v R studiu proveden pomocí funkcí `lm`, `resid` a `adf.test` (ukázka viz Příloha 3), kdy šlo o verzi s konstantou. Hladina významnosti byla opět 5 %. Tento test bylo potřeba provést vždy pro dvojice, které byly tvořené ze sledovaných proměnných. Následující tabulka uvádí rozřazení do dvojic.

Tabulka 4 Seskupení proměnných do vzájemných dvojic

	Emise	Spotřeba energie	Přepravní výkon	Hrubý domácí produkt
Emise	-	„emise-spotřeba“	„emise-výkon“	„emise-HDP“
Spotřeba energie	„emise-spotřeba“	-	„spotřeba-výkon“	„spotřeba-HDP“
Přepravní výkon	„emise-výkon“	„spotřeba-výkon“	-	„výkon-HDP“
Hrubý domácí produkt	„emise-HDP“	„spotřeba-HDP“	„výkon-HDP“	-

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě EG testu se u každých z dvojic rozhodovalo mezi těmito hypotézami, respektive, která hypotéza se zamítne, a která přijme:

- *H0: mezi dvěma zvolenými časovými řadami není kointegrační vztah*
- *H1: mezi zvolenými časovými řadami existuje kointegrační vztah*

Podobně jako u ADF testu je rozhodující vypočtená p-hodnota pro každou z dvojic. Pokud je tato hodnota nižší než zvolená hladina významnosti (5 %), tak je možné zamítnout nulovou hypotézu a přijmout hypotézu alternativní, a tedy že testované časové řady jsou kointegrované.

Tabulka 5 Výsledky EG testu

	p-hodnota	Hladina významnosti	H0	H1
„emise-spotřeba“	0,02907	0,05	<i>zamítám</i>	<i>přijímám</i>
„emise-výkon“	0,03277	0,05	<i>zamítám</i>	<i>přijímám</i>
„emise-HDP“	0,04904	0,05	<i>zamítám</i>	<i>přijímám</i>
„spotřeba-výkon“	0,03537	0,05	<i>zamítám</i>	<i>přijímám</i>
„spotřeba-HDP“	0,04820	0,05	<i>zamítám</i>	<i>přijímám</i>
„výkon-HDP“	0,03159	0,05	<i>zamítám</i>	<i>přijímám</i>

Zdroj: vlastní zpracování

Z Tabulky 5 vyplývá, že u každé z dvojic došlo k zamítnutí nulové hypotézy a přijetí alternativní hypotézy o tom, že zvolená dvojice má mezi sebou kointegrační vztah. U dvojic „emise-HDP“ a „spotřeba-HDP“ byly p-hodnoty velice blízko hladině významnosti. Z toho se dá usoudit, že tam kointegrační vztah nebude tak silný, jako třeba u dvojice „emise-výkon“.

V následující Tabulce 6 jsou seřazeny dvojice dle p-hodnoty od nejnižší po nejvyšší. Předpoklad je takový, že tam kde je nejnižší p-hodnota je kointegrační vztah nejsilnější, jelikož je nejdál od hladiny významnosti.

Tabulka 6 Seřazení dvojic dle výsledků EG testu

	p-hodnota
„emise-spotřeba“	0,02907
„výkon-HDP“	0,03159
„emise-výkon“	0,03277
„spotřeba-výkon“	0,03537
„spotřeba-HDP“	0,04820
„emise-HDP“	0,04904

Zdroj: vlastní zpracování

Z Tabulky 6 plyne, že „nejsilnější“ kointegrační vztah lze předpokládat u dvojic „emise-spotřeba“, „výkon-HDP“, „emise-výkon“ a „spotřeba-výkon“ (v tomto pořadí). „Nejslabší“ kointegrační vztah se předpokládá u dvojic „spotřeba-HDP“ a „emise-

HDP“. Může to být způsobeno tím, že HDP je členitý ukazatel, který je složen z mnoha faktorů a ukazatelů. Vzhledem k tomu, že v analýza pracuje pouze s daty o emisích a spotřebě energie, které pocházejí ze specifického úseku dopravy, konkrétně silniční nákladní dopravy, je logické, že tak velký ukazatel jako HDP nemusí mít s těmito dvěma ukazateli tak silnou vazbu. Ověření této teze proběhne v následující části práce, až bude proveden i Johansenův test.

Johansenův test

Johansenův test pro kointegraci se v rámci programu R studio prováděl pomocí funkce `ca.jo`. (ukázka viz Příloha 4) Hladina významnosti byla opět 5 %. U tohoto testu nebylo nutné vytvářet dvojice z proměnných, takže bylo možné je posuzovat všechny navzájem. Jak bylo zmíněno výše, zvolen byl konkrétně tzv. „sružený“ typ testu, (viz kapitola 3.2.3) z něhož vyplývají dvě hypotézy:

- *H0: počet kointegračních vztahů ve sledovaných časových řadách je maximálně r*
- *H1: počet kointegračních vztahů ve sledovaných časových řadách je větší než r*

Závěrečné posouzení kointegrace nejdříve záviselo na porovnání vypočítaných statistik pro proměnnou r (ta ukazuje počet kointegrační vztahů) a hladiny významnosti, a také na počtu vypočítaných vlastních hodnot λ . Čím větší vyšla λ , tím silnější byl i kointegrační vztah. Dále také na spočítaných hodnotách v matici Π , která je složena z eigenvektorů neboli vlastních vektorů. Vlastní vektory představují kointegrační relaci. V podstatě jde o to, že každý z vlastních vektorů (sloupců) reprezentuje kointegrační vztahy v datech, kdy první sloupec ukazuje ty nejsilnější vztahy. V R studiu se celkový výstup Johansenova testu skládal ze 3 částí: hodnoty statistik pro proměnnou r a hladiny významnosti, výsledné hodnoty λ a matice vlastních vektorů.

Na základě porovnávání vypočtených hodnot statistik pro proměnnou r a hladiny významnosti bylo stanoveno celkem pět možností, kde u každé z nich byly stanoveny H_0 a H_1 . Více než pět možností nebylo třeba, jelikož testování probíhalo do té doby, než se zamítne nulová hypotéza.

- pro $r = 0$:
 - H_0 : mezi testovanými časovými řadami není žádný kointegrační vztah
 - H_1 : počet kointegračních vztahů u testovaných časových řad je větší než 0
- pro $r \leq 1$:
 - H_0 : počet kointegračních vztahů u testovaných časových řad je maximálně 1
 - H_1 : počet kointegračních vztahů u testovaných časových řad je větší než 1
- pro $r \leq 2$:
 - H_0 : počet kointegračních vztahů u testovaných časových řad je maximálně 2
 - H_1 : počet kointegračních vztahů u testovaných časových řad je větší než 2
- pro $r \leq 3$:
 - H_0 : počet kointegračních vztahů u testovaných časových řad je maximálně 3
 - H_1 : počet kointegračních vztahů u testovaných časových řad je větší než 3
- pro $r \leq 4$:
 - H_0 : počet kointegračních vztahů u testovaných časových řad je maximálně 4
 - H_1 : počet kointegračních vztahů u testovaných časových řad je větší než 4
- pro $r \leq 5$:
 - H_0 : počet kointegračních vztahů u testovaných časových řad je maximálně 5
 - H_1 : počet kointegračních vztahů u testovaných časových řad je větší než 5

Následující tabulka obsahuje výsledky vypočtených hodnot statistiky pro proměnnou r a hladiny významnosti 10 %, 5 % a 1 %.

Tabulka 7 Hodnoty statistiky pro proměnnou r při různých hladinách významnosti

	Hodnota statistiky	10 %	5 %	1 %
$r = 0$	68,53	49,65	53,12	65,16
$r \leq 1$	37,70	32,00	34,91	41,07
$r \leq 2$	25,24	17,85	19,96	24,60
$r \leq 3$	10,35	7,52	9,24	12,97
$r \leq 4$	6,04	3,47	5,61	8,75
$r \leq 5$	3,67	1,24	3,78	6,86

Zdroj: vlastní zpracování

Jak bylo uvedeno na začátku analýzy, zvolená hladina významnosti je 5 %, proto je i tento sloupec zvýrazněný tučně. Z Tabulky 7 je zřejmé, že samotná hladina významnosti by měla velký vliv na zamítnutí či přijetí hypotéz o kointegraci. U jednoprocenní hladiny významnosti lze vidět, že následné vyhodnocení by dopadlo přijetím nulové hypotézy pro $r = 0$, a tedy, že v testovaných časových řadách není žádná kointegrace. Naopak u desetiprocentní hladiny významnosti bychom dostali výsledek, že v naší analýze je více než 5 kointegračních vztahů.

Výsledky pro pětiprocenní hladinu významnosti jsou shrnuty v následující tabulce.

