



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Bc. Dávid Fulka

**POTENCIÁLNÍ OMEZENÍ VNITROSTÁTNÍ LETECKÉ
DOPRAVY V EU A JEJÍ DŮSLEDKY**

Diplomová práce

2023



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K621.....Ústav letecké dopravy

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Dávid Fulka

Studijní program (obor/specializace) studenta:

navazující magisterský – PL – Provoz a řízení letecké dopravy

Název tématu (česky): **Potenciální omezení vnitrostátní letecké dopravy v EU a její důsledky**

Název tématu (anglicky): Potential Restrictions on Domestic Air Transport in the EU and its Consequences

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem práce je provést analýzu vnitrostátních leteckých spojení v EU, které by mohly být předmětem environmentálních omezení v letecké dopravě a stanovit dopady na letecká a alternativní železniční spojení.
- Proved'te rešerši současné situace legislativy upravující vnitrostátní leteckou dopravu ve vybraných státech EU.
- Proved'te analýzu vnitrostátních leteckých linek, jejich délky, doby trvání letu, počtu pohybů, počtu cestujících a alternativních železničních spojení.
- Vyberte státy EU, kterých se redukce vnitrostátních leteckých spojení může týkat, proved'te analýzu leteckých a alternativních železničních spojení.
- Porovnejte kapacitu leteckých a železničních spojení, energetickou náročnost a proved'te budoucí výhled snižování energetické náročnosti letecké dopravy a tyto hodnoty porovnejte.
- Vytvořte možné alternativní koncepce pro vybrané státy, proved'te validaci a diskutujte závěry práce.



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Saini A., Truong D.: Airline efficiency and environmental impacts, 2022
Cui Q.: A data-based comparison of the five undesirable output disposability approaches in airline environmental efficiency, 2021
Cui Q., Li Y.: Airline energy efficiency measures considering carbon abatement, 2016
- Vedoucí diplomové práce: **Ing. Eva Endrizalová, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **15. července 2022**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **15. května 2023**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
vedoucí
Ústavu letecké dopravy



prof. Ing. Ondřej Příbyl, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Dávid Fulka
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 15. července 2022



Abstrakt

Z dôvodu klimateckej krízy sa v ostatných rokoch stáva čoraz diskutovanejšou témou obmedzovanie leteckých služieb na krátke vzdialenosti. Ide najmä o letecké spojenia na tých trasách, ktoré sú obsluhované alternatívnou, ekologickejšou možnosťou dopravy, a to predovšetkým v krajinách Európskej únie (EÚ) s dobre rozvinutou vysokorýchlostnou železničnou dopravou (HSR) a hustou sieťou vnútroštátnej leteckej dopravy. Práca sa zaoberá analýzou tých vnútroštátnych leteckých spojení v EÚ, ktoré by mohli byť predmetom environmentálnych obmedzení v leteckej doprave. Práve lety na krátke vzdialenosti produkujú najväčší objem uhlíkových emisií v prepočte na jedného cestujúceho. Tieto lety by sa dali najjednoduchšie nahradiť pozemnými druhmi dopravy. Práca sa tiež zaoberá porovnaním týchto dvoch spôsobov dopravy na vybraných trasách a následnou kvantifikáciou potenciálneho zníženia objemu uhlíkových emisií pri náhrade leteckých služieb vysokorýchlostnou železničnou dopravou v dvoch európskych krajinách – Španielsku a Taliansku. Pre obe krajiny sú v práci následne nemodelované tri scenáre, založené na troch rôznych kritériách. Každý zo scenárov pre obe krajiny prináša informácie o počtoch pasažierov ovplyvnených obmedzením vnútroštátnych leteckých spojení, o potenciálnom objeme ušetrených uhlíkových emisií a o kapacite HSR sietí obslužiť očakávané množstvo nových pasažierov pôvodne využívajúcich iný spôsob dopravy. Práca poukazuje na nízku efektívnosť týchto environmentálnych iniciatív v boji proti narastajúcemu vplyvu leteckej prevádzky na klímu.

Kľúčové slová

Vnútroštátne lety, Lety na krátku vzdialenosť, Letecká doprava, Vysokorýchlostná železničná doprava, Uhlíkové emisie



Abstract

Due to the climate crisis, banning short-haul air services has become an increasingly debated topic in recent years. This is particularly the case for air services on routes that are served by alternative, more environmentally friendly transport options, especially in European Union (EU) countries with well-developed high-speed rail (HSR) and a dense domestic air transport network. The thesis analyses those national air links in the EU that could be subject to environmental constraints on air transport. It is the short-haul flights that produce the largest amount of carbon emissions per passenger. These flights could most easily be replaced by ground-based modes of transport. The thesis also compares these two modes of transport on selected routes and then quantifies the potential carbon emission reductions of replacing air services with high-speed rail services in two European countries - Spain and Italy. For both countries, three scenarios, based on three different criteria, are subsequently modelled in the thesis. Each of the scenarios for the two countries provides information on the numbers of passengers affected by the reduction of domestic air services, on the potential volume of carbon emissions saved and on the capacity of the HSR networks to serve the expected number of new passengers initially using another mode of transport. The paper highlights the low effectiveness of these environmental initiatives in combating the growing climate impact of air traffic.

Key words

Domestic flights, Short-haul flights, Air transport, High-Speed Rail, Carbon emissions



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou závěrečnou práci s názvem „Potenciální omezení vnitrostátní letecké dopravy v EU a její důsledky“ vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne: 15.5.2023

Podpis:

A handwritten signature in blue ink, consisting of several fluid, overlapping strokes that form a stylized, abstract shape.



Pod'akovanie

Týmto by som sa chcel vyjadriť vďaku vedúcej diplomovej práce Ing. Eve Endrizalovej, Ph.D. za jej odborné vedenie a usmernenie, ktoré mi poskytovala behom tvorenia práce a pánu doc. Ing. Petrovi Vittekovi, Ph.D. za pomoc pri tvorení zadania. Rovnako by som sa chcel poďakovať mojej rodine, priateľom a všetkým, ktorí ma počas celého môjho štúdia podporovali. Poďakovať by som sa chcel tiež svojim profesorom a spolužiakom, ktorí ma inšpirovali svojou expertízou, nápismi a diskusiami.



Obsah

Úvod	11
1. Súčasný stav	12
1.1 Rešerš odborných článkov konkurencie medzi HSR a leteckou dopravou	13
1.2 Dôvody potreby short-haul letov.....	17
1.3 Prehľad leteckej spotreby paliva vs. preletenej vzdialenosti	23
1.4 Vplyv leteckej dopravy na životné prostredie.....	24
1.5 Snahy leteckého priemyslu o zníženie vplyvu na životné prostredie.....	25
1.6 Vysokorýchlostná železničná doprava v Európe	27
2. Metodológia práce	30
2.1 HSR v Španielsku	33
2.2 HSR v Taliansku	35
2.3 Vnútroštátna letecká doprava v Španielsku.....	37
2.4 Vnútroštátna letecká doprava v Taliansku.....	39
2.5 Vybrané trate	41
2.5.1 Zber dát leteckej dopravy	43
2.5.2 Zber dát HSR	50
2.6 Tvorba konceptov	52
3. Výsledky	56
4. Diskusia	63
Záver	66
Zoznam použitej literatúry	69



Zoznam obrázkov

Obrázok 1: Globálne príklady super krátkych letov prevádzkovaných z dôvodu fyzických obmedzení (10)	19
Obrázok 2: Poloha letísk, staníc a významných priemyselných oblastí, Londýn-Brusel (7).....	21
Obrázok 3: Super krátky lety operujúce z dôvodu zdieľania letov (10).....	22
Obrázok 4: Porovnanie spomínaných modelov palivovej účinnosti oproti preletenej vzdialenosti (10).....	24
Obrázok 5: Celková dĺžka HSR siete v krajinách EU-27 v rokoch 1985-2020 (75).....	29
Obrázok 6: Rozdelenie dĺžky tratí HSR v európskych krajinách v roku 2020 (72).....	29
Obrázok 7: schéma metodológie práce	32
Obrázok 8: Sieť HSR v Taliansku (82).....	36
Obrázok 10: španielska sieť najvýznamnejších letísk (trobajo2022)	39
Obrázok 11: španielska sieť najvýznamnejších letísk (90).....	41
Obrázok 12: Konkurencia módov dopravy v závislosti od vzdušnej vzdialenosti (93).....	44
Obrázok 13: Porovnanie RTT medzi HSR a leteckej dopravy na vybraných trasách - Španielsko	53
Obrázok 14: Porovnanie RTT medzi HSR a leteckej dopravy na vybraných trasách – Taliansko	54



Zoznam tabuliek

Tabuľka 1: Prehľad doposiaľ spustených iniciatív pre zákazovanie či odradenie od krátkych letov (10).....	14
Tabuľka 2: Potenciálne definície super krátkych letov (10)	17
Tabuľka 4: Súhrn potrebných dát leteckej dopravy, Španielsko - časť 1	48
Tabuľka 5: Súhrn potrebných dát leteckej dopravy Španielsko - časť 2	48
Tabuľka 6: Súhrn potrebných dát leteckej dopravy, Taliansko - časť 1	49
Tabuľka 7: Súhrn potrebných dát leteckej dopravy, Taliansko - časť 2	49
Tabuľka 8: Súhrn potrebných dát HSR dopravy, Španielsko	51
Tabuľka 9: Súhrn potrebných dát HSR dopravy, Taliansko	52
Tabuľka 10: Súhrn výsledkov scenáru číslo 1 - Španielsko	58
Tabuľka 11: Súhrn výsledkov scenáru číslo 1 - Taliansko	58
Tabuľka 12: Súhrn výsledkov scenáru číslo 2 - Španielsko	60
Tabuľka 13: Súhrn výsledkov scenáru číslo 2 - Taliansko	60
Tabuľka 14: Súhrn výsledkov scenáru číslo 3 - Španielsko	62
Tabuľka 15: Súhrn výsledkov scenáru číslo 3 - Taliansko	62



Zoznam použitých skratiek

skratka	anglický výraz	slovenský preklad
GHG	Greenhouse Gases	Skleníkové plyny
ICAO	International Civil Aviation Association	Medzinárodná organizácia pre civilné letectvo
HSR	High-Speed Rail	Vysokorýchlostná železnica
Pkm	passenger-kilometer	osobo-kilometer
MTOW	Maximum Take-Off Weight	Maximálna vzletová hmotnosť
EU ETS	European Union Emission Trading Scheme	Európsky systém pre obchodovanie s emisiami
APU	Auxiliary Power Unit	Pomocná motorová jednotka
GPU	Ground Power Unit	Pozemný zdroj energie
IVT	In-Vehicle Time	Čas strávený v prostriedku/čistá doba cestovania
RTT	Real Travel Time	Skutočná doba cestovania



Úvod

Lety na krátku vzdialenosť, najmä kvôli svojej energeticke neefektívnej prevádzke, sa postupne stávajú cieľom iniciatív podporujúcich globálny boj proti klimatickej zmene. I keď letecká doprava so sebou prináša mnoho výhod ako rýchlosť, dosiahnuteľná vzdialenosť či prepojenie celého sveta, na krátkych trasách (do 1 000 km) jej výrazne konkuruje železničná doprava, najmä tá schopná vysokorýchlostnej premávky (200-350 km/h). Vďaka svojej kapacite a vysokej energetickej účinnosti sa vysokorýchlostná železničná doprava (HSR) javí ako environmentálne výhodná voľba dopravného módu pre cesty na krátke vzdialenosti. V rade európskych krajín (pr. Francúzsko, Rakúsko) boli zavedené zákony obmedzujúce vnútroštátne lety alebo lety na krátku vzdialenosť v rámci susediacich krajín. Práca analyzuje siete vnútroštátnej leteckej dopravy a HSR dopravy dvoch krajín, Španielska a Talianska. Vďaka svojim rozvinutým sieťam oboch módov dopravy sa dá očakávať, že v týchto krajinách pristúpia zákonodarcovia na podobný postup ako už v spomínaných krajinách, s legislatívou obmedzujúcou krátke vnútroštátne lety.

V práci bol vykonaný prieskum už platných legislatívnych obmedzení krátkych a vnútroštátnych letov krajín v Európe. Následne bolo pre analýzu potrebné vybrať štáty s aktívnymi leteckými službami v rámci svojich hraníc a s rozvinutou sieťou HSR dopravy, ktorá naberá na popularite nie len v Európe ale i v Ázii a postupne aj v USA či Austrálii. Obe tieto kritériá spĺňajú už spomínané dve krajiny. V oboch krajinách boli preskúmané vnútroštátne letecké trasy a boli vybrané tie, ktoré podliehajú konkurencii s vysokorýchlostnou železničnou dopravou. Vybrané trasy následne podliehali hlbšej analýze týkajúcej sa vzdialeností, dĺžok cestovania, frekvencií, počtov pasažierov a dopravných spoločností obsluhujúce vybrané trhy a tieto aspekty boli porovnané s HSR dopravou na rovnakých trasách.

Prínosom práce je tvorba alternatívnych koncepcií v podobe troch scenárov, podľa ktorých by mohli byť letecké služby vo vybraných krajinách potenciálne obmedzené. V rámci troch scenárov boli pre obe krajiny vyčíslené počty ovplyvnených pasažierov a hodnoty potenciálne ušetrných uhlíkových emisií. Práca následne analyzuje aj dostupnú kapacitu vysokorýchlostnej železničnej dopravy po modálnom prechode pasažierov z leteckej dopravy. Predvedené scenáre sú založené na kritériách, podľa ktorých by sa mohli národný zákonodarcovia oboch krajín riadiť pri prípadnej nutnosti zavedenia legislatívy obmedzujúcej vnútroštátnu leteckú dopravu. Práca poukazuje aj na nie veľmi optimálnu efektivitu týchto iniciatív v kontexte boja proti klimatickej zmene.



1. Súčasný stav

Environmentálna udržateľnosť s návrhmi a presadzovaním iniciatív zameraných na dosiahnutie ambiciózneho cieľa zníženia emisií uhlíka v doprave o 85 – 95 % do roku 2050 v porovnaní s úrovňou z roku 1990, si získava stále väčšiu dôležitosť v agende Európskej komisie (1). Niekoľko týchto iniciatív sa týka priamo leteckého priemyslu a jeho dopadu na životné prostredie. Komerčná letecká doprava je na európskej úrovni podľa rôznych zdrojov zodpovedná za približne 8 až 14 % všetkých emisií GHG v doprave (2, 3, 4). V roku 2019 bolo v Európskej únii týmto sektorom vyprodukovaných presnejšie 151,8 miliónov ton uhlíkových emisií (5).

Medzi množstvom environmentálnych opatrení, ktoré sa zavádzajú na minimalizáciu externých negatívnych vplyvov leteckej dopravy (napr. zavedenie emisií CO₂ z leteckej dopravy do systému obchodovania s emisiami v EÚ – EU emission trading scheme, ďalej v práci ako EU-ETS), zohráva kľúčovú úlohu iniciatíva smerujúca k modálnemu prechodu na ekologicky efektívnejšie druhy dopravy, akým sú najmä vysoko-rýchlostné železnice (ďalej ako HSR – High Speed Rail), ale aj konvenčná železničná doprava či autobusová doprava (6, 7, 8). Vzhľadom na globálne obavy o klimatické zmeny sa verejné orgány snažia pôsobiť ako aktívne v boji proti klimatickým zmenám. V prípade dopravného sektoru, sa už dlhodobo rozvíja myšlienka, že železničná doprava by mohla a mala pomôcť znížiť dopad letectva na klímu, prechodom pasažierov z leteckej dopravy na dopravu železničnú.

Veľkú rolu v Európe odohrávajú aj vysoko profilované hnutia pre zmenu klímy, ako napríklad „Flygskam“ (flight shaming – hanobenie letectva), ktoré sa snažia povzbudiť ľudí, aby prestali cestovať prostredníctvom leteckej dopravy. Mnohé verejné orgány na národnej aj európskej úrovni momentálne uvažujú alebo už zaviedli obmedzenia krátkych letov a ich nahradenie menej znečisťujúcimi HSR možnosťami.

Ako naliehavá sa dnes ukazuje potreba štátnej pomoci a balíkov obnovy pre letecké spoločnosti v dôsledku nedávnej krízy plynúcej z celosvetovej epidémie COVID-19, čo prináša príležitosť pre tvorcov opatrení na vytvorenie zlomového bodu v postupnej redukcii environmentálneho dopadu leteckej dopravy. V rôznych európskych krajinách boli v poslednej dobe podniknuté nové iniciatívy. Francúzski zákonodarcovia prišli s rozhodnutím zaviesť zákaz vnútroštátnych krátkych letov na trasách, kde existuje železničná alternatíva, s cieľom znížiť emisie uhlíka. Toto opatrenie zahŕňa zákaz leteckých služieb prevádzkovaných na vnútroštátnych trasách, ktoré sú obsluhované alternatívnym železničným spojením do 150 minút. Zaujímavou výnimkou tohto opatrenia bolo, že krátke lety mohli byť vo Francúzsku naďalej prevádzkované, ak pre cestujúcich



slúžili ako pripojovacie lety na ďalšie spoje (tzv. Hub transfers, prestupy na uzlových letiskách). Podľa Reiter et al. (9) existujú pre túto výnimku dva hlavné dôvody: a) cestovanie prostredníctvom HSR zatiaľ nemusí byť vhodnou náhradou pre cestujúcich vyhľadávajúcich iné ako tzv. point-to-point (z bodu do bodu) relácie, ktorými sú napríklad pripojovacie lety do vzdialenejších destinácií, a b) diaľkové lety, ktoré sú často základom globálnej leteckej konektivity krajiny, môžu byť kriticky závislé od nepriamych pasažierov, ktorí prilietajú na uzlové letiská krátkymi pripojovacími letmi, z dôvodu zaistenia dostatočnej vyťaženia (ang. load factor) pre ich ekonomicky ziskovú prevádzku.