Tabulka 8 Hodnoty statistiky pro proměnnou r při 5 % hladině významnosti

	Hodnota statistiky	5 %	H0	H1
$r = 0$	77,53	53,12	<i>zamítám</i>	<i>přijímám</i>
$r \leq 1$	37,70	34,91	<i>zamítám</i>	<i>přijímám</i>
$r \leq 2$	25,24	19,96	<i>zamítám</i>	<i>přijímám</i>
$r \leq 3$	10,35	9,24	<i>zamítám</i>	<i>přijímám</i>
$r \leq 4$	6,04	5,61	<i>zamítám</i>	<i>přijímám</i>
$r \leq 5$	3,67	3,78	<i>přijímám</i>	<i>zamítám</i>

Zdroj: vlastní zpracování

Pro možnost, že by se počet kointegračních vztahů rovnal nule vyšla hodnota statistiky 77,53, což je rozhodně větší hodnota, než vyšla u zvolené hladiny významnosti. Dá se tedy konstatovat, že nulovou hypotézou se zamítá a alternativní hypotéza se přijímá.

Hodnota statistiky u případu, kdy by byl počet kointegračních vztahů menší či roven jedné, byla opět větší než hodnota u pětiprocentní významnosti, opět dojde k zamítnutí nulové hypotézy a přijetí H_1 . Lze tedy potvrdit, že u testovaných časových řad je počet kointegračních vztahů větší než 1.

U třetího případu je také zřejmé, že hodnota statistiky pro dva, či méně kointegračních vztahů je větší než zvolená hladina významnosti, znovu lze zamítnout nulovou hypotézu a prohlásit, že u testovaných časových řad je počet kointegračních vztahů větší než 2 (tedy přijmout H_1).

Pro $r \leq 3$, byla vypočtena hodnota statistiky 10,35. Vzhledem k tomu, že hodnota u hladiny významnosti vyšla 9,24, opět došlo k zamítnutí nulové hypotézy o tom, že počet kointegračních vztahů u testovaných časových řad je maximálně 3, a zároveň k přijetí alternativní hypotézy, že počet těchto vztahů může být větší než 3.

V případě, kdy by počet kointegračních vztahů byl menší nebo roven 4, lze vidět, že vypočtená hodnota statistiky je opět vyšší než hodnota u pětiprocentní hladiny významnosti, takže došlo ke stejnému závěru u hypotéz (H_0 – zamítnuta, H_1 – přijata), avšak rozdíl mezi hodnotami nebyl tak markantní jako v předešlých případech.

Pro poslední možnost, kdy by počet kointegračních vztahů byl menší nebo roven 5, byla vypočtena hodnota statistiky 3,67. Vzhledem k tomu, že hodnota u hladiny významnosti vyšla 3,78, došlo k přijetí nulové hypotézy o tom, že počet kointegračních vztahů u testovaných časových řad je maximálně 5, a zároveň k zamítnutí alternativní hypotézy, že počet těchto vztahů může být větší než 5.

Tyto výsledky by mohly být lehce v korelaci s výsledky EG testu, kde u dvou dvojic byl kointegrační vztah docela slabý. Ovšem aby se toto tvrzení dalo potvrdit, je potřeba zjistit v rámci Johansenova testu, mezi kterými proměnnými se kointegrační vztahy vyskytují, a mezi kterými ne.

Vlastní hodnoty Johansenova testu (λ) jsou seřazeny od největší hodnoty po nejmenší. Vlastní hodnoty se přiřazují k vlastním vektorům, kdy ty nejvyšší hodnoty naznačují, že jim přiřazený vektor je významnější a vykazuje silnější kointegrační vztahy mezi sledovanými proměnnými. Počet vlastních hodnot závisí na počtu proměnných a na počtu pozorování v datech. Johansenův test se používá pro testování různých počtů kointegračních vztahů, z čehož plyne i různý počet vlastních hodnot. Na základě dat, která se použila pro analýzu, se ukázalo, že na výstup analýzy bylo testováno 5 vlastních hodnot (λ_1 až λ_5). Tento dílčí výsledek koresponduje i s předešlou tabulkou (Tabulka 8), kde bylo zjištěno, že počet kointegračních vztahů v analýze je maximálně 5.

Tabulka 9 Vlastní hodnoty Johansenova testu

λ_1	0,8419
λ_2	0,7549
λ_3	0,7261
λ_4	0,6305
λ_5	0,1529

Zdroj: vlastní zpracování

První tři hodnoty λ_1 , λ_2 , λ_3 a λ_4 poukazují na to, že v rámci analýzy se vyskytují čtyři relativně silné kointegrační vztahy. Následující hodnota λ_5 je výrazně nižší oproti předešlým čtyřem. Z toho se dá předpokládat, že jí odpovídající kointegrační vztah je podstatně slabší.

Výstupy vlastních vektorů z Johansenova testu z programu R studio jsou normalizované k prvnímu sloupci.

Normalizací vektoru se zajistí, že vektory budou mít jednotkovou délku, a to následně umožní porovnávat váhy mezi proměnnými v rámci vlastních vektorů. (Klůfa & Sýkorová, 2018). Znamená to tedy, že vypočtené hodnoty jsou v R studiu vyjádřeny relativně k hodnotám prvního řádku u každého vektoru.

Součástí Johansenova testu je i vypočítaná konstanta, která může následně napomoci v předpovědi dalšího vývoje v dlouhodobých vztazích mezi sledovanými proměnnými. Ovšem pro vyhodnocení výskytu kointegračních vztahů mezi testovanými proměnnými jsou důležité hlavně jednotlivé sloupce, které představují vlastní vektory, proto konstantu nebudeme brát v potaz při vyhodnocování.

Jak bylo uvedeno v kapitole 3.2.3, Johansenův test analyzuje kointegrační vztahy více proměnných najednou.

Tabulka 10 Vlastní vektory Johansenova testu

	Emise	Spotřeba energie	Přepravní výkon	Hrubý domácí produkt	Konstanta
Emise	1	1	1	1	1
Spotřeba energie	1,1164884	-1,1536980	-1,7645097	-1,1077769	-2,0557091
Přepravní výkon	1,2530745	-0,1185115	-0,2847932	0,05243713	0,5908764
Hrubý domácí produkt	-0,551458	0,2045711	0,2743081	0,18473233	0,2375888
Konstanta	22,6596831	11,0389687	4,6936351	2,66579251	-4,1908101

Zdroj: vlastní zpracování

V Tabulce 10 jsou uvedeny výsledky vlastních vektorů pro Johansenův test. Jak bylo zmíněno výše, v rámci Johansenova testu došlo k normalizaci vlastních vektorů, proto je v prvním řádku všude hodnota 1.

Pro posouzení výskytu a síly kointegračního vztahu, je třeba se zaměřit především na první sloupec, vzhledem k tomu, že právě první vlastní vektor by měl obsahovat ty nejsilnější kointegrační vztahy, a právě k němu se vztahuje i vypočtená vlastní hodnota λ_1 .

Při hodnocení se berou v potaz absolutní hodnoty vektoru, přesněji ty nejvyšší absolutní hodnoty, jelikož udávají přehled o celkové síle vztahu. Z prvního vektoru lze na první pohled vyčíst, že hodnoty jsou u všech proměnných kladné až na proměnnou HDP. To svědčí o tom, že v rámci prvního vlastního vektoru má proměnná HDP záporný vztah s ostatními proměnnými. Pokud by se tedy hodnota HDP zvýšila, je zde předpoklad, že hodnota ostatních proměnných by se snížila.

Nejvyšší hodnota se nachází u přepravního výkonu. Z toho plyne, že právě přepravní výkon má s ostatními proměnnými významnější kointegrační vztah. Druhá největší hodnota vyšla pro spotřebu. Lze konstatovat, že dvojice s nejsilnějším kointegračním vztahem je právě přepravní výkon a spotřeba energie. Druhou dvojicí s nejsilnější vazbou je přepravní výkon a emise. Třetí vztah, co se týče síly kointegrace, se dle analýzy v Johansonově testu vyskytl mezi spotřebou energie a emisemi. Další dvě dvojice se týkaly vždy HDP a některé z ostatních proměnných v tomto pořadí: přepravní výkon

a spotřeba energie. V následující tabulce jsou seřazeny dvojice dle síly kointegrace (1. nejsilnější - 5. nejslabší vazba). Formální rozdělení dvojic je stejné jako u EG testu pro snadnější interpretaci výsledků a následné výsledné porovnání. Konečný počet kointegračních vztahů je 5, a to z důvodu předešlých dílčích výsledků Johansenovy analýzy (viz výše).

Tabulka 11 Seřazené dvojice dle síly kointegrace

1.	„spotřeba-výkon“
2.	„emise-výkon“
3.	„emise-spotřeba“
4.	„výkon-HDP“
5.	„spotřeba-HDP“

Zdroj: vlastní zpracování

Poslední dvojice - „emise-HDP“ - v této tabulce umístění nemá. Při porovnání s výsledky EG testu je patrné, že výsledky lehce korespondují, jelikož u EG testu u této dvojice byla hodnota pro zamítnutí kointegrační vazby takřka na hraně hladiny významnosti.

Co se týče ostatních vlastních vektorů z Tabulky 10, mají také svůj vliv při stanovování kointegračních vztahů, ale nedisponují takovým vlivem jako právě první sloupec. Pro analýzu této práce byl Johansenův test použit pro podpoření či ověření výsledků EG testu, proto bylo nezbytné zaměřit se na ty nejsilnější vazby v prvním sloupci vlastních vektorů.

4.4 Shrnutí výsledků u provedených testů

V úvodu kapitoly 3 byla stanovena výzkumná otázka a hypotézy, které z ní vycházejí. V této části práce budou shrnuty výsledky obou testů a následně bude rozhodnuto, zda dojde k zamítnutí či přijetí stanovených hypotéz.

V následující tabulce jsou shrnuty výsledky obou kointegračních testů. Pro lepší interpretaci výsledků byly proměnné opět rozděleny do dvojic pro určení jejich vzájemného vztahu. V prvním sloupci Tabulky 12 jsou jednotlivé dvojice tvořené ze sledovaných proměnných. Druhý a třetí sloupec obsahuje výsledný závěr provedených testů. Odpověď ANO/NE znamená, zda v daném testu vyšlo, že mezi sledovanou dvojicí je kointegrační vztah či ne. Poslední sloupec je výsledný závěr pro danou dvojici. Pro potvrzení existence kointegračního vztahu je nezbytné, aby se výsledky obou testů shodovaly v odpovědi „ANO“. Pokud došlo k rozporu, kdy výsledek EG testu a Johansenova testu neshodoval (u EG testu je odpověď „ANO“ a u Johansenova testu je odpověď „NE“ či naopak), Výsledné vyhodnocení kointegračního vztahu je „NE“.

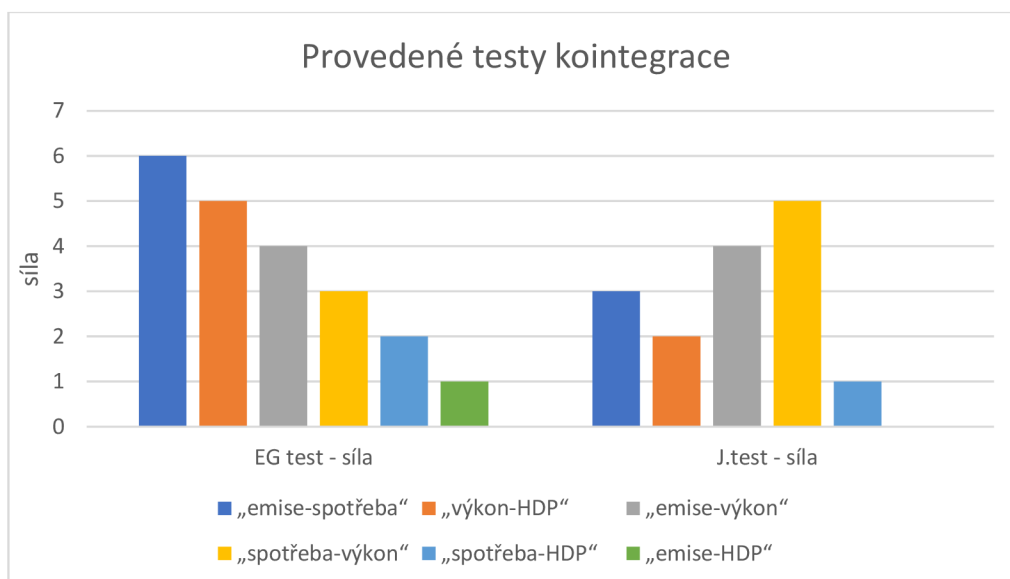
Tabulka 12 Shrnutí výsledků obou provedených testů

	Výsledek EG testu	Výsledek Johansenova testu	Kointegrační vztah (ANO/NE)
„emise-spotřeba“	ANO	ANO	ANO
„emise-výkon“	ANO	ANO	ANO
„emise-HDP“	ANO	NE	NE
„spotřeba-výkon“	ANO	ANO	ANO
„spotřeba-HDP“	ANO	ANO	ANO
„výkon-HDP“	ANO	ANO	ANO

Zdroj: vlastní zpracování

V následujícím grafu jsou seřazeny sledované proměnné seřazené do testovaných dvojic dle provedeného testu a síly kointegračního vztahu.

Graf 6 Síla kointegračních vztahů (1 - nejslabší; 6 - nejsilnější)



Zdroj: vlastní zpracování

V Grafu 6 je znázornění provedených testů. U prvních tří dvojic v EG testu - „emise-spotřeba“, „výkon-HDP“ a „emise-výkon“ – se prokázalo, že vykazují nejsilnější kointegrační vztah. U Johansonova testu vyšlo pořadí dvojic trochu odlišně, jelikož nejsilnější vztah zde vyšel u dvojice „spotřeba-výkon“, kdy se tato dvojice u EG testu umístila na čtvrtém místě z hlediska síly kointegrace. Je potřeba ale dodat, že u dvojice „spotřeba-HDP“ je umístění u obou testů takřka stejné, zároveň je vidět, že dvojice „emise-HDP“ měla v EG testu nejslabší vazbu a v Johansonově testu se u této dvojice kointegrace ani neprokázala.

4.5 Vyhodnocení hypotéz

Hypotéza 1: *Existuje statisticky významný dlouhodobý kointegrační vztah mezi přepravním výkonem silniční nákladní dopravy a emisemi CO₂ z této dopravy.*

Emise jsou jedním z negativních společenských dopadů dopravy, konkrétně jde o negativní environmentální dopad, zatímco přepravní výkon je jedním z hlavních ukazatelů, které se používají v souvislosti s dopravou. Tato hypotéza je tedy zaměřena na to, jestli mezi těmito dvěma proměnnými je významný dlouhodobý vztah, což se potvrdilo u obou provedených testů. Z Grafu 6 navíc vyplývá, že tento vztah není nezanedbatelný, jelikož u obou testů vyšel z hlediska síly vazby mezi prvními třemi nejsilnějšími.

Hypotéza č. 1 se tedy PŘIJÍMÁ.

Hypotéza 2: *Existuje statisticky významný dlouhodobý kointegrační vztah mezi emisemi CO₂ ze silniční nákladní dopravy a spotřebou energie v silniční nákladní dopravě.*

Obě proměnné uvedené v hypotéze se řadí mezi environmentální dopady dopravy. Hypotéza č. 2 je zaměřena na otestování jejich vzájemného vztahu na základě statistické analýzy. Již v Grafu 5 bylo zřejmé, že obě křivky (tedy emise i spotřeba energie) měly takřka stejný průběh a na základě toho se dalo předpokládat, že budou mít mezi sebou nějakou vazbu. Po provedení kointegračních testů se toto tvrzení potvrdilo. Navíc Graf 6 ukazuje, že síla kointegračního vztahu mezi emisemi a spotřebou energie je významnějšího charakteru vzhledem k tomu, že u obou testů vyšla mezi třemi nejsilnějšími. U EG testu dokonce jako ten nejsilnější vztah.

Hypotéza č. 2 se PŘIJÍMÁ.

Hypotéza 3: *Existuje statisticky významný dlouhodobý kointegrační vztah mezi emisemi CO₂ ze silniční nákladní dopravy a hrubým domácím produktem.*

Hrubý domácí produkt je jedním ze společenských dopadů dopravy, kdy bychom tento ukazatel řadili především k ekonomickým dopadům. Tato hypotéza se zabývá vztahem mezi dvěma dopady v dopravě – jeden je environmentální a ten druhý je ekonomický, respektive jde o otestování dlouhodobého vztahu těchto dvou sledovaných proměnných. Na základě provedených testů se vyvodil závěr, že kointegrační vazba se u této dvojice nenachází. U prvního z provedených testů se sice kointegrační vztah projevil, ovšem byl velice slabý (viz Graf 6). U druhého z provedených testů se kointegrační vztah neprokázal vůbec. Důvodem může být, že ukazatel HDP je velmi komplexní z hlediska vstupních dat a odvětví, zatímco druhá proměnná z dvojice, emise, se týkaly čistě silniční nákladní dopravy, tedy jen specifického úseku tohoto odvětví. Toto může být jedna z hlavních příčin, proč mezi sebou tyto proměnné nemají tak silný dlouhodobý vztah.

Konečné stanovisko pro hypotézu č. 3 je, že se ZAMÍTÁ.

Hypotéza 4: *Existuje statisticky významný dlouhodobý kointegrační vztah mezi přepravním výkonem silniční nákladní dopravy a spotřebou energie v této dopravě.*

Tato hypotéza se zaměřuje na vztah mezi dalším z environmentálních dopadů dopravy a přepravním výkonem, konkrétně jde o prokázání kointegračního vztahu mezi těmito proměnnými. Dle výsledků se u obou provedených testů prokázalo, že mezi sledovanými proměnnými kointegrační vztah existuje (viz. Tabulka 12). Co se týče síly této vazby, ta už u provedených testů vyšla lehce rozdílně (viz Graf 6). U prvního testu se síla kointegrační vazby u této dvojice umístila na čtvrtém místě. Ovšem z výsledků druhého testu vyšel kointegrační vztah u této dvojice jako ten nejsilnější.

Na základě výše předložených výsledků se hypotéza č. 4 PŘIJÍMÁ.