Ďalšia iniciatíva sa týka environmentálnych klauzúl zahrnutých rakúskou vládou do balíka štátnej pomoci, ktorý mal podporiť leteckú spoločnosť Austrian Airlines v roku 2020. Konkrétne dohoda vyžaduje, aby Austrian Airlines do roku 2030 znížili emisie z vnútroštátnych letov o polovicu, ukončením služieb na domácich spojoch, ktoré už sú obsluhované HSR spojmi trvajúcimi menej ako 180 minút. Rastúci tlak na znižovanie emisií v letectve a narastajúci počet environmentálnych iniciatív, by mali nútiť tvorcov tejto politiky navrhovať také balíky a opatrenia, ktoré majú za cieľ podporiť udržateľnú stratégiu pre modálny prechod na iný spôsob dopravy. Prehľad doposiaľ spustených iniciatív je možné vidieť v tabuľke 1.

1.1 Rešerš odborných článkov konkurencie medzi HSR a leteckou dopravou

Pri cestách na krátke a stredné vzdialenosti (približne do 800 km) majú vysokorýchlostné vlaky, oproti leteckej doprave, nižšiu spotrebu energie na 1 osobo-km (11). Vzhľadom na to, že sa tento fakt premieta do nižších uhlíkových emisií, je HSR často označovaná za ekologickejší spôsob dopravy a v prípade vhodných cestovných koridorov tiež za platnú náhradu cestnej a leteckej dopravy (8). Jadrom väčšiny kvantitatívnych analýz, týkajúcich sa tejto témy, je zvyčajne výpočet presunu na iný druh dopravy a následný úspor emisií vyplývajúcich z hypotetického nahradenia leteckej dopravy železničnou. Napríklad štúdia vykonaná autorom Dalkic et al. (12) dospela k záveru, že rozvoj tureckej siete HSR, ktorá by mohla konkurovať leteckej doprave na stredných vzdialenostiach, by mohol do roku 2023 spôsobiť celkové ušetrenie uhlíkových emisií o 452,7 kt.



Tabuľka 1: Prehľad doposiaľ spustených iniciatív pre zákazovanie či odradenie od krátkych letov (10)

Krajina	Cielený trh	Schéma	Obmedzené trasy	Stav účinnosti
Rakúsko	vnútroštátny a medzinárodný	Daň 30€ na pasažiera na letoch kratších ako 350 km (okrem pripojovacích letov) oproti 12€ pre všetky ostatné lety	18 vnútroštátnych a medzinárodných trá, ktoré obsluhujú hlavne Viedeň z regionálnych letísk (150-349 km)	V platnosti (1. septembra, 2020)
Rakúsko	vnútroštátny	Zákaz leteckých služieb na trasách kde existuje alternatívne železničné spojenie do 3 hodín	Viedeň-Graz (150 km) a Viedeň-Salzburg (267 km)	V platnosti
Belgicko	medzinárodný	Extra daň 10 € na pasažiera na letoch kratších ako 500 km, 2€ pre iné lety v rámci EEA, UK a SUI a 4 € pre iné lety	Lety medzi Bruselom a okolitými uzlovými letiskami, lety medzi Antwerpami a inými regionálnymi letiskami	V platnosti (1. apríla 2022)
Francúzsko	vnútroštátny	Zákaz vnútroštátnej leteckej dopravy, ak existuje železničná alternatíva bez prestupov, prevádzkovaná niekoľko krát denne a do 2,5 hodín	Trasy medzi parížskym letiskom Orly a Bordeaux, Nantes a Lyon a ďalšie regionálne trasy	V platnosti (1. apríla 2022)
Holandsko	vnútroštátny	Celkový zákaz vnútroštátnych letov	Väčšinou leisure lety, kombinované lety pre dosiahnutie vyššie load factoru v rámci Holandska, 43-251 km	Návrh premiera z roku 2013, avšak bez politickej zhody
Holandsko	trať Brusel-Amsterdam	Zákaz	Brusel-Amsterdam (156 km)	Návrh odhlasovaný členmi parlamentu, ale zamietnutý vládou

Tento výpočet však nezahrňuje modálny prechod pasažierov len z leteckej dopravy ale aj dopravy automobilovej a autobusovej. Baumeister (13) a Baumeister et al. (14) vykonali podobný prieskum na fínskom trhu, v krajine kde neexistuje HSR. Autori dospeli k záveru, že potenciálne nahradenie leteckej dopravy železničnými službami, ktoré nie sú vysokorychlostné, by mohlo viesť k zníženiu emisií o 95 %, ak vezmeme do úvahy absolútny zákaz vnútroštátnych letov vo Fínsku. Robertson (15) vo svojej štúdii o koridore Sydney-Melbourne vyčíslil zníženie emisií na 14 % a Wang et al. (16) zistili, že v prípade čínskej siete vnútroštátnej leteckej dopravy sa zníženie pohybuje medzi 3 a 5 %. Novšia štúdia, ktorú vykonali Avogadro et al. (17), ktorá je aj prvou štúdiou, ktorá svojím prieskumom pokryla 27 európskych krajín, dospela k záveru, že odstránenie všetkých vnútroeurópskych letových trás, pre ktoré sú k dispozícii iné druhy dopravy (s maximálnym



predĺžením doby cestovania o 20 %), by znížilo emisie o 4,72 %, pričom najviac ovplyvnené krajiny by v klesajúcom poradí boli Francúzsko, Nemecko, Spojené kráľovstvo, Španielsko a Taliansko.

To však neznamená, že medzi odborníkmi existuje všeobecná zhoda o tom, že nahradenie leteckej dopravy železničnou by bolo ultimátnym riešením v kontexte problému emisií z dopravy. Ako uvádzajú Jiang et al. (18), existuje širší rozsah analýzy, ktorý zohľadňuje aj dodatočné emisie pochádzajúce z rozsiahlych projektov výstavby železničnej infraštruktúry, a Givoni et al. (8) predstavujú aj rôzne ďalšie problémy vyplývajúce z takzvaného vyvolaného dopytu. Tým je myslené to, že zavedenie nových HSR služieb zvyšuje dopyt po cestovaní na príslušných koridoroch a tým odstraňuje kapacitu miest v dopravnom systéme, ktorý bol pôvodne plánovaný na modálny presun pasažierov z leteckej dopravy. Ruka v ruke s týmito skeptickými názormi, štúdie ako (19) uvádzajú, že prechod z leteckej dopravy na železničnú by v najlepších scenároch viedol iba k 2-4% obmedzeniu emisií globálne. Napriek rôznym názorom a obmedzeniam je určenie potenciálneho presunu cestujúcich v kontexte náhrady leteckej dopravy železničnou dopravou stále dôležitým aspektom v dopravnej literatúre, pričom kľúčovým prvkom sú rozsiahle štúdie o konkurencii medzi leteckou a železničnou dopravou, ktoré pomáhajú určiť hranice nahraditeľnosti medzi týmito dvoma módmi dopravy.

Existuje väčší počet akademikov, ktorí sa zaoberali témou konkurencie medzi leteckou a železničnou dopravou a modálneho prechodu v Európe a Ázii (20, 21, 22, 23, 24). Väčšina štúdií sa zaoberá vplyvom na dopyt, ceny, kapacitu a trhové podiely leteckej dopravy po zavedení konkurenčnej HSR služby (25). Po inaugurácii HSR na trati Madrid-Sevilla v 90. rokoch nastal pokles podielu leteckých spoločností na trhu zo 40 % na 13 %, zatiaľ čo podiel železničnej dopravy sa zvýšil zo 16 % na 51 % (21). V Nemecku zaznamenal sektor leteckej dopravy po zavedení nemeckej HSR služby ICE 12% pokles obchodov (26). K podobne výraznému zníženiu frekvencie letov viedlo aj spustenie HSR služieb medzi mestami Seoul a Busan v Južnej Kórei (27). Ďalšia štúdia, ktorú vykonali Kroes a Savelberg (28), o potenciáli vysokorýchlostných vlakov nahradiť leteckú dopravu na krátke vzdialenosti na letisku Schiphol v Amsterdame ukázala, že do roku 2030 by sa mohlo nahradiť 1,9 až 3,7 milióna leteckých ciest ročne, pričom najväčší vplyv by mal tento počin na trasu Amsterdam-Londýn.

Nahradzovanie leteckej dopravy vysokorýchlostnou železničnou dopravou môže byť podmienené mnohými faktormi, ako napríklad dennou frekvenciou odletov, pohodlnosťou cestovania či cenami (28). Pokiaľ ide o rozsah konkurencie a nahraditeľnosti medzi leteckou a železničnou dopravou z hľadiska cestovného času a vzdialenosti, v literatúre sa nenachádza priama zhoda. Vickerman



(26) preskúmal viaceré európske letecké a železničné trasy v Španielsku, Nemecku a Francúzsku a dospel k záveru, že najpravdepodobnejší rozsah konkurencie medzi leteckou a HSR dopravou sa pohybuje v rozmedzí 200 až 600 km a zároveň od jednej do troch hodín cesty. Výsledky ďalších štúdií hovoria, že HSR nahradí leteckú dopravu na trasách do 500 km (29, 30), zatiaľ čo Gonzalez-Savignat (31) uviedol, že HSR v Španielsku je konkurencieschopnou možnosťou pri cestách do 3 hodín. Po preskúmaní 161 európskych trás dospeli Dobruszkes et al. (32) k záveru, že letecká doprava a HSR sú najsilnejšími konkurentami na trasách s dĺžkou jazdy vlakom od dvoch do dva a pol hodiny, čo potvrdila aj štúdia, ktorú vykonali Behrens a Pels (6) na koridore Paríž-Londýn. D'Alfonso et al. (33) preskúmali trasu medzi rovnakým mestským párom a zistili, že efektívna konkurencia medzi vzdušnou a HSR dopravou nastáva v rozmedzí 200 až 800 km, rovnako ako Kroes a Savelberg (28). Okrem toho ešte považujú HSR za konkurencieschopnú náhradu leteckej dopravy pri cestách trvajúcich od dvoch do šiestich hodín.

V odbornej literatúre sa vyskytujú aj názory, že ciele obmedzovanie krátkych letov prispieje k zníženiu vplyvu leteckej dopravy na klímu len veľmi málo, a že politické iniciatívy, ktoré sa zameriavajú na krátke lety by sa mali zameriavať na lety dlhšie. Štúdia, ktorú vykonali Dobruszkes et al. (10) hovorí, že lety kratšie ako 500 km predstavujú 27,9 % odletov, ale iba 5,9 % spáleného paliva. Naopak, lety dlhšie ako 4000 km predstavujú 6,2 % odletov, ale až 47 % spáleného paliva, hoci s výraznými rozdielmi v jednotlivých krajinách.

V súčasnosti je z environmentálneho hľadiska rozhodujúca trhová štruktúra konkurenčných alebo kooperujúcich druhov dopravy (akými sú HSR a letecká doprava). Existujú štúdie odhadujúce environmentálne prínosy otvorenia nových HSR tratí alebo modernizácie existujúcich tratí (16, 33, 34). Zavedenie nových služieb HSR však nemusí nevyhnutne viesť k celkovým environmentálnym výhodám. Ak sa v analýze životného cyklu oboch rozoberaných dopravných módov zohľadnia aj iné fázy ako samotná prevádzka, predovšetkým výstavba, údržba a likvidácia, môže sa čistý vplyv tejto substitúcie na životné prostredie výrazne líšiť. Napríklad Westin a Kågeson (35) odhadujú objem presmerovania dopravy z iných druhov dopravy potrebný na kompenzáciu emisií vyprodukovaných z výstavby novej 500 km dlhej HSR trate na minimálne 10 miliónov jednosmerných ciest ročne. Vzhľadom na novosť tejto diskusie a nedostatok empirických štúdií skúmajúcich túto tému sa nakoniec pri posudzovaní podmienok, za ktorých by každý z týchto dvoch dopravných módov mohol byť vhodnejší, objavujú zmiešané a nejasné dôkazy.

Aj keď letecká doprava významne prispieva k uhlíkovým emisiám, prináša významné výhody z hľadiska regionálnej dostupnosti. Najmä v prípade odľahlých a periférnych oblastí s nízkou



hustotou obyvateľstva a relatívne nedostatočne rozvinutými pozemnými dopravnými systémami, zabezpečuje existencia letísk a leteckých dopravných služieb dostatočnú dostupnosť (36).

1.2 Dôvody potreby short-haul letov

Pri presnej definícii výrazu short-haul, alebo inak letov na krátku vzdialenosť, sa v odbornej literatúre nenachádza zhoda. Podľa Rodrigue a Bowen (37) pre short-haul lety platí hranica 1 000 km alebo 2 hodiny letu, podľa Baumeister a Leung (14) je hranica len vzdialenosť a to 1 000 km, EUROCONTROL definuje short-haul hranicu na 1 500 km, ICAO (International Civil Aviation Organization) zas 1 200 NM (2 222 km), atď. Definovanie letov, ktoré sú ešte kratšie, a teda aj základom pre túto prácu sa javí byť ešte náročnejšie. Zatiaľ čo niektorí autori sa zameriavajú na „ultra“ dlhé letecké služby (ang. ultra long-haul) a prinášajú rôznorodé definície, na „ultra“, „veľmi“ alebo „super“ krátke lety sa zameriava ešte menej pozornosti, než na už spomínané short-haul trasy, a tak ešte nevznikla priama zhoda v ich definícii. K definícii týchto super krátkych letov sa priblížili Filippone a Parkes (38), ktorý definujú tzv. „commuter flights“ ako lety kratšie než 556 km a „very short flights“ ako lety o vzdialenosti 185-278 km. Pri zvažovaní účelu tejto práce sa javí ako najvhodnejšie použiť kritériá, ktoré sa vládne organizácie či verejné orgány rozhodli uplatniť pri obmedzovaní letov. Týmto kritériom nie je nič iné ako čas cestovania náhradnou, železničnou dopravou. V tabuľke 2 je možné vidieť vzdialenosti medzi najviac letecky obmedzenými mestskými párami v Rakúsku a Francúzsku spolu s málo dostupnou definíciou super krátkych letov. Vďaka tomuto postupu sa rozsah vzdialeností super krátkych letov zvyšuje až na 491 km. V rámci kontextu tejto práce tak autor definuje super short haul lety ako lety medzi mestskými párami, ktorých vzájomná vzdialenosť je menej ako 500 km, a to na základe Dobruszkes et al. (10).

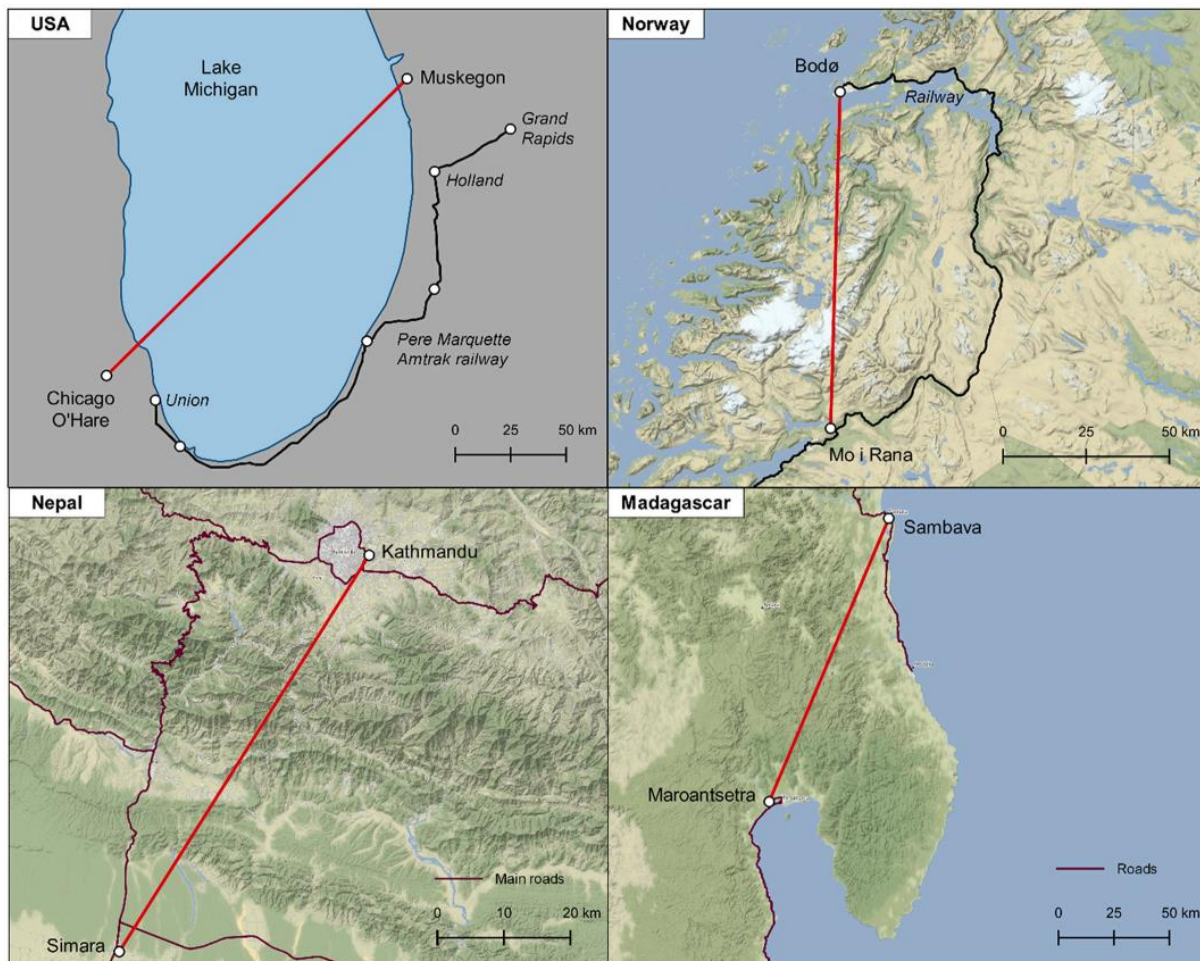
Tabuľka 2: Potenciálne definície super krátkych letov (10)

Zdroj	Označenie	Kritériá
FilipponeParkes, 2021 (38)	Commuter flights	< 556 km
FilipponeParkes, 2021 (38)	Very short flights	185-278 km
Rakúsky zákon	Železničná alternatíva kratšia než 3 h	trate obmedzené na základe časového prahu (2018): Viedeň-Graz (150 km), Viedeň-Salzburg (267 km)
Francúzsky zákon	Železničná alternatíva kratšia než 2,5 h	trate obmedzené na základe časového prahu (2018): Lyon-Clermont (148 km), Paris Orly-Nantes (343 km), Paris Orly-Lyon (389 km), Paris CDG-Lyon (410 km), Paris Orly-Bordeaux (491 km)



Fyzické obmedzenia a nedostatočné pozemné alternatívy

Jeden z najčastejších dôvodov k prevádzkovaní super krátkych letov súvisí s nepriaznivou fyzickou geografiou, a to v rozsahu, kde pozemná doprava nie je účinná alebo dokonca ani neexistuje. Typickým príkladom sú napríklad ostrovy, kde sú lety častokrát efektívnejšie ako plavba loďou medzi ostrovmi, a to aj v prípade kedy sú ostrovy viac-menej blízko seba. Vzhľadom na výhody, ktoré ponúka lodná doprava, môžu letecké a námorné trasy existovať súčasne. V konkurencii s leteckou dopravou sú lode často ekonomicky výhodnejšie a umožňujú prepravu väčšieho nákladu, vrátane áut a kamiónov, bez potreby predošlej rezervácie miesta. Medzi rôzne fyzické prekážky patria aj reliéf krajiny, jazerá, fjordy či ústia riek. V týchto prípadoch môže byť letecká doprava lepšou možnosťou, ako sa vyhnúť komplikovanejším možnostiam pozemnej dopravy. Netreba však zabúdať na to, že aj letecká doprava môže byť a aj je častokrát obmedzená týmito prekážkami, ktoré prinášajú potrebu optimalizácie trasy letu (39). Na obrázku 1 je možné vidieť názorné ukážky super krátkych letov z dôvodu fyzických prekážok. Z obrázku sa dá jednoducho vysledovať, že cestná či železničná doprava môžu byť v dôsledku týchto prekážok viacnásobne predĺžené, kedy sú vedené napríklad údoliami, kde sa snažia vyhnúť horským masívom, alebo kvôli snahe vyhnúť sa nákladným stavbám ako sú mosty, tunely či cesty s veľkým sklonom, čo prináša zvýšený počet zákrut a teda celkovému predĺženiu cesty.