Hypotéza 5: *Existuje statisticky významný dlouhodobý kointegrační vztah mezi spotřebou energie v silniční nákladní dopravě a hrubým domácím produktem.*

Cílem této hypotézy bylo otestovat, jak silná je vazba mezi spotřebou energie (jako enviromentálním dopadem) a HDP (jako ekonomickým dopadem). Respektive prozkoumat, jak silný mají mezi sebou tyto dvě proměnné dlouhodobý vztah. Na základě provedené analýzy se u obou kointegračních testů prokázalo, že tato dvojice má mezi sebou kointegrační vazbu. Dle Grafu 6 se síla tohoto vztahu pohybuje mezi těmi slabšími, ale díky prokázání kointegrace mezi proměnnými je tento vztah považován za významný. Co se týče příčiny ohledně síly této vazby, dalo by se uvažovat o podobném příkladu, jako tomu bylo u hypotézy č. 3. Pokud by se testovala například celková spotřeba energie z dopravy (respektive celkové emise z dopravy s ohledem na hypotézu č.3), analýza by mohla prokázat, že by zde byl silnější vztah než nyní.

Hypotéza č. 5 se na základě výsledků z provedené analýzy PŘIJÍMÁ.

Hypotéza 6: *Existuje statisticky významný dlouhodobý kointegrační vztah mezi přepravním výkonem silniční nákladní dopravy a hrubým domácím produktem.*

Tato hypotéza se zabývá vztahem přepravního výkonu a ekonomickým dopadem dopravy, HDP. Dle provedené analýzy bylo zjištěno, že mezi těmito dvěma sledovanými proměnnými se potvrdil významný kointegrační vztah. (viz Tabulka 12). Míra síly tohoto vztahu byla u provedených testů lehce odlišná. U Johansenova testu vyšla síla tohoto vztahu nižší než u EG testu, kde tento vztah byl druhým nejsilnějším. Statistická významnost této vazby se tedy nakonec prokázala, jelikož se prokázal samotný kointegrační vztah.

Stanovisko pro hypotézu č. 6 je, že se PŘIJÍMÁ.

V následující tabulce jsou shrnuty výsledky vyhodnocení všech hypotéz.

Tabulka 13 Shrnutí vyhodnocení hypotéz

Hypotéza	Vyhodnocení
Hypotéza 1: <i>Existuje statisticky významný dlouhodobý kointegrační vztah mezi přepravním výkonem ze silniční nákladní dopravy a emisemi CO₂ z této dopravy.</i>	PŘIJATA
Hypotéza 2: <i>Existuje statisticky významný dlouhodobý kointegrační vztah mezi emisemi CO₂ ze silniční nákladní dopravy a spotřebou energie v silniční nákladní dopravě.</i>	PŘIJATA
Hypotéza 3: <i>Existuje statisticky významný dlouhodobý kointegrační vztah mezi emisemi CO₂ ze silniční nákladní dopravy a hrubým domácím produktem.</i>	ZAMÍTNUTA
Hypotéza 4: <i>Existuje statisticky významný dlouhodobý kointegrační vztah mezi přepravním výkonem ze silniční nákladní dopravy a spotřebou energie v této dopravě.</i>	PŘIJATA
Hypotéza 5: <i>Existuje statisticky významný dlouhodobý kointegrační vztah mezi spotřebou energie v silniční nákladní dopravě a hrubým domácím produktem.</i>	PŘIJATA
Hypotéza 6: <i>Existuje statisticky významný dlouhodobý kointegrační vztah mezi přepravním výkonem ze silniční nákladní dopravy a hrubým domácím produktem.</i>	PŘIJATA

Zdroj: vlastní zpracování

4.6 Vyhodnocení výzkumné otázky a cíle

Výzkumná otázka byla stanovena v úvodu kapitoly 3. Její znění je následující:

Jaké jsou vzájemné dlouhodobé vazby mezi přepravním výkonem v silniční nákladní dopravě, emisemi CO₂ z této dopravy, energetickou spotřebou ze silniční nákladní dopravy a ekonomickým výkonem (HDP) České republiky?

Kointegrační analýza byla provedena prostřednictvím dvou kointegračních testů mezi všemi proměnnými, které byly uspořádány do dvojic. První z provedených testů prokázal kointegrační vztah u všech šesti dvojic, zatímco druhý test potvrdil pouze pět ze šesti (viz. Tabulka 12). Jelikož se výzkumná otázka zabývala tím, jaké jsou vzájemné vazby mezi sledovanými proměnnými, lze konstatovat, že u pěti ze šesti utvořených dvojic se vzájemná dlouhodobá vazba potvrdila. Konkrétně jde o dvojice: „spotřeba-výkon“, „emise-výkon“, „emise-spotřeba“, „výkon-HDP“, „spotřeba-HDP“. Naopak mezi dvojicí „emise-HDP“ se významnější vztah nepotvrdil, respektive se potvrdil jen u jednoho z provedených testů. Jelikož se výsledky testů neshodovaly, bylo rozhodnuto, že tato dvojice mezi sebou nemá vzájemnou dlouhodobou kointegrační vazbu. Z tohoto důvodu došlo k zamítnutí Hypotézy 3.

Cílem práce bylo vyhodnocení společenských dopadů v dopravě na základě provedené analýzy. Díky aplikované statistické metodě byly posouzeny dlouhodobé vztahy mezi zvolenými proměnnými a identifikovány silné vazby mezi všemi vybranými společenskými dopady v dopravě a přepravním výkonem. Konkrétně šlo o dvojice „emise-výkon“, „spotřeba-výkon“ a „výkon-HDP“. Z ekonomického hlediska může být žádoucí, aby přepravní výkon a HDP měli tuto vazbu, nicméně z environmentálního pohledu by mohlo jít o problém. Vzhledem k tomu, že se potvrdil vztah mezi přepravním výkonem v silniční nákladní dopravě a emisemi a spotřebou energie z této dopravy, jedná se o negativní dopad na životní prostředí. Zejména v případě, kdy si společnost začíná uvědomovat důležitost životního prostředí a pokouší se o udržitelný rozvoj. Analýza prokázala významné vztahy mezi společenskými dopady v dopravě a přepravním výkonem, a také poskytla další výchozí údaje pro formulaci strategií a politik zaměřených na snižování negativních environmentálních dopadů dopravy. Poznatky i metodický postup této diplomové práce mohou sloužit jako základ pro další analýzu společenských

dopadů i v jiných typech dopravy, a také například i pro modelování budoucí situace v této problematice. Samotný aspekt cirkulární ekonomiky se nachází právě v návrhu na zlepšení situace. Je zaměřen především na snížení energetické náročnosti a emisí, ale také na zvýšení efektivnosti dopravy.

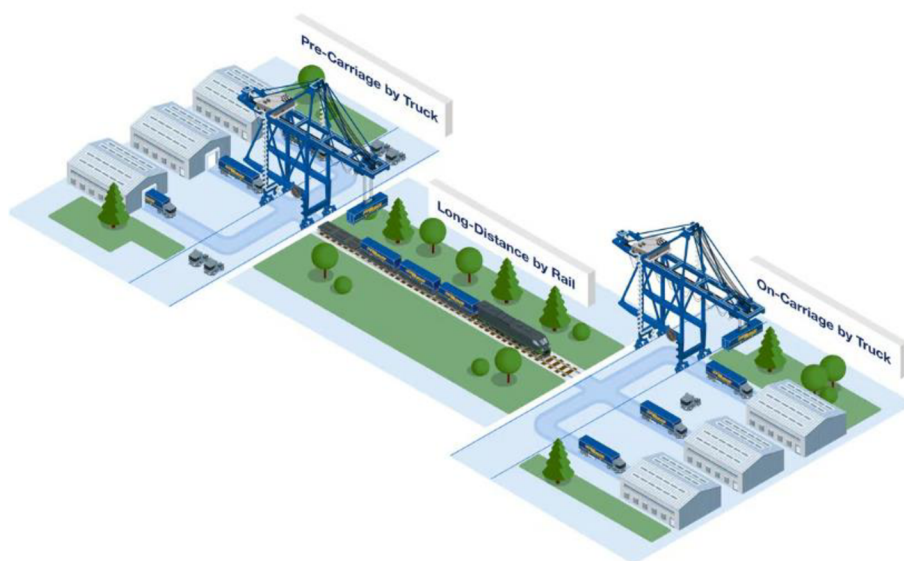
5 Návrh na zlepšení současného stavu

Kointegrační analýza potvrdila silné vazby mezi přepravním výkonem ze silniční nákladní dopravy a všemi třemi společenskými dopady, z nichž dva se týkají životního prostředí a jsou negativní, a ten třetí je pozitivní a týká se ekonomického růstu. Díky provedené analýze se potvrdily negativní dopady dopravy v oblasti životního prostředí, a vzhledem k tomu, že společnost si začíná uvědomovat nevyčerpatelnost zdrojů, které životní prostředí poskytuje, je nezbytné hledat inovativnější přístupy v nákladní dopravě pro zlepšení situace, a to v kontextu cirkulární ekonomiky. Zároveň byl ale v analýze identifikován kointegrační vztah mezi přepravním výkonem a HDP, takže je nezbytné, aby návrh měl minimálně stejný pozitivní vliv na ekonomický růst, jako doposud. V kontextu cirkulární ekonomiky je třeba hledat ten způsob dopravy, který bude v souladu s principy CE, bude šetrnější k životnímu prostředí, aby se tím snížily dopady, které se v analýze potvrdily, ale zároveň aby tento způsob nesnížil pozitivní vliv nákladní dopravy na ekonomický růst. Jedním z přístupů, který by dopomohl k udržitelnějším a efektivnějším dopravním systémům, je multimodální, respektive kombinovaná doprava silnice-železnice, která je šetrnější k životnímu prostředí díky využití železniční dopravy.