Obrázok 1: Globálne príklady super krátkych letov prevádzkovaných z dôvodu fyzických obmedzení (10)

Komerčné dôvody

Okrem prípadov neodstrániteľných fyzických obmedzení či nevhodných možností povrchu však existujú aj prípady, kedy krátke lety pokračujú v prevádzke a často sú nenahraditeľné aj napriek existencii HSR. Mnoho kritikov (Flygskam, a ďalšie hnutia za spomalenie klimatickej zmeny) sa vyjadruje, že tieto lety sú zbytočné a predstavujú neodôvodnenú záťaž pre životné prostredie. Napríklad hovorca nemeckej environmentálnej organizácie BUND v rozhovore uviedol, že je „úplne nepochopiteľné, prečo sú ultra short-haul lety (kratšie ako 600 km) vôbec povolené, vzhľadom na klimatickú krízu“ (40). Aj keď sú super krátke lety označované za zbytočné a škodlivé pre životné prostredie, ich prevádzka na liberalizovanom trhu naznačuje, že po týchto letoch existuje dostatočný dopyt pasažierov, ktorý umožňuje leteckým spoločnostiam získavať finančné benefity z týchto letov.

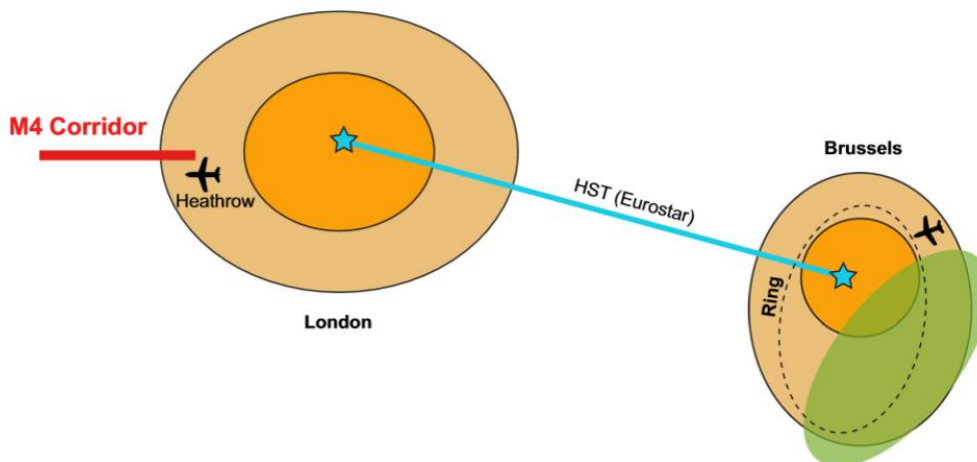


Niektoré letecké spoločnosti prevádzkujú super krátke lety s cieľom podporiť svoje dopravné uzly (pozn. Hub transfers). V rámci týchto dopravných uzlov a stratégií leteckých spoločností je bežné, že prepojujú lety s rôznymi vzdialenosťami. Aj keď sú železničné možnosti často pohodlnejšie na cestovanie medzi dvoma centrami miest a majú schopnosť obmedziť letecké služby na krátkych trasách (7), niektoré letecké spojenia sa v tejto konkurencii vedia jednoducho brániť tým, že poskytujú spojenie na uzlové letiská. Vynikajúcim príkladom tohto typu je hlavné mesto Belgicka, Brusel. Mesto je vysokorýchlostnou železnicou prepojené s viacerými veľkými mestami v okolí, vrátane Londýna, Paríža, Frankfurtu a Amsterdamu, ktoré všetky disponujú aj uzlovými letiskami veľkých leteckých dopravcov ako British Airways, resp. Air France, Lufthansa či KLM. Je dôležité poznamenať, že pri cestovaní cez uzlové letiská môže byť služba vzduch-vzduch nakoniec lacnejšia, plynulejšia, rýchlejšia a s lepším časovým harmonogramom, než možnosti kombinujúce železnicu a let a to v závislosti od stupňa integrácie HSR a leteckej dopravy (41). Celkovo je objem leteckých služieb na týchto super krátkych trasách (156-349 km), aj napriek krátkej vzdialenosti a efektívnym železničným alternatívam, stále významný.

Podľa Martín et al. (42), relatívne výhody cestovania prostredníctvom HSR oproti leteckej doprave kriticky závisia od skutočného miesta počiatku a cieľa cesty (pr. centrum mesta, predmestie a pod.) cestujúcich v porovnaní s relatívnou polohou letiskových terminálov. V prípade, kedy pasažieri požadujú spojenie medzi dvoma centrami miest a železničné stanice sú situované takisto v centre, tak by pravdepodobne títo pasažieri uprednostnili rýchlovlak pred leteckým spojením, čím skrátiť dobu príchodu či odchodu na odľahlé letisko a čas takisto ušetrí vyhnutím sa odbavovaciemu procesu typickým pre leteckú dopravu. Ak však pasažieri smerujú z/do oblastí, ktoré sú lepšie obsluhované letiskami, než železničnými stanicami (pr. predmestia, priemyselné parky na perifériách miest), tak letecké spojenie môže byť preferovanou voľbou týchto pasažierov. Ako príklad pre tieto periférne prípady, kedy je letisko prístupnejšie a vhodnejšia voľba, je vhodné uviesť mestský pár Londýn-Brusel. Na obrázku 2 je možné vidieť, že v Londýne sa určité komerčné aktivity nachádzajú v blízkosti koridoru M4, známeho aj ako „English Silicon Valley“, ktorý je oveľa bližšie k letisku Heathrow, ako k stanici St. Pancras v centre Londýna. V Bruseli sa zas v blízkosti letiska nachádzajú tzv. „green suburbs“, husto obývané predmestia, ponúkajúce vysokú a komfortnú úroveň života, z ktorých je jednoduchšie cestovať na letisko ako na HSR stanicu, situovanú v centre mesta. To znamená, že nie všetci pasažieri vyhľadávajú cestu z centra mesta do ďalšieho centra mesta, a teda nie každý dáva nutne prednosť železničnej doprave. V neposlednom rade je dôležité poznamenať to, že niektoré HSR služby, ako napríklad HSR spoločnosť Eurostar, prevádzkovaná v Eurotuneli prechádzajúcim



cez Lamanšský prieliv, vyžadujú dlhší čas odbavenia cestujúcich z dôvodu bezpečnostných či colných kontrol.



Obrázok 2: Poloha letísk, staníc a významných priemyselných oblastí, Londýn-Brusel (7)

Ďalším dôvodom pre super krátke lety môžu byť kombinované lety leteckých spoločností s cieľom dosiahnuť ich vyšší load factor a vyššiu efektivitu. Letecká spoločnosť tak môže namiesto dvoch paralelných letov s malou obsadenosťou usporiadať prevádzku medzi tri letiská tak, že vznikne letový trojuholník. Obrázok 3 ukazuje obdobné prípady kombinovaných letov. V Austrálii prevádzkuje letecká spoločnosť Regional Express lety, prepájajúce hlavné mesto Sydney s dvoma párami menších miest, ktoré by samostatne pravdepodobne nenaplnili ani 34-sedadlové lietadlá Saab 340, operujúce na tejto trati. Zdieľanie letov existuje aj v kontexte väčších miest, ako napríklad na trase Brusel (Belgicko) – Dakar (Senegal) – Banjul (Gambia), kde je vzdialenosť medzi dvoma africkými letiskami iba 154 km. Zmienená trasa je obsluhovaná spoločnosťou Brussels Airlines lietadlom Airbus A333 s kapacitou 285 cestujúcich, ktoré je zrejme ťažké obsadiť malým trhom, akým je Belgicko. Ďalší príklad predstavuje spojenie medzi holandskými mestami Groningen a Eindhoven a známym tureckým letoviskom - Antalyou. Groningen i Eindhoven sú malé mestá mimo oblasti Amsterdamu. Letecká spoločnosť Corendon, obsluhujúca prevažne voľnočasových pasažierov (ang. leisure), zlúčila tieto dve mestá do jednej trasy, vďaka čomu sa cestujúci môžu vyhnúť pomerne dlhému cestovaniu na väčšie letisko, akým je Schiphol v Amsterdame.



Obrázok 3: Super krátky lety operujúce z dôvodu zdieľania letov (10)

Politické dôvody

Pri politických dôvodoch pre super krátke lety, je dôležité poznamenať, že tieto lety existujú len vďaka podpore verejných orgánov prostredníctvom rôznych programov, ako napríklad Public Service Obligations v rámci Európskej Únie alebo Essential Air Service v USA. Ich cieľom je obvykle zlepšenie konektivity odľahlých či izolovaných obcí alebo komunít. Pre zhrnutie, super krátke lety existujú z dôvodov ako prírodných (fyzické obmedzenia) tak obchodných, pričom



prírodné dôvody často súvisia s politickými cieľmi sprístupniť odľahlé oblasti a ponúknuť klientom rýchlejšie alebo komfortnejšie spojenie.

1.3 Prehľad leteckej spotreby paliva vs. preletenej vzdialenosti

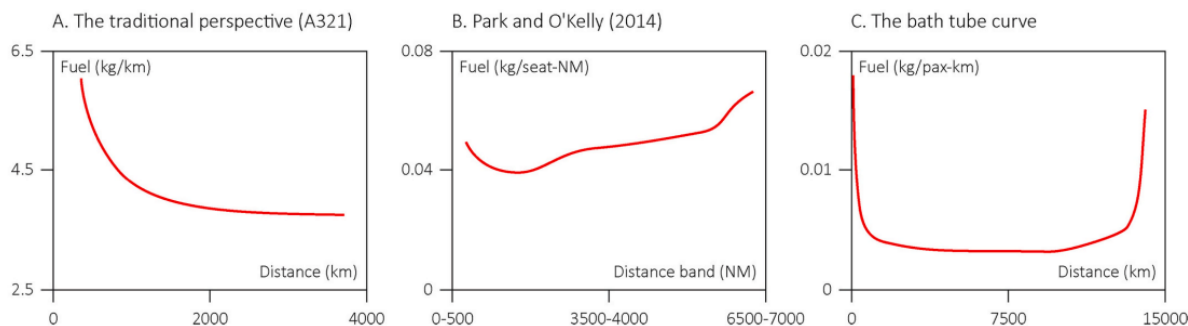
V akademickom prostredí sa čoraz viac diskutuje o spotrebe paliva a dopade leteckej dopravy na životné prostredie a jej dopade na klimatickú zmenu. Doterajšie existujúce publikácie sa buď zameriavajú na globálne hodnotenie vplyvu leteckej dopravy na klimatickú zmenu alebo prijímajú viac rozptýlený prístup, s cieľom pochopiť úlohu rôznych parametrov na úrovni samotného letu, leteckej spoločnosti či typu lietadla. Spotreba paliva a palivová účinnosť závisí od viacerých faktorov, a každý z týchto faktorov by mal byť ideálne zohľadnený za rovnakých podmienok (43). Táto sekcia je však zameraná iba na jeden kľúčový faktor pri spaľovaní paliva a to vplyv vzdialenosti letu. Účinnosť alebo efektívnosť spaľovania paliva v leteckej doprave je takisto pomerne širokou témou v akademických a vedeckých kruhoch. V prípade, kedy sa autori štúdií zameriavajú len alebo hlavne na short a medium-haul trh, je častým zistením to, že množstvo paliva na prepravu jedného pasažiera na jeden preletený kilometer (osobo-kilometer, skr. pkm) klesá (palivová účinnosť sa zvyšuje) s nárastom preletenej vzdialenosti (44). Priebeh krivky je možné vidieť na obrázku 4-A. Väčšina autorov, ktorí sa zaoberali touto témou na úrovni leteckých spoločností, dosiahla podobné výsledky. Klasické vysvetlenie tohto faktu spočíva v tom, že cykly pristátia a vzletu spotrebúvajú v priemere viac paliva na preletenú vzdialenosť než ostatné fázy letu, ako napríklad samotný traťový let (ang. cruise). Je zrejmé, že cykly vzletu a pristátia tvoria väčší podiel prevádzkovej doby lietadla pri krátkych letoch než pri letoch dlhších. Z výskumu Zou et al. (45), vykonaného v Spojených Štátoch Amerických však vzišlo opačné zistenie; viac spáleného paliva na osobo-km pri náraste vzdialenosti. Toto zistenie autori vysvetľujú tým, že kapacita lietadiel v ich skúmanej vzorke bola nižšia pri long-haul letoch.

Ďalší výskum, ktorý vykonali Park a O'Kelly (46), zameraný na úroveň jednotlivých leteckých trás a s globálnou vzorkou, ktorá obsahovala krátke, stredné a dlhé trasy, ukázal, že množstvo spáleného paliva na preletenú vzdialenosť sa najprv s nárastom vzdialenosti letu znižuje a neskôr opäť narastá. Daný prípad je zobrazený na obrázku 4-B. Na vysvetlenie existujú dva dôvody. Po prvé, letecké spoločnosti ponúkajú pri letoch na dlhé vzdialenosti lietadlá, ktoré vo svojej konfigurácii obsahujú prémiové triedy. To výrazne znižuje kapacitu lietadla, no neznižuje (v rovnakej proporcii) množstvo spáleného paliva. Druhým faktorom ovplyvňujúcim spotrebu paliva je, že s nárastom preletenej vzdialenosti sa tiež zvyšuje množstvo paliva potrebného na vykonanie letu, čo priamo vedie k zvýšeniu hmotnosti paliva a tým aj k zvýšeniu spotreby paliva. Taktiež, ak sa preletená vzdialenosť približuje k maximálnemu možnému doletu daného typu



lietadla, môže účinnosť letu výrazne klesnúť. V prípade plnej obsadenosti lietadla na long-haul operácii totiž môže byť potrebné nabrať na palubu také množstvo paliva, ktoré by s plnou obsadenosťou lietadla mohlo viesť k prekročeniu maximálnej vzletovej hmotnosti (ang. Maximum Take-Off Weight, skr. MTOW). Dôsledkom toho vzniká potreba leteckej spoločnosti obmedziť svoje užitočné zaťaženie (ang. Payload) ktorého súčasťou sú aj pasažieri, aby bola dodržaná MTOW, takže samotný let je menej palivovo efektívny než pri dopravných reláciách na pomerne kratších vzdialenostiach (47). Výsledkom je priebeh grafu spáleného paliva v podobe tzv. vaňovej krivky, vykazujúci exponenciálny nárast spotreby paliva na osobo-km pre lety dlhšie ako približne 5 000 km pre Airbus A320, 13 000 km pre Boeing 777-300ER a 14 000 km pre typ Airbus A350-1000 (47). Podobne ako pri predošlých prípadoch, krivku efektivity je možné vidieť na obrázku X-4C. Ak sa pozrieme na absolútnu spotrebu paliva, je zrejmé, že pre daný typ lietadla je spotrebované množstvo paliva tým väčšie, čím väčšia je vzdialenosť letu. Tento fakt jednoznačne vo svojom výskume potvrdzuje aj Turgut et al. (44).

Pre zhrnutie, spotreba paliva na jeden osobo-km klesá s nárastom preletenej vzdialenosti, no existujú situácie kedy opäť stúpa (pr. kvôli zvyšovaniu komfortu cestujúcich a pri približovaní sa maximálnemu doletu lietadla, kedy sa zvyšuje hmotnosť potrebného paliva). Na druhej strane sa absolútna spotreba paliva zvyšuje s dĺžkou letu približne lineárne, čiže zjednodušene povedané, čím dlhší let, tým viac spotrebovaného paliva.



Obrázok 4: Porovnanie spomínaných modelov palivovej účinnosti oproti preletenej vzdialenosti (10)

1.4 Vplyv leteckej dopravy na životné prostredie

Počiatky termínu Flygskam (ang. flight shame) sú spojené s názorom, že letecká doprava prispieva ku klimatickej zmene prostredníctvom uhlíkových emisií. Samotné hnutie leteckého zahanbovania predpokladá, že letecká doprava je významným zdrojom týchto emisií a obmedzenie počtu letov by mohlo výrazne prispieť k ich zníženiu a spomaleniu globálneho



oteplňovania (49). V skutočnosti sa však v rámci štúdií týkajúcich sa prínosu emisiám oxidu uhličitého leteckou dopravou vyskytuje nie málo odlišná realita. Najaktuálnejšie prínosy z odbornej literatúry, zaoberajúce sa dopravou, ochranou životného prostredia či energetikou uvádzajú, že podiel leteckej dopravy na globálnej úrovni uhlíkových emisií sa pohybuje v rozmedzí 2 až 3 % (49, 50, 51).

Aj keď bola medzi odborníkmi dosiahnutá zhoda v súvislosti s prínosom uhlíkových emisií leteckou dopravou, do popredia sa stále čoraz viac dostáva téma ohľadne nutnosti zohľadniť pri výskumoch aj tzv. neuhlíkové efekty leteckej dopravy. Neuhlíkovými efektmi alebo dopadmi na klimatickú zmenu, ktoré vznikajú emisiami z motorov lietadiel obsahujúcich oxidy dusíka, sadze, oxidované zlúčeniny síry a vodnú paru. Aj tieto častice ovplyvňujú otepľovanie klímy. Jednotlivé neuhlíkové emisie produkované leteckou dopravou však majú odlišné účinky otepľovania a ochladzovania a podliehajú rôznymi stupňami neistoty (52). V článku, ktorý vydal Larsson et al. (51) autor uvádza, že vzhľadom na najnovšie príspevky niektorých odborníkov, ak by sa zohľadnili neuhlíkové efekty, tak by letecký priemysel mohol zodpovedať za až 5 % ekvivalentu uhlíkových emisií. Lee et al. (53) vo svojej analýze odhalili, že pri zohľadnení uhlíkových a neuhlíkových účinkov by sa podiel leteckej dopravy na ekvivalente uhlíkových emisií zvýšil na 3,5 %. Zbytok práce sa však, práve vďaka nie úplnej zhode medzi odborníkmi, neuhlíkovými efektmi zaoberať nebude.

1.5 Snahy leteckého priemyslu o zníženie vplyvu na životné prostredie

Okrem hodnotenia podielu leteckej dopravy na globálnych emisiách uhlíka, je pre lepšie pochopenie dôležité posúdiť aj vývoj tohto odvetvia v posledných desaťročiach. Podľa štatistík Medzinárodnej energetickej agentúry (International Energy Agency) a Svetovej banky (World Bank) vzrástol v období rokov 2000 až 2018 počet pasažierov leteckej dopravy o 153 %, zatiaľ čo emisie uhlíka sa zvýšili o 28,5 % (54, 55). Došlo teda k nárastu absolútnej hodnoty emisií uhlíka. Z hľadiska relatívnej hodnoty sa však uhlíkové emisie produkované leteckou dopravou na jedného prepraveného pasažiera medzi rokmi 2000-2018 výrazne znížili. Francúzsky úrad pre civilné letectvo poskytuje pre rovnaké obdobie, medzi rokmi 2000 až 2018, podrobnejšie štatistiky týkajúce sa emisií uhlíka a prepravených cestujúcich vo Francúzsku a z ich štatistík vyplýva, že emisie uhlíka na pasažiera sa za posledných 19 rokov znížili o 28% (56). Mnohým leteckým spoločnostiam sa podarilo znížiť emisie uhlíka na jedného prepraveného pasažiera, avšak znížiť absolútnu hodnotu emisií uhlíka sa podarilo len malému počtu leteckých spoločností. Napríklad



skupine Air France-KLM sa v období rokov 2005 až 2018 podarilo znížiť absolútnu hodnotu emisií uhlíka o 7 % a zároveň zvýšiť počet prepravených cestujúcich o viac ako 20 % (57).

Toto zníženie, minimálne aspoň v relatívnej hodnote, je výsledkom opatrení prijatých všetkými účastníkmi odvetvia leteckej dopravy. Pokiaľ ide o inštitúcie či už na celosvetovej alebo európskej úrovni, začlenenie činností leteckej dopravy do systému EU ETS v roku 2012 alebo zavedenie systému CORSIA (Program kompenzácie a znižovania emisií oxidu uhličitého v medzinárodnom civilnom letectve) Medzinárodnou organizáciou civilného letectva (ICAO) v roku 2016, prispelo k vytvoreniu finančného tlaku na letecké spoločnosti aby výrazne znížili svoje emisie uhlíka (51). Hoci tieto politické opatrenia priamo neznižujú uhlíkové emisie, nútia letecké spoločnosti udržiavať uhlíkovo neutrálny rast, inak by museli získavať kvóty od iných leteckých spoločností.

Výrobcom lietadiel sa podarilo v posledných dekádach výrazne zlepšiť energetickú účinnosť lietadiel, pričom sa čoraz viac spoliehajú na kompozitné materiály (58, 59). Okrem toho väčšie lietadlá s vyššou hustotou sedadiel tiež prispievajú k zníženiu emisií na osobo-km, keďže v tom istom lietadle je prepravených viac cestujúcich (46). V dôsledku toho sa u najnovších generácií lietadiel výrazne zlepšila palivová účinnosť, pričom spotreba paliva najnovších lietadiel, ako sú A320neo, A330neo, A350 a B787, je 2 až 3 litre na 100 osobo-km (inak povedané, spotreba na jedného cestujúceho na 100 km). Aj keď sú samotné letecké spoločnosti závislé od technologických vylepšení výrobcov, môžu svoju prevádzku prispôsobiť tak, aby znížili svoju environmentálnu stopu používaním udržateľných biopalív (ang. Sustainable Biofuels) (60), zavedením postupu rolovania s jedným motorom (61), optimalizáciou svojich trajektórií a letových dráh (62) alebo vypracovaním ponúk pre kompenzáciu emisií uhlíka pre pasažierov (63).

Je taktiež vhodné poznamenať, že hoci sa letiská podieľajú na menej ako 5 % emisií z leteckej dopravy, tak mnohé z nich prijali rôzne iniciatívy na zníženie svojej environmentálnej stopy (64). Vďaka podpore Medzinárodnej rady letísk (Airports Council International), sa rôzne letiská pokúsili znížiť svoje emisie optimalizáciou postupov pre rolovanie (65), ponukou alternatív na zníženie emisií pomocnej motorovej jednotky (ang. auxiliary power unit - APU) prostredníctvom vývoja pozemných energetických zdrojov (generátorov, ang. ground power unit - GPU) (66), či dokonca výmenou existujúceho osvetlenia za osvetlenie typu LED (67).

Ako poukázal Becken a Pant (68), väčšina z týchto opatrení má len obmedzený vplyv na emisie uhlíka a každé z nich tieto emisie znižuje len o niekoľko percent. Kombinácia všetkých týchto opatrení prijatých rôznymi účastníkmi prevádzky leteckej dopravy však prispela k výraznému zníženiu emisií oxidu uhličitého na jedného pasažiera tohto dopravného sektoru. Napriek tomu,



že len niekoľkým leteckým spoločnostiam sa podarilo znížiť uhlíkové emisie v absolútnej hodnote, väčšina úsilia tohto odvetvia o obmedzenie daných emisií nepriniesla dostatočné výsledky na to, aby kompenzovala značný nárast leteckej dopravy.

Jednou z najväčších výziev, ktorým čelí odvetvie leteckej dopravy v súvislosti s jeho environmentálnou stopou, je jeho očakávaný budúci rast. Napriek nedávnomu dočasnému spomaleniu rastu v dôsledku celosvetovej pandémie COVID-19 sa očakáva, že letecká doprava bude v nasledujúcich desaťročiach naďalej výrazne rásť. Hoci sa tento budúci nárast, pokiaľ ide o pasažierov, považuje za pozitívny prínos pre letecké spoločnosti, môže tiež prevýšiť veľkú časť ich úsilia o obmedzenie emisií uhlíka (69).

V zostávajúcej časti tejto práce sa však autor zameriava na súčasné emisie uhlíka, a to z troch hlavných dôvodov. Po prvé, všetky dlhodobé prognostické modely, ktoré sa vyskytujú a používajú v sektore leteckej dopravy, sú založené na hypotézach „business as usual“, čiže pracujú s aktuálnymi dátami a sťažka sú schopné predpovedať dôležité externé udalosti, ako napríklad epidémiu COVID-19, ktorými môžu byť tieto prognózy silne narušené (70). Spoliehať sa na tieto prognózy pri skúmaní budúcnosti emisií uhlíka v leteckej doprave tak môže byť riskantné a môže viesť k neistým hodnotám. Po druhé, ako vo svojej práci zdôraznili Terrenoire et al. (71), rôzne scenáre rastu leteckej dopravy a emisií uhlíka vychádzajú ako z vývoja leteckej dopravy, tak aj z rozhodnutí leteckých spoločností a národných vlád. A práve z dôvodu viacerých účastníkov v rozhodovaní o nových postupoch či opatreniach, sa stáva ešte náročnejším zmerať budúce emisie uhlíka z leteckej dopravy s rovnakou mierou istoty ako pri meraní súčasných emisií. Po tretie, a zároveň v duchu predchádzajúceho argumentu, neistota týkajúca sa vývoja uhlíkových emisií produkovaných leteckou dopravou je spojená s neistotou týkajúcou sa rovnakých emisií z iných odvetví. V dôsledku toho sa ukazuje meranie budúceho percentuálneho podielu leteckej dopravy na globálnych emisiách uhlíka ako veľmi náročné, keďže budúce uhlíkové emisie z leteckej dopravy a emisie uhlíka z iných priemyselných odvetví nemožno presne predpovedať.

1.6 Vysokorýchlostná železničná doprava v Európe

Vysokorýchlostné železničné trate sú tie trate alebo úseky tratí, na ktorých môžu železničné súpravy v určitom bode cesty jazdiť rýchlejšie ako 250 km/h, s výnimkou HSR v Rakúsku, ktorých rýchlosť je obmedzená na 230 km/h (72). Za počiatky nápadov výstavby infraštruktúry a prevádzky vysokorýchlostnej železničnej dopravy v Európe možno považovať ropnú krízu v 70 rokoch 20. storočia, kedy bolo počas arabsko-izraelskej vojny v roku 1973 uvalené ropné embargo proti Spojeným Štátom Americkým, kvôli ich podpore Izraelu. Arabské krajiny, ktoré sú súčasťou



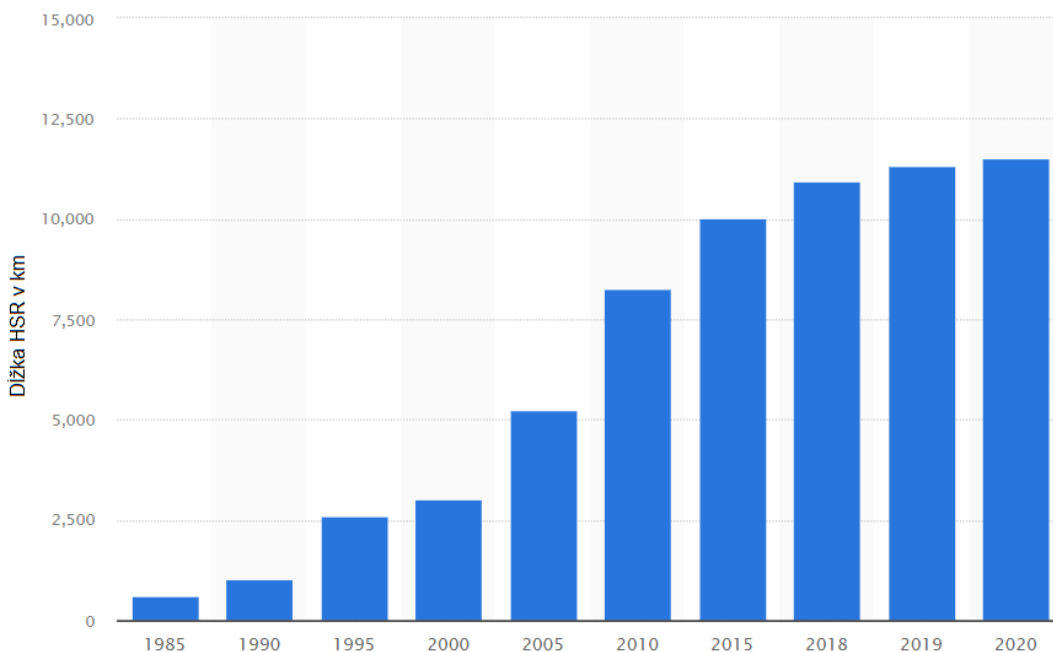
organizácie OPEC (Organization of Petroleum Exporting Countries) však uvalili embargo aj na ďalšie krajiny, podporujúce opozičnú stranu, vrátane Holandska a Portugalska (73). Vtedajšia energetická závislosť Európy ohrozovala intra-kontinentálnu mobilitu, preto niekoľko členských štátov začalo premýšľať o bezpečnom, rýchlom, pohodlnom a ekologickom spôsobe dopravy, a to práve v podobe vysokorýchlostných železníc. Prvou európskou krajinou, ktorá spustila prevádzku vysokorýchlostnej železnice bolo Taliansko, kde bola v roku 1977 otvorená prvá trať z Florencie do Ríma. Len krátko na to sa pripojilo Francúzsko, ktoré otvorilo svoje vlastné HSR linky s dnes už známym názvom „Trains à Grande Vitesse“, čiže TGV. K inaugurácii tohto typu dopravy sa postupne začiatkom 90. rokov 20. storočia pridalo Nemecko so svojimi vlakmi „Intercity Express“ (ICE) a v roku 1992 aj Španielsko s HSR vlakmi značenými ako „Alta Velocidad Española“ (AVE). Služba Eurostar, spájajúca Paríž a Londýn prevádzkovaná cez The Channel Tunnel (tiež známy ako Eurotunnel) v Lamanšskom prielive bola spustená v roku 1994 (74). Vzhľadom na rané zavedenie HSR vo Francúzsku a jeho centrálnu polohu medzi Pyrenejským polostrovom, Britskými ostrovmi a strednou Európou bola väčšina ostatných vysokorýchlostných železničných tratí v Európe postavená na základe francúzskych noriem, ako pre rýchlosť, tak aj pre elektrické napätie a signalizáciu, avšak s výnimkou Nemecka, ktoré trate konštruovalo podľa vlastných, nemeckých železničných noriem. V nasledujúcich rokoch vybuďovalo niekoľko ďalších európskych krajín rozsiahle HSR siete, zahŕňajúce viacero cezhraničných medzinárodných spojení. Trate sa aj naďalej budujú a modernizujú podľa medzinárodných noriem, čím sa sieť vysokorýchlostných železníc stále rozširuje. Aktuálne je taktiež vo výstavbe medzinárodné spojenie tohto typu medzi Talianskom a Francúzskom s možnosťou pripojovacích spojov do Švajčiarska, Rakúska a Slovinska. V roku 2015 schválila Európska Únia finančné prostriedky na výstavbu tejto vysokorýchlostnej železnice medzi mestským párom Turín-Lyon (približne 25 mld.€).

V roku 2007 vzniklo konzorcium európskych železničných operátorov, s názvom Railteam, ktoré cieľom je koordinácia a podpora cezhraničnej HSR dopravy. Rozvoj trans-európskej HSR siete je deklarovaným cieľom Európskej Únie a taktiež väčšina cezhraničných železničných tratí je financovaná z prostriedkov EÚ. (74).

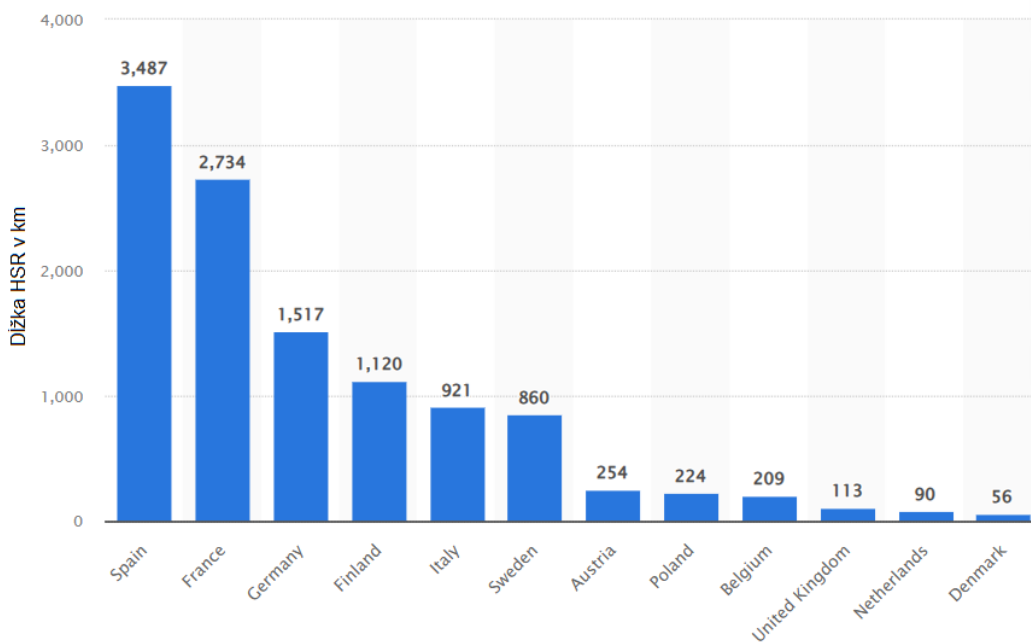
Podľa portálu Statista, bolo v roku 2020, v krajinách EU-27, spustených do prevádzky už 11 526 km vysokorýchlostných železničných tratí (75). Postupný nárast počtu kilometrov siete HSR v Európe od roku 1985 do 2020 je možné vidieť na obrázku 5. V roku 2020 bolo krajinou s najdlhšou prevádzkovanou HSR sieťou Španielsko s celkovou dĺžkou 3 487 km. Nasledovalo Francúzsko a Nemecko, kde sa dĺžka HSR tratí vyšplhala na 2 734, respektíve 1571 km.