5.1 Kombinovaná doprava

Kombinovaná doprava (zkr. KD) představuje typ přepravy zboží, při kterém se využívá více druhů dopravy. Zároveň je dané zboží uloženo jedné přepravní jednotce po celou dobu přepravy. Kombinace silniční a železniční dopravy je velmi využívaná především v Evropě, a to i díky vyspělosti evropských silničních a železničních sítí. Tento způsob přepravy probíhá tak, že náklad se nejdříve naloží na nákladní kamiony a převezve se po silnici na tzv. překladiště (někdy se používá i výraz terminál). Tam se náklad přesune ze silniční dopravy na železniční a je dál dopravován na další překladiště, kde se náklad přesune zpět na silniční dopravu a je dopraven až do cílové destinace. U kombinované dopravy lze rozlišovat dva druhy. Prvním je doprovázená přeprava, při které je spolu s přepravovaným nákladem přepravován i nákladní automobil s řidičem. Při nedoprovázené dopravě je přepravován pouze náklad v přepravních jednotkách jako kontejnery či návěsy. (Novák, Cempírek, Novák, & Široký, 2015)

Obrázek 6 Kombinovaná doprava silnice a železnice



Zdroj: LKW-Walter (c2024)

Výhody kombinované dopravy

Mezi přední výhody této kombinace patří větší kapacita pro převoz zboží, jelikož na delší vzdálenosti je nejsilnější železniční doprava. Zároveň dochází i k odlehčení silnic, které jsou v současné době velmi přetížené, s čímž jsou spojené i časté nehody či zpoždění dodávek. Ovšem tím nejvýznamnějším přínosem této dopravy je vliv na životní prostředí. Při kombinované dopravě se využívá železniční doprava, která se řadí k ekologičtějším typům dopravy. Dochází ke snížení vyprodukovaných emisí (díky železniční dopravě) i snížení energetické náročnosti, zároveň je tento způsob přepravy zrychlenější oproti silniční nákladní dopravě vzhledem k tomu, že železniční doprava není omezena zákazy jízd či obdobnými omezeními (Novák, 2018). Aspekt snížené energetické náročnosti v souvislosti s kombinovanou dopravou je uveden i v dokumentu Státní energetická koncepce, kde jedním z dílčích cílů v odvětví dopravy je uveden právě růst podílu kombinované dopravy (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2016).

Podpora kombinované dopravy v rámci EU a České republiky

V listopadu minulého roku přijala Evropská komise nový návrh směrnice o kombinované dopravě, s nímž souvisí i jeden z cílů Zelené dohody – do roku 2050 snížit emise z dopravy o 90 % (Evropská komise, 2024). S tím souvisí i další z cílů evropské dopravní politiky, a tím je převedení současné nákladní dopravy nad 300 km v EU na železniční nebo vodní dopravu. To by v rámci České republiky mohlo být

uskutečněno převážně v rámci mezinárodní přepravy (Ministerstvo dopravy, 2021). Návrh na revizi směrnice zavádí výjimku v dočasných zákazech řízení. Jde především o víkendové zákazy řízení pro kombinovanou dopravu. Předpokládá se, že pokud by se nákladním vozům umožnilo využívat terminály v době, ve které je potřebují (na základě časů odjezdů vlaků), zefektivnilo by se využití kapacity terminálů a další infrastruktury. Nový návrh musí v rámci řádného legislativního postupu posoudit ještě Evropský parlament a Rada (Evropská komise, 2024).

K dokumentu „Dopravní politika ČR 2021–2027 s výhledem do roku 2050“ vypracovalo Ministerstvo dopravy také doprovodný dokument „Koncepce nákladní dopravy pro období 2017–2023 s výhledem do roku 2030“ (dále jen Koncepce), který byl v roce 2023 aktualizován, a kde se také věnuje kombinované dopravě (Ministerstvo dopravy, 2023). K lednu 2024 disponuje Česká republika dohromady 20 překladišti (viz Příloha 5), z nichž 15 překladišť je určeno jen pro kombinovanou dopravu silnice-železnice (Ministerstvo dopravy, 2024). V Koncepci je uvedeno, že většina těchto překladišť je vlastněna privátními subjekty, kde stát nemá žádný vlastnický podíl. Zároveň plní vlastníci i funkci vlakových operátorů, proto je obtížné zajistit spravedlivý přístup k infrastruktuře kombinované dopravy. Naopak v Německu je běžná praxe, že se správce železniční infrastruktury investuje do výstavby a modernizace překladišť a projekty jsou podporovány z veřejných rozpočtů jen za podmínky, že překladiště budou mít veřejný přístup na nediskriminačním základu. Díky tomu je v Německu vybudovaná silná síť kombinované dopravy, a navíc se Německo řadí k předním státům v Evropě s velkým podílem KD (Ministerstvo dopravy, 2023).

Následující tabulka zobrazuje porovnání emisní náročnosti silniční dopravy a železniční dopravy, která je pro KD klíčová a je to hlavní způsob přepravy nákladu. Průměrná nosnost kamionu v Evropě se pohybuje kolem 40 t, zatímco průměrná nosnost jednoho vypraveného nákladního vlaku se rovná 2 000 t. (Přinesdomová, 2021). Z toho plyne, že jedna jízda vlaku dokáže nahradit až 50 jízd kamionem.

Tabulka 14 Emisní náročnost kamion vs. vlak

	Kamion (nosnost 40 t)	Vlak (nosnost 2 000 t)
Emise na 1 tunu	0,0156 t	0,0024 t
Emise při nosnosti	0,6256 t	4,8680 t
Celkové emise: 1vlak = 50 jízd kamionů	31,278 t	4,8680 t

Zdroj: Sydos.cz (2024), Přinesdomová (2021), vlastní zpracování

Z tabulky je zřejmé, že přeprava nákladu vlakem má nižší emise než přeprava čistě kamionem. Navíc má vlak větší kapacitu pro převoz nákladu, takže je tento způsob i z ekonomického hlediska efektivnější.

Níže je uveden jeden konkrétní a jeden obecný návrh na podporu kombinované dopravy jako jednoho z přístupů v cirkulární ekonomice. Oba návrhy byly zpracovány na základě výsledků analýzy. Oba jsou zaměřené na podporu KD, která má nižší energetickou i emisní náročnost, a zároveň dokáže být minimálně stejně efektivní jako silniční nákladní doprava.

Motivace logistických firem pro využití KD

Ministerstvo dopravy by uskutečnilo propagační kampaň pro podporu kombinované dopravy u zavedených silničních dopravců. Jako jedna z motivací pro silniční dopravce by mohla být sleva na mýtném při využití KD. Byl by vytvořen registr nákladních vozidel, která se využívají čistě při KD. Tedy přepravují náklad na/z překladiště. Stát by poskytl dopravcům, kteří využijí KD, snížení mýtných poplatků o 20 % u těchto registrovaných vozidel. Například u jednoho z nejrozšířenějších typů kamionu¹ by při jeho přejezdu ze Slovenska do Německa situace vypadala následovně:

¹ Nákladní vozidlo nad 12 t, 4 nebo 5 náprav, emisní třída EURO VI, třída CO₂ č. 1 (Ginterová, 2024)

Tabulka 15 Srovnání využití silniční dopravy a kombinované dopravy

<i>Trasa: hraniční přechod Lanžhot – hraniční přechod Petrovice; 378 km</i>	Mýtné	Cena za celou překládku	Mýtné po odečtení slevy 20 % za nákladní vozidlo KD	Celková částka vynaložená za využití daného typu dopravy
Kamion v silniční nákladní dopravě	1 527,99 Kč	-	-	1 527,99 Kč
Kamion v kombinované dopravě	401,1 Kč	758,63 Kč	320,88 Kč	1 079,51 Kč

Zdroj: Myto.cz.eu (2024), Ministerstvo dopravy (2023), vlastní zpracování

Pokud by byl kamion využit čistě v rámci silniční nákladní dopravy, celkové mýtné na této zvolené trase by činilo **1 527,99 Kč**. Pokud by ale šlo o kombinovanou dopravu, dopravce by za kamiony platil mýtné pouze při přejezdech na překladiště, tedy přejezd na první překladiště Brno (mýtné za první kamion = 224,33 Kč), a odjezd ze druhého překladiště v Lovosicích (mýtné za druhý kamion = 176,77 Kč), což dává celkovou částku 401,1 Kč. V rámci KD musí dopravce zaplatit na překladišti cenu za celou překládku², jejíž výše je 758,63 Kč. Po odečtení slevy na mýtném bude celková částka vynaložená na využití KD **1 079,51 Kč**, což je o **448,48 Kč** méně než při využití klasické silniční dopravy.