Najkratšiu sieť vysokorychlostných tratí spomedzi týchto krajín reportovalo Dánsko s dĺžkou 56 km. Rozdelenie týchto tratí v spomínaných a ďalších krajinách je možné vidieť na obrázku 6.



Obrázok 5: Celková dĺžka HSR siete v krajinách EU-27 v rokoch 1985-2020 (75)



Obrázok 6: Rozdelenie dĺžky tratí HSR v európskych krajinách v roku 2020 (72)



2. Metodológia práce

Jedným z prínosov tejto práce je tvorba koncepcií pre vybrané štáty, kde by mohlo v blízkej budúcnosti nastať obmedzenie vnútroštátnych leteckých spojov, z dôvodu spomalenia zmeny klímy. Ako už bolo rozoberané v analýze súčasného stavu, niekoľko krajín v Európe už zaviedlo obmedzenia v podobe zákazu či zdanenia krátkych či super krátkych letov (viď tabuľku 1). V súčasnej dobe, kedy sa kladie čoraz väčší dôraz na znižovanie environmentálneho efektu vo viacerých priemyselných sektoroch, je vhodné očakávať podobný postup aj v ďalších krajinách európskeho kontinentu. Orgány rozhodujúce o rôznych iniciatívach súvisiacich so znižovaním environmentálneho efektu leteckej dopravy sa, ako už bolo spomínané v kapitole súčasného stavu, aktuálne zameriavajú práve na tieto krátke lety a do popredia sa čoraz viac dostáva vysokorýchlostná železničná doprava, najmä vďaka svojej efektívnosti a kapacite.

Aj napriek neustálemu zlepšovaniu energetickej účinnosti leteckej dopravy sa celkové emisie CO₂ v tomto sektore sústavne zvyšujú (76) (mimo obdobia obmedzovania letov kvôli epidémii Covid-19). Dôležitú rolu nárastu celkových emisií hrajú nízko nákladové spoločnosti, vďaka ktorým je prístup k využívaniu leteckej dopravy dostupnejší pre väčší počet ľudí, a to najmä z ekonomického pohľadu. V odbornej literatúre sa uvádza, že letecká doprava má v porovnaní s ostatnými druhmi dopravy najvyššie emisie CO₂ na 1 osobo-km. Podľa štatistického portálu statistika bola v roku 2018 uhlíková stopa vnútroštátnych letov (do 1000 km) na 1 osobo-km v hodnote 255 g ekvivalentných uhlíkových emisií (77). Pre službu HSR má tento ukazovateľ priemernú hodnotu v Európe 27 g/pkm (Jones). Emisie z tohto sektora v súčasnosti predstavujú približne 2 až 3 % celkových globálnych emisií produkovaných ľudskou činnosťou (49, 50, 51), a 8 až 14 % emisií vyprodukovaných dopravným sektorom, takisto na globálnej úrovni (2,3,4). Dá sa očakávať, že tieto hodnoty budú v nasledujúcich rokoch naďalej rásť v dôsledku neustáleho zvyšovania dopytu po leteckých službách.

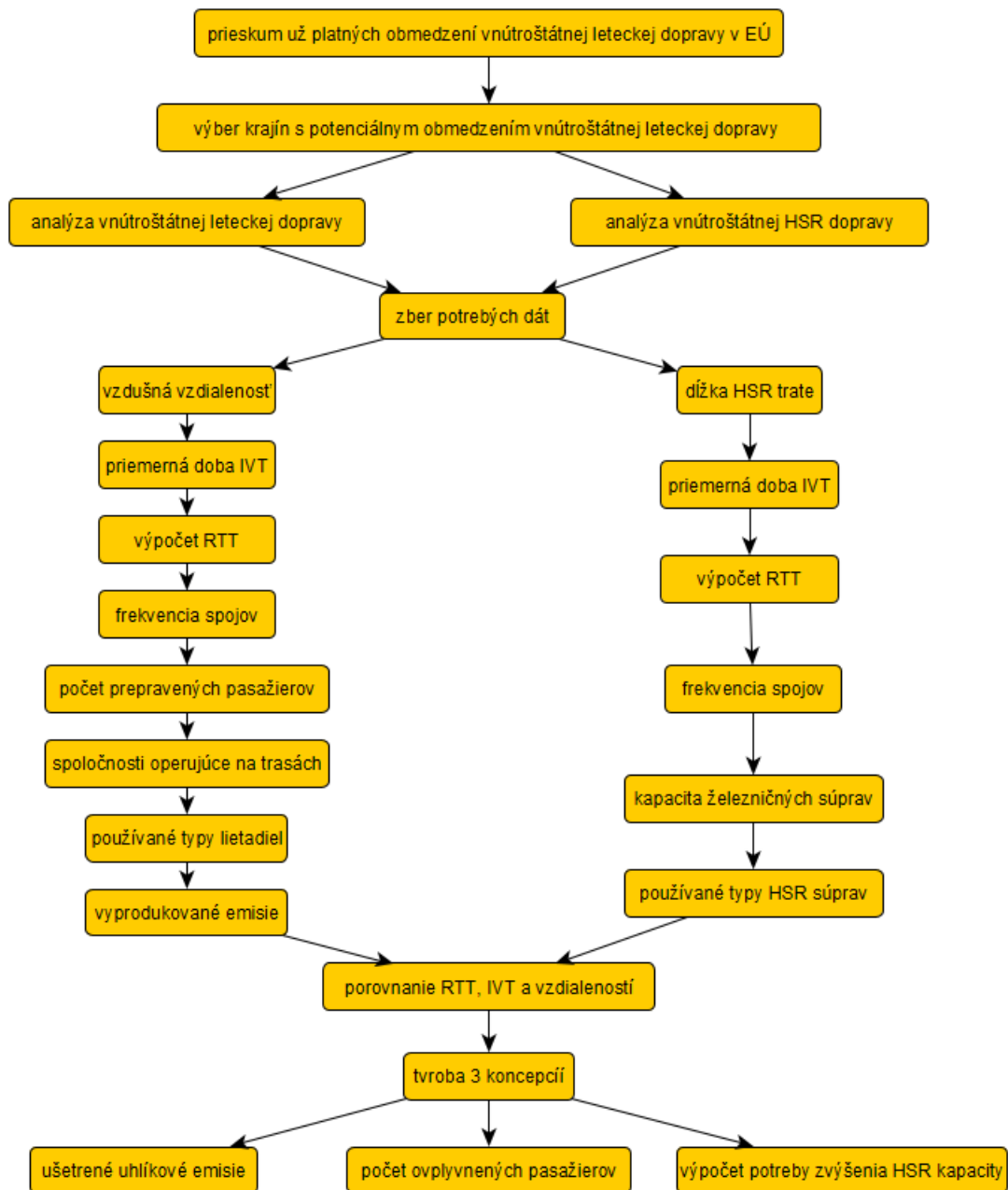
Za ďalšiu väčšiu slabinu leteckých služieb možno považovať zvýšené prevádzkové náklady. Podľa Medzinárodnej organizácie pre civilné letectvo (ICAO) boli priemerné náklady na jedno sedadlo za hodinu 13,34 USD (78). Po započítaní inflácie by táto hodnota v roku 2023 dosahovala hodnotu 16,43 USD (79). Avšak táto hodnota počíta len náklady spojené s posádkou, palivom, údržbou a vlastníctvom lietadla a nezahrňuje dodatočné zložky nákladov, ako sú služby pre cestujúcich na palube, transakcie spojené s nákupom leteniek, manipulácia s batožinou a pozemná údržba lietadiel.



Okrem nepriaznivých environmentálnych a ekonomických vplyvov je letecká doprava sprevádzaná aj viacerými výhodami, ktoré súvisia s rýchlosťou a konektivitou tohto typu dopravy. Letecké spoločnosti prepravujú ľudí a náklad rýchlo, bezpečne a do často odľahlých oblastí na celom svete. Počet jednotlivých subjektov, ktorý môžu ťažiť prospech z leteckej dopravy je značný; možnosť ľudí cestovať do takmer všetkých možných destinácií, vznik pracovných miest, ktoré letecká doprava vytvára ako priamo tak i nepriamo, sprístupnenie tovaru, podpora globálneho trhu a rýchle zabezpečenie požadovaného tovaru, zdravotnícka podpora v prípade prírodných katastrof, konfliktov či chorôb a v neposlednom rade podpora turizmu v rozvojových krajinách (80).

Rastúca popularita HSR je tiež podmienená mnohými výhodami plynúcimi z tohto módu dopravy. Predovšetkým v mestských oblastiach sa železnica vyznačuje vysokou kapacitou prepravy pasažierov, ktoré nemožno dosiahnuť žiadnym iným dopravným prostriedkom (81). Služby HSR sú prevádzkované podľa presne stanoveného cestovného poriadku a sú menej závislé od poveternostných podmienok v porovnaní s leteckými službami. Ďalej je z hľadiska cestujúcich možné využívať HSR služby spontánne a bez dlhých časov na odbavenie. Prevádzkovatelia tohto módu dopravy sú tiež do určitej miery schopní prispôsobiť kapacitu železničného systému podľa denných či sezónnych špičiek a mimo špičiek jednoduchým odobratím vozňov alebo zmenou frekvencie služieb.

Pri výbere krajín, pre ktoré sú v tejto práci vytvorené koncepcie po potenciálnom obmedzení vnútroštátnej leteckej dopravy, boli, a práve kvôli predchádzajúcim dôvodom a dôležitosti oboch módov, vybrané dva štáty s rozvinutými sieťami ako vysokorýchlostnej železničnej tak i leteckej dopravy. Za vhodných adeptov boli autorom vybrané krajiny Španielsko a Taliansko. Pre tieto dve krajiny boli samostatne vytvorené 3 scenáre. Scenár č. 1 zvažuje obmedzenie lietadiel na tých trasách, na ktorých LD neprináša významné časové úspory v reálnej dobe cestovania (ďalej ako RTT - Real Travel Time) z centra jedného mesta do centra druhého. Scenár č. 2 zvažuje obmedzenie lietadiel na tých trasách, kde existuje HSR spojenie kratšie ako 3 hodiny. Tento scenár je vybraný na základe už platných opatrení v Rakúsku. V tomto prípade autor neuvažuje RTT ale čas strávený vo vysokorýchlostnom železničnom prostriedku, tzv. čistá doba cestovania (ďalej ako IVT - In Vehicle Time). Scenár č. 3 zvažuje obmedzenie leteckej dopravy na super krátkych vzdialenostiach do 500 km, kde existuje spojenie HSR. Celkovú schému metodológie práce pri tvorbe koncepcií je možné vidieť na obrázku 7. Nasledujúca časť práce sa zaoberá predstavením vnútroštátnych sietí ako vysokorýchlostnej železničnej dopravy, tak i dopravy leteckej v Španielsku a Taliansku.



Obrázok 7: schéma metodológie práce



2.1 HSR v Španielsku

Prvá vysokorýchlostná železničná relácia v Španielsku bola spustená 21. apríla 1992 na ceste z Madridu do Seville. Za tri desaťročia v prevádzke sa v Španielsku podarilo vytvoriť, vďaka najväčšej dĺžke HSR siete v Európe, úrovni modernosti, komerčnej rýchlosti, univerzálnosti vozového parku či presnosti, jednu z najvyspelejších železničných sietí na svete. Podľa portálu statistika mala španielska vysokorýchlostná železničná sieť dĺžku 3 487 km, čím je aj najdlhšou prevádzkovanou HSR sieťou v Európe a druhá na svete po Číne.

Od prvej cesty na španielskej HSR sieti využilo túto infraštruktúru na rôzne vzdialenosti viac ako 400 miliónov pasažierov, denne táto sieť obsluhuje viac ako 100 000 cestujúcich a prepája 47 miest. Počet cestujúcich využívajúcich túto vysokorýchlostnú železničnú sieť do počiatku pandémie COVID-19 z roka na rok rástol a v roku 2019 dosiahol hodnotu 22,4 milióna. Mapu španielskej vysokorýchlostnej železničnej siete je možné vidieť na obrázku 9.

Následný šok z celosvetovej pandémie COVID-19 a následné obmedzenia v oblasti zdravotnej starostlivosti však mali v posledných rokoch výrazný vplyv na počet prepravených cestujúcich. Rozdiel medzi prvým polrokom roku 2019 a prvým polrokom 2021 bol pokles o 65 % z jedenástich miliónov na necelé štyri milióny pasažierov.

Španielske vysokorýchlostné vlaky, označované ako „AVE“ (špan. Alta Velocidad Española), premávajú na sieti HSR tratí, ktoré vlastní a spravuje spoločnosť ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias), na ktorej sú prevádzkované aj ďalšie typy španielskych rýchlovlakov (Avant, Alvia, Avlo) ako aj vlaky Alaria považované za stredne-rýchle. Na rozdiel od zvyšku širokorozchodnej železničnej siete na Pyrenejskom polostrove jazdia vysokorýchlostné vlaky v Španielsku na koľajach so štandardným rozchodom. To umožňuje priame spojenie Španielska so zvyškom železničnej Európy a to prostredníctvom prepojenia tunelom Perthus s francúzskou sieťou.

Dominantným prevádzkovateľom vysokorýchlostných železníc v Španielsku je spoločnosť Renfe, avšak na trhu jej konkurujú aj súkromné spoločnosti Ouigo a Iryo. Podľa španielskeho kráľovského zákonného dekrétu schváleného radou ministrov bola 21. decembra 2018 vyhlásená súťaž na trhu komerčných služieb osobnej železničnej dopravy. Noví prevádzkovatelia, s príslušnou licenciou a bezpečnostnými osvedčeniami, mohli predstaviť služby na vybraných trasách: Madrid-Barcelona, Madrid-Valencia/Alicante a Madrid-Toledo/Sevilla/Málaga. Cieľom tejto iniciatívy bolo poskytnúť príležitosť na posilnenie HSR a zlepšenie kvality železničných služieb, ako aj na zníženie cien a zefektívnenie využívania železničnej infraštruktúry. Spoločnosť



Ouigo je dcérskou spoločnosťou francúzskej železničnej spoločnosti SNCF, ktorá od mája 2021 ponúka v Španielsku vysokorýchlostné železničné služby a využíva dvojpodlažné modely od spoločnosti Alstom (Euroduplex) s kapacitou 508 cestujúcich. V prípade spoločnosti Iryo ide o komerčnú iniciatívu, riadenú spoluprácou regionálnej leteckej spoločnosti Air Nostrum (55 %) a talianskou štátnou železničnou spoločnosťou Trenitalia (45 %). Železničné súpravy, ktoré spoločnosť Iryo využíva sú založené na talianskom vlaku „FrecciaRossa“, známe pod technickým názvom ETR 1000 s kapacitou 457 miest. Okrem toho spustila štátna spoločnosť Renfe svoju novú nízko nákladovú službu s označením AVLO pre ešte väčšie prilákanie dopytu po HSR službách.

Najvyťaženejšou trasou španielskej vysokorýchlostnej železničnej siete je trať medzi mestským párom Madrid-Barcelona. Za posledných 15 rokov bolo na tejto trati prepravených viac ako 140 miliónov pasažierov (83). Služby HSR na trati Madrid-Barcelona začali byť poskytované v roku 2008 so 17 spojmi denne, pričom sa ich počet odvtedy zvýšil na 47. Pred spustením HSR prevádzky bola väčšina pasažierov na tejto trati prepravená leteckou dopravou (približne 4,8 milióna v roku 2007) (84). Koridor Madrid-Barcelona patrí medzi najvyťaženejšie v osobnej doprave v Európe. Hlavné mesto Španielska, Madrid, malo v roku 2018 3,223 milióna obyvateľov, no po pripočítaní obyvateľov z madridskej metropolitnej oblasti sa táto hodnota šplhá k hodnote 6,55 milióna. Na druhej strane mesto Barcelona, má 1,62 milióna obyvateľov, ale jej metropolitná oblasť dosahuje 3 milióny. Po zavedení HSR začiatkom roka 2008 sa počet cestujúcich využívajúcich železničnú dopravu na tejto trati zvýšil o 1 380 000 v prvom roku prevádzky a o viac ako 500 000 v roku druhom (84). V tom istom období stratila letecká doprava na tomto trhu 800 000 pasažierov v prvom roku po inaugurácii HSR a hneď v druhom dokonca viac ako 1 milión pasažierov.



Obrázok 9: Sieť HSR v Španielsku (85)



2.2 HSR v Taliansku

Talianska urbanistická sieť zahŕňa niekoľko miest s viac ako 1 miliónom obyvateľov (Rím, Miláno, Neapol), ktoré dopĺňa pôsobivá skupina až približne 160 miest s 30 až 600 tisíc obyvateľmi (Janov, Bologna, Florencia, Bergamo, Pescara). Tieto stredne veľké mestá, ktoré sú často aktívne vo viacerých smeroch, dobre vybavené a dokonca hostia niektoré vyššie funkcie (mnoho univerzít, Treviso – hlavné sídlo spoločnosti Benetton), zohrávajú významnú úlohu v rámci územia, najmä v strednom Taliansku. Dôležitosť týchto miest (Miláno – finančné centrum krajiny, Turín – priemyselné centrum krajiny) umožnila vyhnúť sa prehnanému centralizmu, aký je možné vidieť vo Veľkej Británii, Francúzsku a Španielsku, kde drvivá väčšina záujmov smeruje do ich hlavných miest. Je viditeľné, že os Miláno-Bologna-Florencia-Rím-Neapol tvorí chrbticu polostrova s najhustejším tokom osobnej dopravy.

Vlak „diretissima“, priame spojenie medzi Florenciou a Rímom, možno považovať za prvú vysokorýchlostnú trať v Európe. Prvá polovica trate bola spustená v roku 1977 a druhá v roku 1992 s celkovou dĺžkou 314 km. Táto nová vysokorýchlostná trať skrátila čas cesty z Ríma do Florencie z predošlých necelých troch hodín, v 80. rokoch 20. storočia, na približne jednu hodinu a tridsať minút. Jej otvorenie na začiatku 90. rokov sa však zároveň časovo zhodovalo aj s príchodom nových rýchlovlakov do Talianska na dovtedy nepoznanej úrovni, preto sa za skutočný počiatok talianskej vysokorýchlostnej dopravy považuje až rok 1992.

V prvej polovici 80. rokov 20. storočia prebiehalo navrhovanie, konštrukcie a testovanie prototypov, čo nakoniec dospelo k predstaveniu vlakov s názvom ETR-500. Prvých 30 súprav týchto vysokorýchlostných talianskych vlakov bolo uvedených do prevádzky v rokoch 1992 až 1996 a ďalších 30 súprav medzi rokmi 2005 až 2007. Zaujímavosťou je, že usporiadanie tohto vlaku je rovnaké ako francúzskeho TGV a nemeckého ICE (známe ako 1. generácia), čiže súprava vozňov obkľúčená dvoma poháňanými rušňami vpredu a vzadu.

V roku 2009 bola spoločnosťou Trenitalia vyhlásená verejná súťaž na dodávku 50 nových modelov vysokorýchlostných vlakov, ktoré mali nahradiť modely ETR-500. V júni 2010 spoločnosť Bombardier spojila svoje sily so spoločnosťou AnsaldoBreda, aby sa uchádzala o vlak, ktorý bol plne v súlade európskymi TSI (ang. Technical Specifications for Interoperability, slov. Nástroj technickej podpory). Model z tejto továrenskej spolupráce bol vyhlásený za víťaza súťaže v auguste 2010, pričom niesol názov Zefiro V300 s cenou 30,8 mil.€ za jednu vlakovú úpravu. Zefiro V300, dnes tiež známe ako Frecciarossa 1000, je vlaková súprava s motormi rozmiestnenými neďaleko jednotlivých podvozkov, čím sa uvoľnila kapacita pre pasažierov



o necelé dva vozne. Taliani pri inaugurácii tohto vlaku ponúkli štyri triedy na palube, čo bolo dovtedy v Európe nevidané.

Podľa údajov z článku Mediarail-wordpress (82) mala v roku 2022 talianska vysokorychlostná sieť 1 248 km tratí, z ktorých je viac ako 300 ešte vo výstavbe, čo krajinu radí na siedme miesto na svete v počte vybudovaných kilometrov HSR tratí. Na obrázku 8 je možné vidieť aktuálnu sieť HSR v Taliansku. Teoretická kapacita tejto vysokorychlostnej siete je 12 vlakov za hodinu na jednu trať, avšak prevádzková hodinová kapacita je obmedzená na 11 súprav (82).



Obrázok 8: Sieť HSR v Taliansku (82)



V roku 2012 sa k národnej spoločnosti Trenitalia pridal nový konkurent, známy ako NTV-Italo. Spoločnosť Italo sa inšpirovala štruktúrou nízko nákladových leteckých spoločností, priniesla nový spôsob riešenia fixných nákladov a čo najviac zdigitalizovala všetky možné procesy, pričom mnohé potrebné procesy, ako napríklad údržbu vlakových súprav, catering a ochranu pred protiprávnymi činmi, zadala externým dodávateľom. Následne do roku 2019 táto spoločnosť so svojou flotilou pokryla celú národnú vysokorýchlostnú sieť a spojila celkovo 25 talianskych miest a 30 staníc so 116 dennými ponúkanými službami. Vzniknutá konkurencia medzi dvoma účastníkmi talianskej železničnej dopravy, ktorá bola pôvodne vnímaná ako hrozba pre národnú spoločnosť Trenitalia, je už dnes veľmi málo diskutovaná. Naopak sa zdá, že Trenitalia využila podnet na zlepšenie a lepšiu orientáciu na zákazníka.

Pred začiatkom celosvetovej pandémie Covid-19 prevádzkovala spoločnosť Trenitalia, na koridore Rím-Miláno, 52 spiatocných relácií „Frecciarossa“ s celkovou kapacitou 27 000 miest v oboch smeroch, zatiaľ čo spoločnosť NTV-Italo ponúkala 30 spiatocných relácií s 13 800 miestami. Pre zhrnutie, Taliani mali v pracovné dni možnosť využiť jednu z 82 spiatocných ciest s celkovou kapacitou 81 600 miest pre pasažierov. Modálny podiel železníc na trhu tejto trasy predstavoval 75 %.

S postupom času k roku 2023 sa doprava pomaly obnovuje, aj keď ešte stále nenabrala hodnoty z pred pandémie. Na rovnakej trase dnes premáva približne 70 spiatocných spojení denne, stále pod vlajkou dvoch už spomínaných spoločností Trenitalia a NTV-Italo, ponúkajúc približne 60 000 miest dokopy pre oba smery.

2.3 Vnútroštátna letecká doprava v Španielsku

Španielska vnútroštátna letecká sieť je jedným z najväčších trhov tohto typu dopravy v Európe. V období pred celosvetovou pandemiou Covid-19 zaznamenával tento trh v porovnaní s ostatnými poprednými európskymi krajinami pomerne solídny každoročný rast. Na rozdiel od medzinárodného trhu, kde je vedúcou leteckou spoločnosťou Ryanair a väčšinový podiel sedadiel pre pasažierov majú letecké spoločnosti zo zahraničia, na španielskom domácom trhu dominujú miestni prevádzkovatelia. Španielske letecké spoločnosti obsluhujú 84 % miest pre pasažierov na domácom trhu, na čele so spoločnosťami Vueling, Iberia a Air Europa.

Podľa analýzy, ktorú vykonala spoločnosť CAPA na základe údajov z portálu OAG za 52-týždňové obdobie do septembra 2019, španielsky letecký domáci trh ponúkol 51,4 milióna miest. Španielska vnútroštátna letecká doprava tak viac ako o 10 miliónov miest pre cestujúcich predbehla druhé



Taliansko, o takmer 15 miliónov Nemecko, o 19 miliónov Francúzsko a o viac ako dvojnásobok domáci trh Spojeného kráľovstva Veľkej Británie a Severného Írska (86).

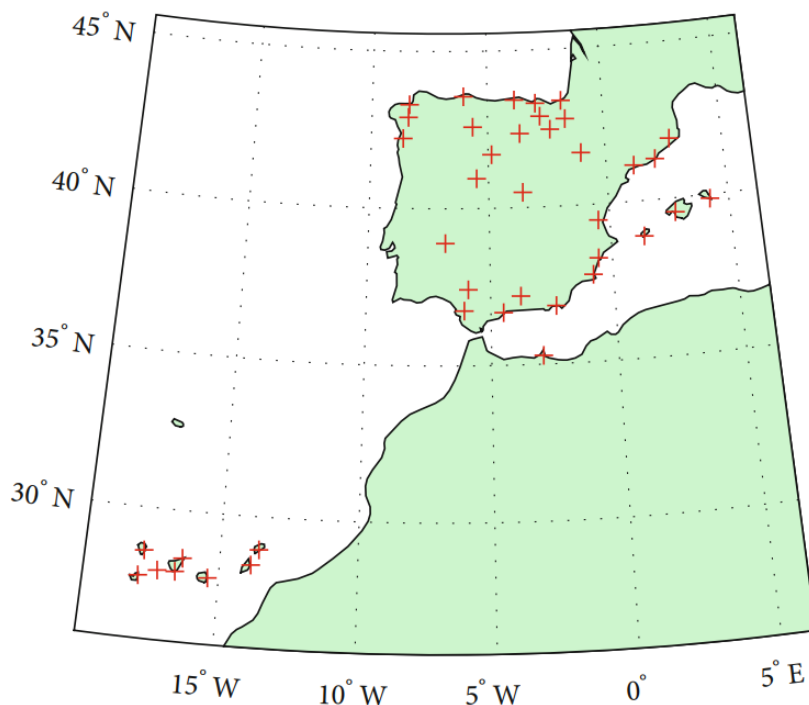
Španielsky domáci letecký trh zaznamenával od roku 2014 stabilný nárast kapacity miest, ako v letnom tak aj v zimnom období. Tým sa zmenil klesajúci trend v rokoch 2012 a 2013. Prepad v týchto rokoch sa spája s vtedajšou hospodárskou recesiou v Španielsku a bol najmä dôsledkom bankrotu leteckej spoločnosti Spanair v januári 2012, odchodu spoločnosti Niki z trhu koncom roka 2011 a krachu spoločnosti Islas Airways v októbri 2012.

Na Španielskom domácom trhu pôsobí osem spoločností, ktoré medzi sebou prevádzkujú 99,6 % ponúkaných miest pre pasažierov. Medzi päť najvýznamnejších patria; Vueling, Iberia, Air Europa, Ryanair, Binter Canarias, a ich podiel na počte ponúkaných miest je 95 %. Nízko nákladové letecké spoločnosti v roku do septembra 2019 v Španielsku obsluhovali 48 % miest. Medzi ôsmimi vedúcimi leteckými spoločnosťami na španielskom trhu boli nízko nákladový dopravcovia zastúpený spoločnosťami Vueling, Ryanair, Norwegian a Volotea. Pri písaní tejto práce je vhodné podotknúť, že nórsky dopravca Norwegian už na španielskom trhu v roku 2023 nepôsobí. Vo februári 2018 spoločnosť Vueling predbehla spoločnosť Iberia a stala sa z pohľadu ponúkanej kapacity najväčšou leteckou spoločnosťou na domácom trhu v Španielsku.

Španielsko sa podľa počtu obyvateľov radí na piate miesto medzi západoeurópskymi krajinami, s celkovým počtom populácie 46 754 778 obyvateľov (87). Počas svojho postupného rastu pred celosvetovou pandémiou Covid-19 a následne doposiaľ zdamého resilientného návratu sa ukázalo, že španielsky trh je odolný voči recesii, odchodu veľkých leteckých spoločností, či príchodu efektívneho alternatívneho dopravného módu, akým je vysokorýchlostná železnica. Dominancia španielskeho domáceho leteckého trhu môže byť vysvetlená viacerými faktormi. Obyvateľstvo Španielska je pomerne riedko rozptýlené na veľkej zemepisnej ploche s nižšou hustotou obyvateľstva ako napríklad Taliansko (Španielsko – 94 obyvateľov/km², Taliansko – 206 obyvateľov/km²). K tomuto údaju výrazne prispieva existencia mnohých ostrovov tejto krajiny, najmä Baleárske a Kanárske, na ktoré pripadá približne 30 % vnútroštátnej osobnej dopravy.



Španielsko disponuje aj rozsiahlou sieťou letísk, ktorej priestorovú distribúciu je možné vidieť na obrázku 10.



Obrázok 9: španielska sieť najvýznamnejších letísk (trobajo2022)

2.4 Vnútroštátna letecká doprava v Taliansku

Pre Taliansko, členskú krajinu skupiny najvyspelejších krajín sveta G7, kolísku tisícročnej histórie, civilizácie a umenia, ktorá sa nachádza uprostred Stredozemného mora a v neposlednom rade je tradičným cieľom turistov z celého sveta, je kvalita dopravnej infraštruktúry tejto rozvinutej krajiny jedným z najdôležitejších aspektov.

Na krajinu dlhú približne 1 300 km, tiahnucu sa od pevninskej Európy na juh, malo podľa údajov z roku 2022 Taliansko zo 41 civilných obchodných letísk 22 takých, ktoré odbavili viac ako jeden milión pasažierov za rok, čo je ohromujúci počet (88). Pred začiatkom celosvetovej pandémie Covid-19 bolo leteckou v celej krajine prepravených 193 miliónov cestujúcich, čo predstavuje 4% nárast oproti predchádzajúcemu roku. Po vypuknutí pandémie koronavírusu zaznamenalo Taliansko výrazný pokles v rôznych sektoroch dopravy, a to o 70 % od januára do augusta 2020.



Zaujímavosťou však je, že počet cestujúcich na domácich linkách sa v auguste 2020 znížil len o 30 % v porovnaní s rovnakým mesiacom predošlého roka.

V roku 2022 využilo služby leteckej dopravy v Taliansku celkovo viac než 152 a pol milióna pasažierov, z ktorých necelých 60 miliónov bolo prepravených len v rámci domácej siete. Najvyťaženejším letiskom bolo rímske letisko Fiumicino, ktorým počas roka 2022 prešlo necelých 27 miliónov pasažierov, z ktorých necelých 6 a pol milióna pasažierov využilo letisko na domáce cesty. Medzi vyťaženejšie letiská, a to najmä z pohľadu prepravených pasažierov na domácich trasách možno určite zaradiť aj milánske letiska Malpensa a Linate, a nie ďaleko vzdialené letisko Bergamo. Tieto tri letiská využilo pre domáce cesty postupne podľa predošlej vety 5,4 milióna, 3,5 milióna a 3,1 milióna pasažierov. Po spočítaní všetkých vnútroštátnych pasažierov týchto troch letísk, situovaných v a okolo finančného centra krajiny – Milána, ktoré sú situované v pomyselnom trojuholníku, a ich vzdialenosť medzi sebou nepresahuje 125 km, sa dostávame na hodnotu presahujúcu 12 miliónov pasažierov. Ak k už spomínaným pasažierom, ktorý využili letisko Fiumicino v roku 2022 pre vnútroštátne lety, pripočítame vnútroštátnych pasažierov z druhého rímskeho letiska Ciampino, hodnota necelých 6 miliónov pasažierov narastie iba o necelých 200 000 pasažierov. (88)

Taliansko má najvyššiu infiltráciu nízko nákladových spoločností z krajín Európskej Únie, kedy ich prevádzkový charakter „point-to-point“ pomohol oživeniu po spomínanej kríze. Za jedným z hlavných dôvodov tohto úkazu možno prekvapivo považovať postupný, dalo by sa povedať až niekoľko násobný bankrot spoločnosti Alitalia. Talianska letecká spoločnosť Alitalia bola kedysi vlajkovým dopravcom a najväčšou leteckou spoločnosťou tejto krajiny. Alitalia mala za sebou neľahkú minulosť plnú finančných problémov, štrajkov zamestnancov a ďalších škodlivých udalostí, ktoré ju prinútili 15. októbra 2021, po 74 rokoch služby, prijať rozhodnutie o ukončení prevádzky, kedy už od roku 2017 bola spoločnosť vedená pod špeciálnou administratívou. S veľmi oslabeným národným dopravcom poskytujúcim kompletne služby, našli nízko nákladové spoločnosti ako Ryanair, EasyJet, Volotea a neskôr i WizzAir priaznivý trh pre svoj rast.

Po tom, čo spoločnosť Alitalia oficiálne ukončila svoju činnosť, prenechala štafetu národného leteckého dopravcu novovytvorenej spoločnosti ITA Airways, ktorá od starého dopravcu odkúpila viacero aktív ako napríklad letové kódy, vernostný program „MilleMiglia“ či ich letiskové sloty (89).



Avšak aj tento koncept priniesol novovzniknutej spoločnosti problémy a tak sa ITA Airways zapojila do trhu ako samostatná aerolínia s vlastnými obchodnými prvkami.



Obrázok 10: talianska sieť najvýznamnejších letísk (90)

2.5 Vybrané trate

Pri výbere tratí sa autor riadil analýzou leteckej a vysokorýchlostnej železnice vnútroštátnej dopravy oboch štátov. Boli preskúmané mestá, cez ktoré vedie vysokorýchlostná železničná a ktoré disponujú letiskami. Následne sa pomocou internetového portálu pre sledovanie lietadiel, Flightradar24, preskúmali letiská miest, cez ktoré prechádza vysokorýchlostná železničná doprava a boli odsledované zverejnené vnútroštátne letové trasy z týchto letísk. Autor práce vyhľadával mestské páry, ktoré by mohli byť hodné približne podobnej, a teda konkurenčnej RTT. Za trate vhodné tejto konkurencie sa autor riadil už existujúcou literatúrou, rozoberajúcou konkurenciu HSR a leteckej dopravy. Často avizovaným efektom HSR je, že bude kľúčovou



technológiou pre ekologickjšiu dopravu po vzatí do úvahy toho, že železničné stanice sú situované bližšie k centráam miest ako letiská, čo dáva HSR doprave časovú výhodu oproti iným druhom dopravy, najmä tej leteckej, vo vzdialenostnom rozmedzí mestských párov od 200 až do 1 000 km (91). Wang et al. (92) uvádza, že intenzívna konkurencia medzi rozoberanými módmi dopravy môže prebiehať na trasách so vzdialenosťou do 1 000 km, konkrétne medzi 400 až 800 km. Na vzdialenostiach väčších ako uvádzané vzdialenosti, sa dostáva, vďaka svojej rýchlosti, do výhody letecká doprava a naopak čím je trasa medzi mestskými párami kratšia, tým viac pasažieri profitujú z HSR dopravy, a to práve z dôvodu dlhšieho času potrebného na odbavenie cestujúcich leteckej dopravy alebo času potrebného na prepravu z centra mesta na letiská, často situované na periférii miest. V analyzovaných trasách tejto práce sú rozoberané aj trasy kratšie ako 400 km a to z toho dôvodu, že vo vybraných krajinách pre tvorbu koncepcií v tejto práci sú prevádzkované aj tieto super krátke lety, na ktorých sa neočakáva ušetrnenie času viac energeticky náročnej leteckej dopravy. Do analýzy boli autorom vybrané nasledujúce mestské páry, ktoré by mohli byť v rámci kontextu tejto práce v budúcnosti obmedzené:

Španielsko:

- Madrid-Valencia
- Barcelona-Valencia
- Madrid-Pamplona
- Madrid-Alicante
- Madrid-Granada
- Madrid-Sevilla
- Madrid-Malaga
- Madrid-Jerez
- Madrid-Barcelona

Taliansko:

- Rím-Neapol
- Florencia-Rím
- Rím-Bologna
- Janov-Rím
- Linate (Miláno)-Rím
- Bergamo-Rím
- Bergamo-Pescara



- Malpensa (Miláno)-Rím
- Linate (Miláno)-Pescara
- Rím-Turín
- Bergamo-Neapol
- Linate (Miláno)-Neapol
- Malpensa (Miláno)-Neapol
- Turín-Neapol

Čitateľmi tejto práce môže byť pozorované, že letisko Bergamo autor v texte nepovažuje za letisko mesta Miláno, i keď toto letisko často býva označované ako jedno z troch letísk tohto mesta. Dôvod tohto rozhodnutia je, že prostredníctvom letiska Bergamo bolo v roku 2022 z milánskych letísk prepravených najmenej pasažierov na vnútroštátnych letoch. Presnejšie toto letisko v spomínanom roku využilo 3 122 635 vnútroštátnych pasažierov, oproti letiskám Linate a Malpensa, ktorými v roku 2022 prešlo 3 530 324, respektíve 5 390 893 vnútroštátnych pasažierov (88). A keďže mesto Miláno je v tejto práci jediným mestom s viacerými obsluhujúcimi letiskami, letisko Bergamo je v neskorších výpočtoch, týkajúcich sa najmä RTT považované za samostatné mesto a za počiatok/destináciu ciest, ktoré by pre toto letisko mohli byť obmedzené je považované centrum mesta Bergamo.