Rozšíření veřejných překladišť v tuzemsku

Stát by více podpořil výstavbu překladišť u soukromých majitelů za podmínky, že by nová překladiště musela fungovat jako veřejná překladiště, tedy dostupná i ostatním přepravcům. Podpora by mohla probíhat skrze SFDI, jelikož překladiště jsou součástí dopravní infrastruktury. Dále také přes OP Doprava nebo Modernizační fond.

Využití kombinované dopravy by mohlo vést ke snížení přepravního výkonu v silniční nákladní dopravě, tudíž i snížit environmentální dopady této dopravy. Zároveň by ale mohla mít pozitivní dopad na růst HDP, vzhledem k výhodám KD popsáných výše.

² Celá překládka znamená přeložení nákladu na prvním překladišti z kamionu na nákladní vlak, a poté na druhém překladišti z nákladního vlaku opět na kamion (Ministerstvo dopravy, 2023)

6 Závěr

V úvodní části práce byl představen udržitelný rozvoj a jedna z cest pro jeho dosažení – cirkulární ekonomika. V současné době se cirkulární ekonomika objevuje v různých odvětvích a není tomu jinak ani v dopravě. Praktická část byla založena na kointegrační analýze, která ověřila vzájemné dlouhodobé vztahy mezi zvolenými společenskými dopady (proměnnými). Pro analýzu byly vybrány tři konkrétní společenské dopady – emise a spotřeba energie v silniční nákladní dopravě a HDP. Čtvrtou proměnnou pro analýzu byl přepravní výkon v silniční nákladní dopravě. Byly provedeny dva kointegrační testy pro uspořádané dvojice z vybraných proměnných. V závěrečném vyhodnocení byl u pěti ze šesti dvojic potvrzen významný kointegrační vztah. Dvojice, u které se vztah nepotvrdil byla „emise-HDP“.

Aplikovaná statistická metoda je výjimečná v tom, že by mohla být aplikována i na vyhodnocení jiných společenských dopadů v dopravě – například nehodovost, či hluk, a to i při jiných typech dopravy. Tím by se v rámci dané problematiky získal ucelenější pohled, a výchozí poznatky by mohly pomoci při vytváření strategií a politik jak na snižování negativních společenských dopadů v dopravě, tak i podporu těch pozitivních.

V poslední části práce byly představeny různé možnosti návrhu na zlepšení situace díky využití aspektů CE. Konkrétně šlo o podporu kombinované dopravy silnice-železnice, která není tak energeticky ani emisně náročná a může mít i pozitivní vliv na ekonomický růst, jelikož je v mnohých ohledech i efektivnější než pouhá silniční nákladní doprava. Podpora podobných typů dopravy, které nemají tak silný dopad na životní prostředí, bude v budoucnu čím dál tím více žádoucí díky prosazování udržitelného rozvoje.

Kointegrační analýza v praktické části vyhodnotila a prokázala vzájemné dlouhodobé vztahy mezi všemi vybranými dopady a přepravním výkonem. Zároveň byl v práci představen alternativní způsob nákladní dopravy, který by snížil náklady logistickým firmám při přepravě zboží, a také je šetrnější k životnímu prostředí a je v souladu s principy cirkulární ekonomiky, což znamená, že cíl práce byl naplněn.

I. Summary a keywords v anglickém jazyce

The aim of the work was to evaluate selected social impacts of transport in the aspect of the circular economy based on the performed analysis. Selected impacts include GDP, emissions and energy consumption in road freight transport. The fourth variable of the analysis is the transport performance of this transport. The research question focuses on the long-term links between the monitored variables, grouped into pairs. The chosen methodological procedure assesses the presence of a cointegrating relationship as a long-term link between variables. The strongest links were recorded between energy consumption and transport performance, and between emissions and transport performance. This results in a proposal to improve the situation, which is based on the principles of the circular economy, specifically on the preference for combined transport with lower energy and emission demands.

Key words: sustainable development, circular economy, transport impacts, cointegration, road freight transport, combined transport

II. Seznam použitých zdrojů

Literární zdroje a internetové zdroje

- Ali, Y., Socci, C., Pretaroli, R., & Severini, F. (2018). Economic and environmental impact of transport sector on Europe economy [Online]. *Asia-Pacific Journal Of Regional Science*, 2(2), 361-397. <https://doi.org/10.1007/s41685-017-0066-9>
- Arlt, J. (1999). *Moderní metody modelování ekonomických časových řad*. Praha: Grada.
- Arlt, J., & Arltová, M. (2009). *Ekonomické časové řady*. Praha: Professional Publishing.
- Benali, N., & Feki, R. (2020). Evaluation of the relationship between freight transport, energy consumption, economic growth and greenhouse gas emissions: the VECM approach [Online]. *Environment, Development And Sustainability*, 22(2), 1039-1049. <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0232-x>
- Brockwell, P. J., & Davis, R. A. (2016). *Introduction to Time Series and Forecasting* [Online]. Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-29854-2>
- Brundtland, G. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. United Nations General Assembly document A/42/427.
- Brůhová Foltýnová, H. (2009). *Doprava a společnost: ekonomické aspekty udržitelné dopravy*. Praha: Karolinum.
- Carson, R. (1994): *Silent Spring*. Boston: Houghton, Mifflin. Retrieved from: https://library.uniteddiversity.coop/More_Books_and_Reports/Silent_SpringRachel_Carson-1962.pdf
- Cenia.cz (2024). *Publikace*. Cenia. Retrieved March 10, 2024 from: <https://www.cenia.cz/publikace/>
- Cipra, T. (2013). *Finanční ekonometrie (2., upr. vyd)*. Praha: Ekopress.
- The Club of Rome: History. (c2024). The Club of Rome. Retrieved January 13, 2024, from <https://www.clubofrome.org/history/>
- Český statistický úřad. (2024a). *Hrubý domácí produkt (HDP) - Metodika*. Český statistický úřad. Retrieved January 25, 2024, from https://www.czso.cz/csu/czso/hruby_domaci_produk_t_-hdp-
- Český statistický úřad (2024b). *Hlavní makroekonomické ukazatele*. Český statistický úřad. Retrieved February 25, from https://www.czso.cz/csu/czso/hmu_cr
- De Abreu, V. H. S., Da Costa, M. G., Da Costa, V. X., De Assis, T. F., Santos, A. S., & D'Agosto, M. de A. (2022). The Role of the Circular Economy in Road Transport to Mitigate Climate Change and Reduce Resource Depletion [Online]. *Sustainability*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/su14148951>
- Dlouhá, J. a kol., (2021). *Odborné podklady k odpovědné spotřebě* [Online]. In . *Centrum pro otázky životního prostředí UK*. Retrieved from <https://odpovednaspotreba.cz/odborne-podklady/>
- Ěisler, J. (2004). *Ekonomika dopravních služeb a podnikání v dopravě*. Praha: Oeconomica.
- Ellen Macarthur Foundation. (c2024). *Climate change and circular economy* [Online]. Retrieved January 31, 2024, from <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/climate-change-and-a-circular-economy-for-transport>
- Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987). Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing [Online]. *Econometrica*, 55(2). <https://doi.org/10.2307/1913236>
- Evropská komise. (2024). *Multimodal and combined transport* [Online]. Retrieved April 5, 2024, from https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/logistics-and-multimodal-transport/multimodal-and-combined-transport_en