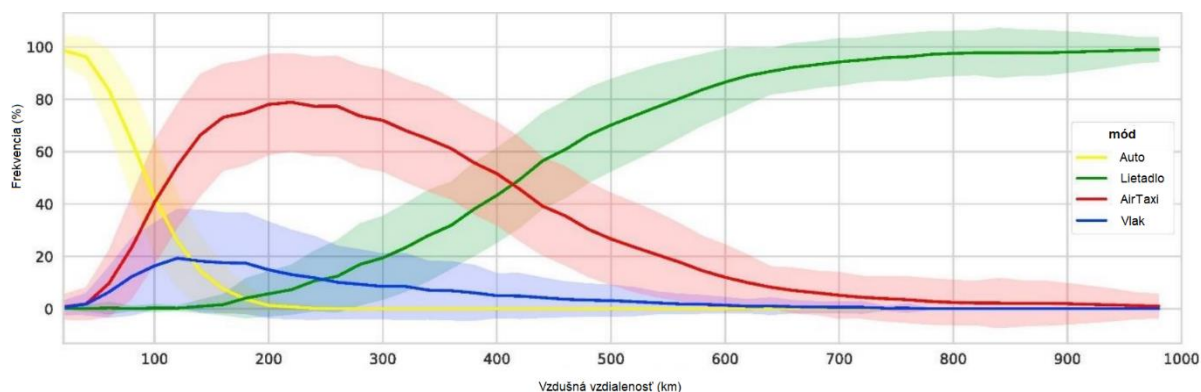
Dôležité je tiež poukázať na mestský pár Janov-Rím. Trasa medzi týmito dvoma mestami ako jediné nedisponujú priamym spojením HSR dopravou. Do práce bol tento mestský pár vybraný na základe výskumu, ktorý vykonali Avogadro et al. (17), v ktorom autori naznačujú možné obmedzenie aj na tejto trati na základe ich výpočtov, v ktorých sa zameriavajú na tzv. generalizované cestovné náklady (ang. Generalized Travel Cost), zahrňujúce kombináciu doby cestovania a ceny leteniek ponúkaných na leteckých trasách.

2.5.1 Zber dát leteckej dopravy

Výpočtu troch už spomínaných rôznych scenárov predchádzal zber potrebných dát. Postupne bola pre vybrané mestské páry vykonaná analýza najnovších možných dostupných dát. I keď je letectvo stále na po-epidemickom vzostupe, pre riadiace orgány je dôležité, aby ďalšie kroky, ktoré vykonajú, boli založené na štúdiách analyzujúcich na aktuálny stav prevádzky, alebo anglicky nazvané, „business as usual“. Po výbere mestských párov boli zozbierané dáta najskôr pre dopravu leteckú a neskôr v procese pre dopravu HSR. Nasledujúce paragrafy rozoberajú postupný popis zberu dát a dôležitosť týchto dát pre samotnú tvorbu výsledných scenárov.



Ako už bolo v práci rozoberané, v odbornej literatúre sa autori často, pri porovnávaní leteckej a vysokorychlostnej železničnej dopravy, zameriavajú na vzdušnú vzdialenosť, pri ktorej je konkurencia týchto dvoch módov dopravy na trasách medzi mestskými párami najvýraznejšia (91, 92). Vzdušná vzdialenosť je častokrát základom voľby najvhodnejšieho módu dopravy. Na obrázku 12 je možné vidieť graf konkurencie medzi 4 druhmi dopravy. Pre čitateľa tejto práce je dôležité poukázať na zelenú a modrú líniu, reprezentujúce leteckú a železničnú dopravu. Z grafu je možno vidieť pretínajúce sa krivky vhodnosti voľby dopravného módu týchto dvoch spôsobov dopravy približne okolo vzdialenosti 420 km. Je samozrejmé, že žiaden dopravný mód neoperuje po priamej najkratšej vzdialenosti medzi mestami. Letecká doprava sa, z dôvodu najmenšieho počtu fyzických prekážok, najviac približuje pri svojej operácii tejto najkratšej novej cestovnej vzdialenosti. Trať sa ale predlžuje manévrouvaním lietadla pri vzlete a pristání, resp. sa lietadlu môže trajektória letu predĺžiť vyhýbaním sa meteorologickým vplyvom. Železničná, alebo aj cestná doprava, sú odkázané na masívnu pozemnú konštrukciu železníc či ciest, ktoré sa musia vyhýbať fyzickým (alebo aj iným) prekážkam, ako už bolo popísané v kapitole opisujúcej dôvody short-haul letov. Tým, že každý mód dopravy potrebuje pre svoju prevádzku rozdielnu infraštruktúru, je práve vzdušná vzdialenosť najvhodnejším jednotným ukazovateľom.



Obrázok 11: Konkurencia módov dopravy v závislosti od vzdušnej vzdialenosti (93)

Vzdušná vzdialenosť medzi vybranými mestskými párami bola vždy odčítaná z leteckého portálu pre trasovanie lietadiel Flightradar24. V práci autor používa aj skratku GCD – Great Circle Distance, a teda najkratšia spojica dvoch bodov na trati, tiež známa ako ortodróma.

Ďalšou dôležitou súčasťou zberu potrebných dát, bol prieskum priemernej čistej doby cestovania dopravným prostriedkom. Ide o čas strávený v dopravnom prostriedku, pri leteckej doprave od vzletu do pristátia lietadla, pri doprave železničnej čas od počiatku cesty z nástupnej stanice až po dosiahnutie cieľovej stanice. V práci je tento ukazovateľ častokrát označený ako IVT-In Vehicle Time, a teda čas strávený v dopravnom prostriedku. Priemerné časy letov obsluhujúcich vybrané



mestské páry boli odsledované z internetového portálu pre trasovanie lietadiel Flightradar24. IVT vykazuje pre leteckú dopravu najmenšie hodnoty. Dôvodom nie je nič iné ako samotná rýchlosť pohybu lietadiel voči zemskému povrchu, ktorá je približne 4-krát väčšia než rýchlosť pohybu súprav vysokorýchlostnej železničnej dopravy (cca 900 km/h pre leteckú dopravu vs. 200-250 km/h ako spodná hranica HSR).

Po zozbieraní priemerných čistých dôb cestovania leteckou dopravou prišiel na rad výpočet reálnej doby cestovania (RTT-Real Travel Time). Tento časový indikátor je jedným z najdôležitejších faktorov pri uvažovaní vhodného dopravného módu, keďže je schopný vyjadriť reálne časové úspory pasažierov vyplývajúce z prevádzky vybraného typu dopravy. Pokiaľ ide o výpočet reálnej doby cestovania, je potrebné stanoviť generalizovaný pevný bod začiatku či konca cesty. Predpokladá sa, že všetci pasažieri začínajú a končia práve v tomto pevnom bode v každom meste, ktorý bol zvolený ako reprezentatívne miesto v centre mesta, všetci pasažieri musia nastupovať a vystupovať na letisku, kam sa dostanú pomocou často verejnej ale i súkromnej dopravy. Samotná reálna doba cestovania a aj jej výpočet sa skladá z niekoľkých zložiek (z dôvodu nie úplne jasnej terminológie v SJ/ČJ použité anglické slová): Čakanie, Access, LeadTime, IVT, Výstup z prostriedku, Čakanie, Egress.

$$RTT = \text{Čakanie} + \text{Access} + \text{LeadTime} + \text{IVT} + \text{Výstup z prostriedku} + \text{Čakanie} + \text{Egress}$$

Čakanie sa vzťahuje na čas strávený v bode verejnej dopravy (autobusová zastávka, stanica metra) čakaním na príchod ďalšieho spoja počas *Access* alebo *Egress*. Vypočíta sa ako polovica intervalu príslušnej služby verejnej dopravy v špičkových hodinách (9). *Access* a *Egress* sú cestovné doby, vzťahujúce sa na cestovanie medzi východiskovým/koncovým bodom cesty a letiskom. Zjednodušene povedané, ide o čas strávený v dopravnom prostriedku, ktorý pasažier využije na dosiahnutie letiska z centra mesta alebo naopak. Potrebné doby cestovania na samotný *Access* a *Egress* boli odsledované pomocou Google Maps a cestovateľským portálom Rome2Rio, ktorý tieto informácie poskytuje. Od cestujúcich sa očakáva, že sa dostavia na letisko s dostatočným časovým predstihom potrebným na odbavenie a bezpečnostnú kontrolu. Tento časový predstih je v rovnici pre výpočet RTT zastúpený zložkou *LeadTime*. Tento čas sa môže líšiť v závislosti od veľkosti letiska, jeho statickej či dynamickej kapacity a povahy očakávaného letu, a teda let vnútroštátny či medzištátny. Pre výpočty v tejto práci bola z dôvodu kontextu vnútroštátnych letov, ktoré častokrát využívajú online odbavenie a pasažierov na týchto letoch je



tiež menej, táto doba stanovená na 75 minút. IVT v rovnici predstavuje už rozobranú čistú dobu cestovania. *Výstupom z prostriedku* autor uvažuje čas pre pasažiera potrebný na rolovanie lietadla k terminálu, výstup z lietadla a prejdienie letiska za účelom jeho opustenia. Táto hodnota bola autorom stanovená všeobecne na 15 minút.

Pre názornú ukážku bude v nasledujúcom paragrafe prevedený názorný výpočet RTT leteckej dopravy na trati medzi mestským párom Rím-Malpensa (Miláno). Za počiatočný bod na tejto trati je zvolené okolie hlavnej stanice ako železničnej tak i autobusovej dopravy v Ríme – Termini, ktorá je častokrát vstupnou bránou do historického centra mesta. Najvhodnejším dopravným módom pre už spomínaný *Access* na letisko Fiumicino z centra mesta je železničné spojenie od spoločnosti Trenitalia so službou Leonardo Express. Čistá doba cestovania tohto spojenia je uvádzaná ako 32 minút v najkratšom intervale každých 15 minút. Doba na *Čakanie* a teda polovica z intervalu v špičkových hodinách je polovica z 15 minút, čo je 7,5 minúty, po zaokrúhlení 8 minút. *Access* doba na toto letisko je uvádzaných 32 minút. *LeadTime* je počítaný pre každé letisko, ako už bolo uvedené, rovnaký v hodnote 75 minút. Samotná priemerná doba letu, čiže IVT na tejto trati je 56 minút. Nasleduje čas potrebný na *Výstup z prostriedku*, ktorý bol autorom stanovený na 15 minút. Na rad prichádza preskúmanie možností cestovania z letiska pristátia, v tomto prípade Malpensa, do centra mesta. Najvhodnejším spôsobom dopravy je opäť železničná doprava, ktorá toto letisko a centrum mesta prepojí za 38 minút v intervale 30 minút. Tým bol vypočítaný čas na *Čakanie*, opäť ako polovica intervalu, a teda 15 minút. Po spočítaní všetkých hodnôt vyjde RTT v hodnote 3 h 59 min. Graficky je súčet možné vidieť v dosadenej rovnici, kde sú zakomponované postupne *Čakanie*, *Access*, *LeadTime*, *IVT*, *Výstup z prostriedku*, *Čakanie*, *Egress* :

$$RTT = 8 + 32 + 75 + 56 + 15 + 15 + 38 = 239 \text{ min} = 3 \text{ h } 59 \text{ min}$$

Rovnaký postup bol použitý pre všetky trasy leteckej dopravy mestských párov v tejto práci ako v Taliansku tak i v Španielsku. Pre výpočet RTT pri vysokorýchlostnú železničnú dopravu bol použitý postup podobný avšak s inými hodnotami rôznych sekcií cestovania. Popisu výpočtu tejto doby v prípade HSR sa bude venovať neskorší paragraf, tak ako všeobecný popis zberu dát tohto módu dopravy.



Ďalšími súbormi zbieraných dát boli frekvencia spojov, operujúce letecké spoločnosti a používané typy lietadiel na vybraných leteckých trasách. Tieto dáta v kontexte tejto práce prinášajú informačnú hodnotu na prevádzkovej úrovni, čím je myslená analýza leteckých spoločností, ktoré by boli v prípadnom obmedzení vnútroštátnych letov obmedzené. Pre zber týchto dát bol opäť využívaný internetový portál pre trasovanie lietadiel Flightradar24, ktorý tieto informácie ponúka.

Dôležitým súborom dát, ktoré autor počas tvorby zozbieral, sú reálne počty pasažierov, ktorý boli na vybraných trasách prepravený za jeden rok. Počty pasažierov sú jednou zo základných zložiek pomocných výpočtov tejto práce, či už pre výpočet emisií alebo výpočet celkového počtu cestujúcich, ktorý by mohli byť ovplyvnený obmedzovaním vnútroštátnych letov. Pre získavanie týchto dát bol využitý portál eurostat. Počty pasažierov reprezentujú prepravených cestujúcich na vybraných trasách v období s najkompletnejšími a zároveň najaktuálnejšími súbormi dát poskytnutých eurostatom. Vyhľadane boli teda počty pasažierov zo štyroch po sebe idúcich ročných kvartálov; Q4-2021, Q1-2022, Q2-2022, Q3-2022. Autor sa týmto spôsobom snažil pracovať s čo najaktuálnejšími dostupnými dátami, práve pre zachovanie konceptu „business as usual“. Dôležité je poznamenať, že spomedzi vybraných párov sa nájdu aj také, ktoré nie sú v databáze eurostatu dostupné v podobnej podobe, či informačnej hodnote ako u ostatných. Presnejšie sa jedná o mestské páry: Madrid-Pamplona, Florencia-Rím, Bergamo-Rím, Malpensa-Rím. Počty pasažierov na týchto trasách boli dopočítané interpoláciou založenou na frekvencii poskytovanej služby a zohľadnení faktoru obsadenosti na vnútroštátnych letoch v jednej či druhej krajine. Autor verí, že pri reálnom rozhodovaní o nových legislatívach na základe tejto práce, využijú verejné orgány presné, pre nich dostupné, štatistiky.

Dôležitou časťou a aj samotným prínosom práce je preskúmanie vyprodukovaných a následne ušetrených emisií z leteckej dopravy pri prípadnom obmedzení vnútroštátnych liniek v Španielsku a Taliansku. Pre výpočet uhlíkových emisií leteckej dopravy bola použitá kalkulačka vytvorená priamo Medzinárodnou organizáciou civilného letectva – ICAO (ICAO Carbon Emission Calculator). Tento výpočtový nástroj uhlíkových emisií v letectve zohľadňuje faktor zaťaženia (ang. load factor) a vychádza z reálnej prepravy pasažierov. Kalkulačka obsahuje komplexné a pravidelne aktualizované databázy o pravidelných letoch, faktoroch zaťaženia cestujúcich i nákladu a spotrebe paliva lietadiel. Pomocou tohto nástroja a získaného počtu pasažierov boli vyčíslené vyprodukované, a neskôr prípadne ušetrené, uhlíkové emisie vyplývajúce z prevádzky leteckej dopravy na vybraných trasách. V nasledujúcich tabuľkách je možné vidieť súhrn všetkých zozbieraných dát. Tabuľky 3 a 4 zahŕňajú súhrn dát pre Španielsko, tabuľky 5 a 6 tie isté



informácie pre Taliansko. Označenie časť 1 a časť 2 možno považovať za dáta primárne a sekundárne.