- Geurs, K. T., Boon, W., & Van Wee, B. (2009). Social Impacts of Transport: Literature Review and the State of the Practice of Transport Appraisal in the Netherlands and the United Kingdom [Online]. *Transport Reviews*, 29(1), 69-90. <https://doi.org/10.1080/01441640802130490>
- Ghosh, S. K. (2020). Circular economy: Global perspective. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=2286172>
- Ginterová, M. (2024). Vláda schválila sazby mýtného od března. Podle Česmad Bohemia to povede k navýšení cen dopravy [Online]. Retrieved April 15, 2024, from <https://ekonomickydenik.cz/vlada-schvalila-sazby-mytneho-od-brezna-podle-cesmad-bohemia-to-povede-k-navyseni-cen-dopravy/>
- INCIEN. (2016). Základní principy cirkulární ekonomiky [Online]. Retrieved February 3, 2024, from <https://incien.org/zakladni-principy-cirkularni-ekonomiky/>
- Investopedia. (2022). *What Is Environmental, Social, and Governance (ESG) Investing?*. Investopedia. Retrieved November 25, 2022, from <https://www.investopedia.com/terms/e/environmental-social-and-governance-esg-criteria.asp>
- Johansen, S. (1991). Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models [Online]. *Econometrica*, 59(6). <https://doi.org/10.2307/2938278>
- Jonášová, S. (2019). Cirkulární ekonomika jako příležitost pro úspěšné inovace českých firem. Praha: Institut Cirkulární Ekonomiky, z.ú.
- Kardos, M. (2012). The Reflection of Good Governance in Sustainable Development Strategies [Online]. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 58, 1166-1173. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.1098>
- King, A. M., Burgess, S. C., Ijomah, W., & McMahon, C. A. (2006). Reducing waste: repair, recondition, remanufacture or recycle?. *Sustainable Development*, 14(4), 257-267. <https://doi.org/10.1002/sd.271>
- Kislingerová, E., a kol. (2021). Cirkulární ekonomie a ekonomika: Společenské paradigma, postavení, budoucnost a praktické souvislosti. Grada Publishing.
- Klůfa, J., & Sýkorová, I. (2018). *Matematika 2 pro Vysokou školu ekonomickou*. Průhonice: Professional Publishing.
- Kolář, J., & Velechovský, M. (2012). Sociální dopady nákladní dopravy na životní prostředí [Online], 7(1). Retrieved from <https://pernerscontacts.upce.cz/index.php/perner/article/view/1083/912>
- LKW-Walter. (c2024). Kombinovaná doprava silnice-železnice [Online]. Retrieved from <https://www.lkw-walter.com/cz/cs/produkty-a-sluzby/kombinovana-doprava/kombinovana-doprava-funguje-takto>
- Lucas, K., & Jones, P. (2012). Social impacts and equity issues in transport: an introduction [Online]. *Journal Of Transport Geography*, 21, 1-3. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.01.032>
- Mavrin, V., Magdin, K., Shepelev, V., & Danilov, I. (2020). Reduction of environmental impact from road transport using analysis and simulation methods [Online]. *Transportation Research Procedia*, 50, 451-457. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.10.053>
- McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle to cradle: remaking the way we make things* (1st ed.). North Point Press
- Meadows, D. H. & Club of Rome. (1972). *The Limits to growth: A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. New York: Universe Books. Retrieved from: <http://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digitalscan-version.pdf>
- Mignaqui, V. (2014). Sustainable Development as a Goal. *The International Journal of Social Quality*, 4(1), 57-77. <https://www.jstor.org/stable/44174133>

Mikichurová, O., Kljujevová, J., & Armash, N. (2021). Transport in Circular Economy [Online]. *Turismo: Estudos E Práticas*, 01, 1-9. Retrieved from <https://www.each.usp.br/turismo/publicacoesdeturismo/ref.php?id=3868>

Ministerstvo dopravy (2023). Koncepce nákladní dopravy pro období 2017-2023 s výhledem do roku 2030. Aktualizace v roce 2023. <https://www.mdcz.cz/Dokumenty/Strategie/Koncepce-nakladni-dopravy-pro-obdobi-2017-2023-s-v>

Ministerstvo dopravy. (2021). Dopravní politika ČR pro období 2021-2027 s výhledem do roku 2050. <https://www.mdcz.cz/Dokumenty/Strategie/Dopravni-politika-a-MFDI/Dopravni-politika-CR-pro-obdobi-2014-2020-s-vyhled>

Ministerstvo dopravy. (2024). Kombinovaná doprava [Online]. Retrieved April 5, 2024, from [https://www.mdcz.cz/Dokumenty/Kombinovana-doprava-\(2\)/kombinovana-doprava-\(1\)](https://www.mdcz.cz/Dokumenty/Kombinovana-doprava-(2)/kombinovana-doprava-(1))

Ministerstvo pro místní rozvoj: *Základní pojetí konceptu udržitelného rozvoje (c2024)*. Ministerstvo pro místní rozvoj. Retrieved January 20, 2024, from <https://www.mmr.cz/cs/ministerstvo/regionalni-rozvoj/informace,-aktuality,-seminare,-pracovni-skupiny/psur/uvodni-informace-o-udrzitelnem-rozvoji/zakladni-pojeti-konceptu-udrzitelného-rozvoje>

Ministerstvo průmyslu a obchodu (2016). Státní energetická koncepce. <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statni-energeticka-politika/statni-energeticka-koncepce--223620/>

Ministerstvo životního prostředí (2021). Strategický rámec cirkulární ekonomiky České Republiky 2040: maximálně cirkulární Česko v roce 2040. Ministerstvo životního prostředí. [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_20211213_Vlada-schvalila-Cirkularni_Cesko_2040/\\$FILE/Cirkul%C3%A1rn%C3%AD%20%C4%8Cesko_2040_web.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_20211213_Vlada-schvalila-Cirkularni_Cesko_2040/$FILE/Cirkul%C3%A1rn%C3%AD%20%C4%8Cesko_2040_web.pdf)

Moldan, B. (2020). Životní prostředí v globální perspektivě. Retrieved from: https://books.google.cz/books?id=_L_9DwAAQBAJ&pg=PA111&dq=cirkulárn%C3%AD+ekonomika&hl=cs&sa=X&ved=2ahUKEwjmqCXjartAhWLz4UKHWVIDmUQ6AEwAHoECAIQAg#v=onepage&q=cirkulárn%C3%AD%20ekonomika&f=false

Myto.cz.eu. (2024). Kalkulátor mýtného podle trasy [Online]. Retrieved April 15, 2024, from <https://www.myto.cz.eu/cs/sluzby-zakaznikum/kalkulator-mytneho/podle-trasy>

Nařízení Evropského parlamentu a Rady EU: o hlavních směrech Unie pro rozvoj transevropské dopravní sítě a o zrušení rozhodnutí č. 661/2010/EU. (2013).

Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX:32013R1315>

Naše společná budoucnost: světová komise pro životní prostředí a rozvoj. (1991) (přeložil P. KORČÁK). Praha: Academia.

Novák, R. (2003). Mezinárodní kamionová doprava plus (Vyd. 2., přeprac). Praha: ASPI.

Novák, R. (2005). Nákladní doprava a zásilatelství (2., přeprac. vyd). Praha: ASPI.

Novák, R. (2018). Mezinárodní silniční nákladní přeprava a zásilatelství. V Praze: C.H. Beck.

OECD. (2019). Waste Management and the Circular Economy in Selected OECD Countries: Evidence from Environmental Performance Reviews. OECD PUBLISHING. <https://doi.org/10.1787/9789264309395-en>

OECD (2022). *Regional Competitiveness*. OECD. Retrieved March 02, 2024, from <https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/regionalcompetitiveness.htm>

Perková, V., Malá, I. (2019). Cirkulární Česko 2. Praha: JIC, zájmové sdružení právnických osob, Direct People, s.r.o., INCIEN, z.ú.

- Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2017). *CIRCULAR ECONOMY: MEASURING INNOVATION IN THE PRODUCT CHAIN*. PBL Publishers. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2016-circular-economy-measuring-innovation-in-product-chains-2544.pdf>
- Pressbooks. (nedatováno). *Ethics in Sustainability*. Pressbooks. Retrieved January 25, 2024, from <https://pressbooks.pub/sustainabilitymethods/chapter/ethics-in-sustainability/>
- Přinesdomová, L. (2021). Jeden vlak přepraví stejný náklad jako 52 kamionů. DB Cargo přichází s projektem „Zboží patří na železnici“ [Online]. Retrieved April 15, 2024, from <https://ekonomickydenik.cz/jeden-vlak-prepravi-stejny-naklad-jako-52-kamionu-db-cargo-prichazi-s-projektem-zbozi-patri-na-zeleznici/>
- Rodrigue, J. -P. (2024). *The Geography of Transport Systems* [Online]. London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003343196>
- Sabatini, F. (2019). Culture as Fourth Pillar of Sustainable Development: Perspectives for Integration, Paradigms of Action. *European Journal of Sustainable Development*, 8(3), 31-40. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2019.v8n3p31>
- Saboori, B., Sulaiman, J., & Mohd, S. (2012). Economic growth and CO2 emissions in Malaysia: A cointegration analysis of the Environmental Kuznets Curve [Online]. *Energy Policy*, 51, 184-191. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.08.065>
- Sauvé, S., Bernard, S., & Sloan, P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*, 17, 48-56. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.09.002>
- Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a Výboru regionů: Uzavření cyklu – akční plán EU pro oběhové hospodářství. (2015) Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614>
- Singh, D., & Singh, B. (2020). Investigating the impact of data normalization on classification performance [Online]. *Applied Soft Computing*, 97. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105524>
- Směrnice 94/62/ES o obalech a obalových materiálech. Obaly a obalové odpady. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/LSU/?uri=CELEX%3A32018L0852>
- Stahel, W. (Ed.). (2020). History of the Circular Economy. The Historic Development of Circularity and the Circular Economy. In S. Eisenriegler, *The Circular Economy in the European Union: An Interim Review* (pp. 7-19). Springer Nature Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-50239-3>
- Sustainable Development Commission: History of SD. (c2011). Sustainable Development Commission. Retrieved December 20, 2023, from https://www.sd-commission.org.uk/pages/history_sd.html
- Sydos.cz (2024c). *Ročenky dopravy*. Retrieved from: <https://www.sydos.cz/cs/rocenky.htm>
- Tremblay, D., Boucher, J. -F., Riffon, O., & Fortier, F. (2020). Sustainable development goal interactions: An analysis based on the five pillars of the 2030 agenda. *Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1002/sd.2107>
- TUROŇ, Katarzyna & CZECH, Piotr. Circular Economy in the Transport Industry in Terms of Corporate Social Responsibility Concept. *Journal of Corporate Responsibility and Leadership*. Online. 26 June 2017. Vol. 3, no. 4, pp. 83-94. <https://doi.org/10.12775/JCRL.2016.025>
- United Nations: *Cíle udržitelného rozvoje* (c2024). United Nations. Retrieved January 25, 2024, from <https://www.osn.cz/osn/hlavni-temata/sdgs/>
- Valinová, E. (2018). *Pilíře udržitelného rozvoje*. Statistika a my. Retrieved January 28, 2024, from <https://www.statistikaamy.cz/2018/09/18/role-csu-v-problematice-udrzitelneho-rozvoje/>

Velenturf, A. P. M., & Purnell, P. (2021). Principles for a sustainable circular economy [Online]. *Sustainable Production And Consumption*, 27, 1437-1457. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.018>

III. Seznam použitých zkratk

ADF test	rozšířený Dickey-Fullerův test
CE	Cirkulární ekonomika
CENIA	Česká informační agentura životního prostředí
ČR	Česká republika
DDT	Dichlordifenyltrichlorethan
EU	Evropská unie
EG test	Engle-Grangerův test
HDP	Hrubý domácí produkt
INCIEN	Institut cirkulární ekonomiky
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
OSN	Organizace spojených národů
KD	Kombinovaná doprava

IV. Seznam obrázků, tabulek a grafů s uvedením názvů

Seznam obrázků

Obrázek 1 Pilíře udržitelného rozvoje.....	7
Obrázek 2 Cíle udržitelného rozvoje.....	9
Obrázek 3 Model cirkulární a lineární ekonomiky	12
Obrázek 4 Akční plány a směrnice týkající se oběhového hospodářství	16
Obrázek 5 Prioritní oblasti z dokumentu Cirkulární Česko 2040	17
Obrázek 6 Kombinovaná doprava silnice a železnice.....	61

Seznam tabulek

Tabulka 1 Test stacionarity pro časové řady proměnných	40
Tabulka 2 Diference časových řad.....	41
Tabulka 3 Test stacionarity diferencovaných časových řad.....	42
Tabulka 4 Seskupení proměnných do vzájemných dvojic	43
Tabulka 5 Výsledky EG testu	44
Tabulka 6 Seřazení dvojic dle výsledků EG testu.....	44
Tabulka 7 Hodnoty statistiky pro proměnnou r při různých hladinách významnosti	47
Tabulka 8 Hodnoty statistiky pro proměnnou r při 5 % hladině významnosti.....	47
Tabulka 9 Vlastní hodnoty Johansenova testu	49
Tabulka 10 Vlastní vektory Johansenova testu	50
Tabulka 11 Seřazené dvojice dle síly kointegrace	51
Tabulka 12 Shnutí výsledků obou provedených testů	52
Tabulka 13 Shnutí vyhodnocení hypotéz.....	57
Tabulka 14 Emisní náročnost v rámci KD	63
Tabulka 15 Srovnání využití silniční dopravy a kombinované dopravy.....	64

Seznam grafů

Graf 1 Emise ze silniční nákladní dopravy v období 2007–2022	29
Graf 2 Spotřeba energie v silniční nákladní dopravě v období 2007-2022.....	30
Graf 3 Převážný výkon silniční nákladní dopravy v období 2007-2022.....	31
Graf 4 Hrubý domácí produkt ČR v období 2007-2022	32
Graf 5 Indexy vývoje jednotlivých proměnných v %; 2007 = 100 %.....	39
Graf 6 Síla kointegračních vztahů (1 - nejslabší; 6 - nejsilnější)	53

IV. Seznam příloh

Příloha 1 Ukázka ADF.testu v R studiu	75
Příloha 2 Ukázka differencované časové řady v ADF.testu.....	75
Příloha 3 Ukázka EG testu	75
Příloha 4 Ukázka Johansenova testu	75
Příloha 5 Mapa překladišť KD v ČR.....	76

V. Přílohy

Příloha 1 Ukázka ADF.testu v R studiu

```
Augmented Dickey-Fuller Test

data: emise_norm
Dickey-Fuller = -2.2933, Lag order = 2, p-value = 0.1606
alternative hypothesis: stationary
```

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha 2 Ukázka differencované časové řady v ADF.testu

```
Augmented Dickey-Fuller Test

data: diff_data_emise
Dickey-Fuller = -1.5574, Lag order = 2, p-value = 0.04741
alternative hypothesis: stationary
```

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha 3 Ukázka EG testu

```
Augmented Dickey-Fuller Test

data: residual_emise_vykon
Dickey-Fuller = -2.1697, Lag order = 2, p-value = 0.03277
alternative hypothesis: stationary
```

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha 4 Ukázka Johansenova testu

```
Eigenvalues (lambda):
[1] 0.8419 0.7549 0.7261 0.6305 0.1529

Values of teststatistic and critical values of test:

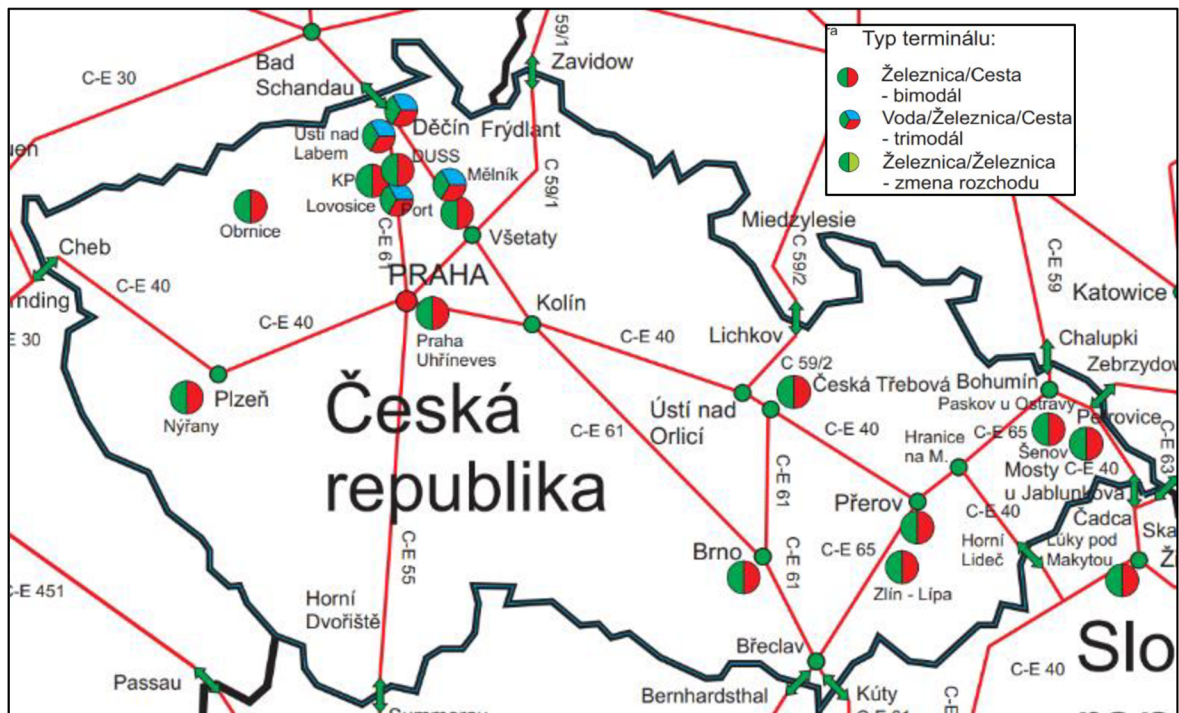
test 10pct 5pct 1pct
r <= 5 | 1.24 3.78 6.86
r <= 4 | 3.47 5.61 8.75
r <= 3 | 7.52 9.24 12.97
r <= 2 | 17.85 19.96 24.60
r <= 1 | 32.00 34.91 41.07
r = 0 | 49.65 53.12 65.16

Eigenvectors, normalised to first column:
(These are the cointegration relations)

emise_norm.12      emise_norm.12  spotreba_norm.12  prepr_vykon_norm.12  hdp_norm.12  constant
emise_norm.12      1.0000000    1.0000000         1.0000000    1.0000000    1.0000000
spotreba_norm.12   1.1164884    -1.1536980        -1.7645097   -1.10777695   -2.0557091
prepr_vykon_norm.12 1.2530745    -0.1185115        -0.2847932    0.05243713    0.5908764
hdp_norm.12        -0.5514588    0.2045711         0.2743081    0.18473233    0.2375888
constant           22.6596831    11.0389687         4.6936351    2.66579251   -4.1908101
```

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha 5 Mapa překladišť KD v ČR



Zdroj: Ministerstvo dopravy (2024)