Tabuľka 3: Súhrn potrebných dát leteckej dopravy, Španielsko - časť 1

mestský pár	GCD (km)	avg. IVT (h:min)	RTT (min)	PAX (Q4-2021-Q3-2022) 2 smery	CO2 emisie/rok (kg)
Madrid-Jerez	469	0:51	216	339 682	27 452 681
Madrid-Sevilla	396	0:45	230	423 871	23 811 158
Madrid-Malaga	430	0:49	219	569 923	33 466 100
Madrid-Granada	367	0:44	244	109 817	10 301 208
Madrid-Alicante	357	0:47	237	293 441	22 013 931
Madrid-Valencia	286	0:37	222	320 545	21 854 121
Madrid-Barcelona	484	0:52	262	1 764 548	109 218 896
Madrid-Pamplona	300	0:38	223	265 656	22 366 535
Barcelona-Valencia	296	0:36	201	132 828	10 556 074

Tabuľka 4: Súhrn potrebných dát leteckej dopravy Španielsko - časť 2

mestský pár	frekv./týždeň (2 smery)	letecké spoločnosti	typ lietadla
Madrid-Jerez	41	Iberia	Iberia - A320/CRJ-1000
Madrid-Sevilla	56	Iberia	Iberia/Express - A320
Madrid-Malaga	98	Iberia, Iberia Express, Air Europa	Iberia/Express - A320, Air Europa - B737
Madrid-Granada	38	Iberia	CRJ-1000
Madrid-Alicante	72	Iberia, Air Europa	Iberia - CRJ-1000, Air Europa - ATR-72
Madrid-Valencia	72	Iberia, Air Europa	Iberia - CRJ1000, Air Europa - B737
Madrid-Barcelona	256	Iberia, Air Europa, Vueling	Iberia - A320, Air Europa - B787, Vueling - A320
Madrid-Pamplona	44	Iberia	CRJ-1000
Barcelona-Valencia	22	Iberia	CRJ-1000



Tabuľka 5: Súhrn potrebných dát leteckej dopravy, Taliansko - časť 1

mestský pár	GCD (km)	avg. IVT (h:min)	RTT (min)	PAX (Q4-2021-Q3-2022) 2 smery	CO2 emisie/rok (kg)
Bergamo-Pescara	508	0:52	196	180 013	11 283 228
Bergamo-Neapol	649	1:02	238	443 416	33 709 467
Bergamo-Rím	476	0:54	236	100 000	6 273 693
Malpensa-Rím	511	0:56	239	100 000	5 582 855
Malpensa-Neapol	694	1:13	235	802 647	68 168 556
Linate-Rím	471	0:47	213	545 132	33 155 407
Linate-Neapol	650	1:03	209	501 412	38 494 733
Janov-Rím	402	0:46	221	169 164	9 337 607
Rím-Neapol	199	0:35	195	59 477	1 927 683
Florence-Rím	239	0:32	182	60 000	3 022 127
Rím-Bologna	314	0:40	182	45 148	2 357 716
Linate-Pescara	517	0:50	196	106 013	68 649 965
Rím-Turín	530	0:55	215	168 730	10 642 359
Turín-Neapol	722	1:08	220	322 415	26 560 619

Tabuľka 6: Súhrn potrebných dát leteckej dopravy, Taliansko - časť 2

mestský pár	frekv./týždeň (2 smery)	letecké spoločnosti	typ lietadla
Bergamo-Pescara	28	Ryanair	B737
Bergamo-Neapol	46	Ryanair	B737
Bergamo-Rím	12	Aeroitalia (Sky Alps)	B737, DH8D
Malpensa-Rím	12	Neos, Gulf Air	B787, A320
Malpensa-Neapol	102	EasyJet, RyanAir	B787, A320
Linate-Rím	140	ITA Airways	A320, A220
Linate-Neapol	106	ITA Airways, WizzAir	A320, CRJ-1000, E90
Janov-Rím	56	ITA Airways	BCS3, A220, A320
Rím-Neapol	28	ITA Airways	BCS3, A220
Florence-Rím	28	ITA Airways	A320
Rím-Bologna	28	ITA Airways	A320
Linate-Pescara	20	ITA Airways	A320
Rím-Turín	56	ITA Airways	A321
Turín-Neapol	46	Ryanair, Volotea, WizzAir	A320, B737



2.5.2 Zber dát HSR

Podobným spôsobom boli vybrané trate analyzované aj z pohľadu HSR. Z oficiálnych internetových stránok HSR prevádzkovateľov boli zistené reálne dĺžky vysokorýchlostných železničných tratí vybraných trás. Tento súbor dát slúži len ako porovnanie vzdušnej vzdialenosti a samotnej reálnej dĺžky HSR trate.

Pomocou oficiálnych stránok HSR prevádzkovateľov v kombinácii s cestovateľským portálom Rome2Rio, boli preskúmané priemerné čisté doby cestovania (IVT). Pri analýze bral autor do úvahy iba vysokorýchlostné priame spoje s výnimkou mestských párov kde je buď nutný prestup (Bergamo-Pescara), alebo kde sa HSR trať nenachádza (Janov-Rím). Na základe IVT boli následne vypočítané reálne doby cestovania – RTT. Výpočet bol uskutočnený podobným spôsobom ako RTT medzi vybranými mestskými párami z pohľadu leteckej dopravy. Dôležité je poznamenať, že časy *Access* a *Egress* sú pri železničnej doprave výrazne nižšie ako pri doprave leteckej. Dôvodom je, v predošlom texte už spomínaná, častá lokalita železničných staníc, ktoré sú často situované v oblasti centra mesta a teda aj výpočtového bodu pre počiatok či koniec cesty. Rozdielna hodnota pri výpočte RTT z hľadiska tohto módu dopravy je aj *LeadTime*. Kým tento čas, je pri leteckej doprave výrazne zväčšený z dôvodu potreby odbavenia a bezpečnostnej kontroly, pri vysokorýchlostnej železničnej doprave, kde nie je proces týchto úkonov potrebný, je autorom stanovená hodnota 15 minút. To znamená, že príchod pasažiera na HSR stanicu sa očakáva aspoň 15 minút pred plánovaným odchodom daného spoja. Rozdielom je aj čas potrebný na *Výstup z prostriedku*. Kým pri leteckej doprave sa uvažovalo aspoň 15 minút, pri doprave železničnej autor počíta s dobou 5 minút.

Pre kompletnosť, je v nasledujúcom odstavci ukážka výpočtu RTT pre HSR, opäť ako v predošlom prípade medzi mestským párom Rím-Malpensa (Miláno). Predpokladáme, že pasažier podobne ako v prípade leteckej dopravy, začína svoju cestu neďaleko oblasti železničnej stanice Termini. V tomto prípade začíname výpočtom od *LeadTime*, ktorý je stanovený na 15 pre železničné spoje. Podľa oficiálnych stránok sprostredkovateľov tejto služby je priemerná doba IVT na tejto trati 192 minút (3h 12 min). Po dosiahnutí železničnej stanice Milano Centrale autor počíta s 5 minútovým časom na *Výstup z prostriedku*. Po výstupe z vlaku sa do centra Milána zo železničnej stanice pasažier dostane peši za približne 35 minút. RTT vysokorýchlostnej železnice na tejto trati je teda 4 h 07 min. Rovnaký výsledok je pochopiteľne aj u leteckého páru Rím-Linate (Miláno). Dosadené hodnoty je možné vidieť na nasledujúcej rovnici:

$$RTT = 0 + 0 + 15 + 192 + 5 + 0 + 35 = 247 \text{ min} = 4h 07 \text{ min}$$



Preskúmané boli takisto frekvencie, železniční operátori a súpravy, ktoré na vybraných tratiach obsluhujú. Táto skupina dát slúžila k prieskumu kapacity železničných sietí a reálnej možnosti prijať objem pasažierov prechádzajúcich z leteckej dopravy. Nasledujúce tabuľky 8 a 9 zhrňajú všetky dáta z HSR dopravy v oboch krajinách.

Tabuľka 7: Súhrn potrebných dát HSR dopravy, Španielsko

mestský pár	dĺžka trate (km)	avg. IVT	RTT	frekv./týždeň (2 smery)	železničné spoločnosti	kapacita 1 súpravy
Madrid-Jerez	600	3:47	330	196	Renfe	438
Madrid-Sevilla	472	2:38	209	252	Renfe	438
Madrid-Malaga	512	2:29	205	168	Renfe	438
Madrid-Granada	578	3:25	255	70	Renfe	438
Madrid-Alicante	487	2:22	183	196	Renfe, Ouigo	438, 510
Madrid-Valencia	389	1:50	166	308	Renfe, Ouigo, Iryo	438, 510, 457
Madrid-Barcelona	621	2:45	211	588	Renfe, Ouigo, Iryo	438, 510, 457
Madrid-Pamplona	450	3:11	247	112	Renfe, Iryo	438, 457
Barcelona-Valencia	343	2:57	228	98	Renfe	438

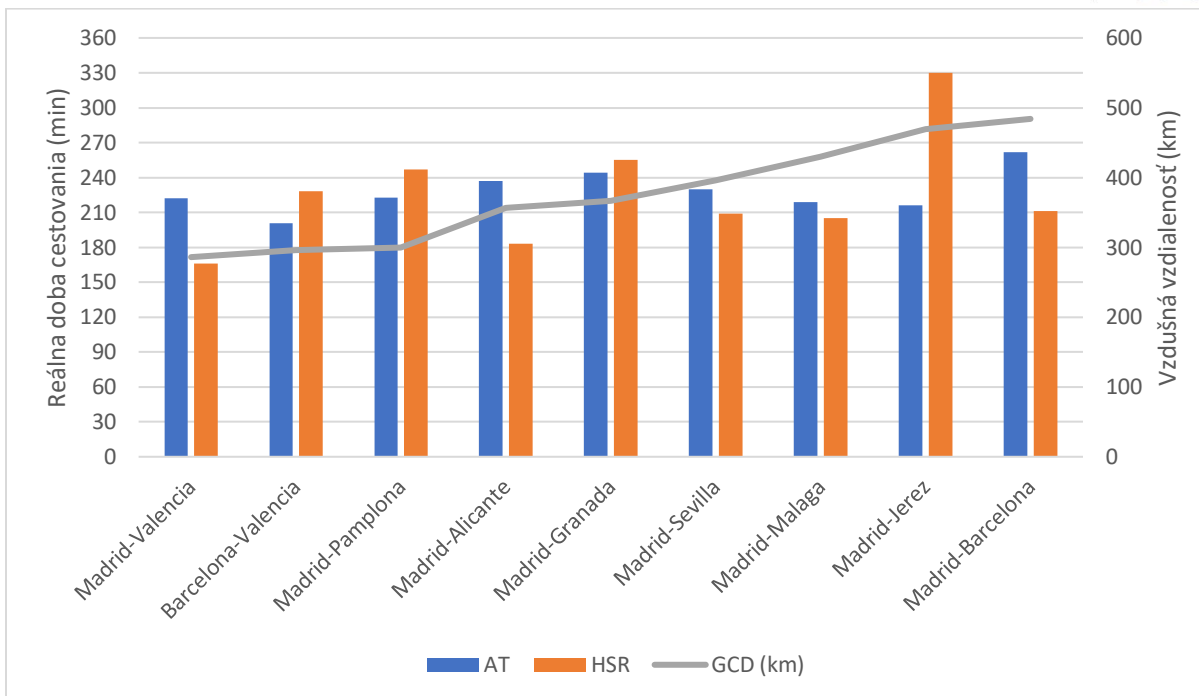


Tabuľka 8: Súhrn potrebných dát HSR dopravy, Taliansko

mestský pár	GCD (km)	avg. IVT	RTT	frekv./týždeň (2 smery)	železničné spoločnosti	kapacita 1 súpravy
Bergamo-Pescara	630	306	354	266	Frecciarossa, ItaloTreno	457, 462
Bergamo-Neapol	804	332	363	420	Frecciarossa, ItaloTreno	457, 462
Bergamo-Rím	581	242	277	56	Frecciarossa, ItaloTreno	457, 462
Malpensa-Rím	567	192	247	980	Frecciarossa, ItaloTreno	457, 462
Malpensa-Neapol	790	275	330	680	Frecciarossa, ItaloTreno	457, 462
Linate-Rím	567	192	247	980	Frecciarossa, ItaloTreno	457, 462
Linate-Neapol	790	275	330	680	Frecciarossa, ItaloTreno	457, 462
Janov-Rím	501	281	311	210	Frecciarossa, ItaloTreno	457, 462
Rím-Neapol	222	70	100	1120	Frecciarossa, ItaloTreno	457, 462
Florence-Rím	261	95	135	1050	Frecciarossa, ItaloTreno	457, 462
Rím-Bologna	353	123	168	1372	Frecciarossa, ItaloTreno	457, 462
Linate-Pescara	590	258	323	280	Frecciarossa, ItaloTreno	457, 462
Rím-Turín	724	285	320	980	Frecciarossa, ItaloTreno	457, 462
Turín-Neapol	938	360	400	812	Frecciarossa, ItaloTreno	457, 462

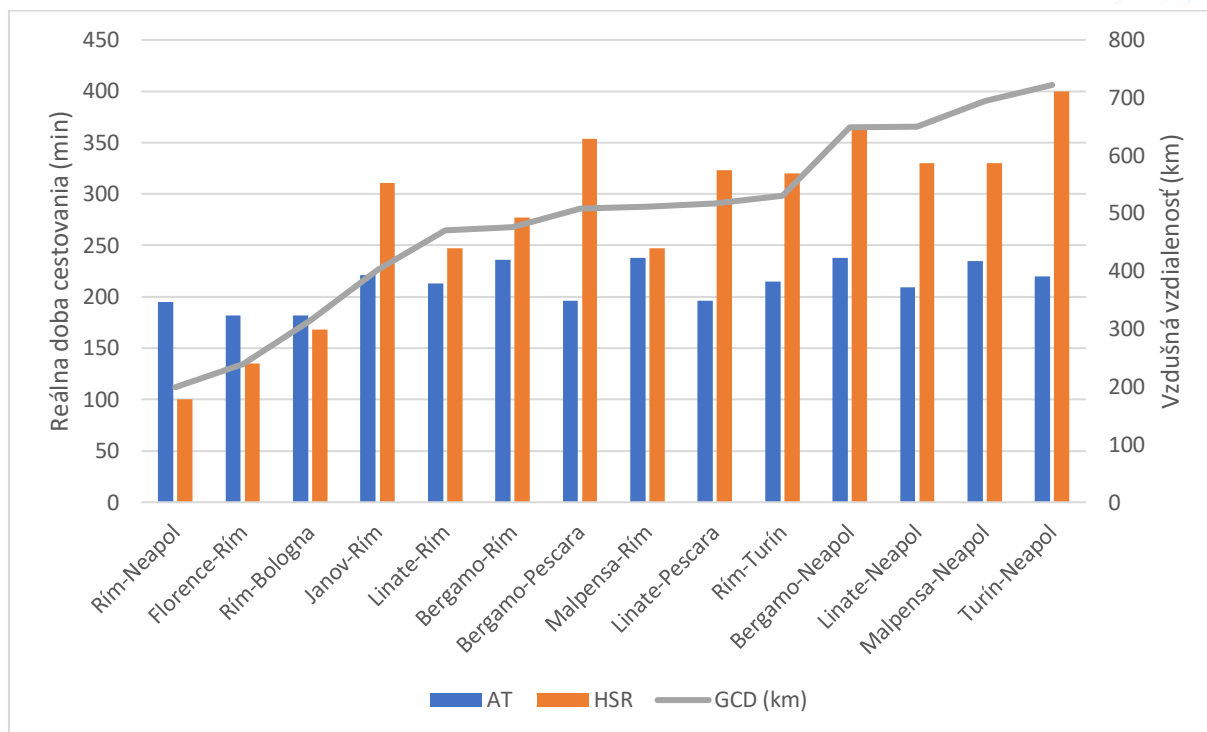
2.6 Tvorba konceptov

Pomocou zozbieraných dát bolo možné započítať porovnanie a výpočet pre 3 skúmané scenáre. Scenár č. 1 zvažuje obmedzenie leteckej dopravy na tých trasách, na ktorých tento dopravný mód neprináša významné časové úspory v RTT. Pri pohľade na obrázkoch 13 a 14 je možné vidieť porovnanie RTT analyzovaných mestských párov v Španielsku a Taliansku.



Obrázok 12: Porovnanie RTT medzi HSR a leteckej dopravy na vybraných trasách - Španielsko

Obrázok 13 naznačuje, že na koridoroch Madrid-Valencia, Madrid-Alicante, Madrid-Sevilla, Madrid-Malaga a Madrid-Barcelona nie len že letecká doprava neprináša významné časové úspory, je naviac v časovej nevýhode oproti HSR doprave. Do prvého scenáru zapadajú aj ďalšie 3 mestské páry, kde letecká doprava neprináša významné časové úspory, ich RTT neprináša časovú úsporu väčšiu ako 30 minút. Týmito mestskými párami sú Barcelona-Valencia, Madrid-Pamplona a Madrid-Granada.



Obrázok 13: Porovnanie RTT medzi HSR a leteckej dopravy na vybraných trasách – Taliansko

Obrázok 14 prináša porovnanie hodnôt RTT analyzovaných trás v Taliansku. V tomto prípade do scenára č.1 na prvý pohľad zapadajú mestské páry Rím-Neapol, Rím-Florenca a Rím-Bologna, ktorých RTT pre leteckú dopravu nadobúda vyššie hodnoty ako spojenie HSR. Porovnateľné hodnoty RTT oboch módov dopravy, kedy letecká doprava neprináša významné časové úspory je možné vidieť na koridoroch Linate-Rím, Bergamo-Rím a Malpensa-Rím. Na všetkých ostatných koridoroch prináša letecká doprava oproti HSR výraznejšie časové úspory.

Scenár č. 2 zvažuje obmedzenie leteckej dopravy na tých trasách, kde existuje spojenie HSR kratšie ako 3 hodiny (IVT). Tento scenár bol do práce vybraný podľa vzoru rakúskej legislatívy, ktorá obmedzuje lety kde existuje alternatívne železničné spojenie, ktorého plánovaná doba cesty je do 3 hodín, ako už bolo rozoberané v teoretickej časti. Podľa informácií z tabuliek 7 a 8 je možné zhodnotiť, na ktorých koridoroch existuje HSR spojenie kratšie ako 3 hodiny. Presnejšie sa jedná o trasy v Španielsku medzi mestskými párami Madrid-Valencia, Madrid-Alicante, Madrid-Malaga, Madrid-Sevilla, Madrid-Barcelona a Barcelona-Valencia. V Taliansku by podľa druhého scenáru boli obmedzené lety na koridoroch Rím-Neapol, Rím-Florenca, Rím-Bologna.



Scenár číslo 3 zvažuje obmedzenie služieb leteckej dopravy na super krátkych vzdialenostiach do 500 km. Hranica bola stanovená na základe rozboru definície super krátkych letov v kapitole o dôvodoch potreby krátkych letov. Pomocou tabuliek 7 a 8 je opäť možné vidieť, že koridory v Španielsku, ktorých GCD je menšia ako 500 km sú Madrid-Valencia, Barcelona-Valencia, Madrid-Pamplona, Madrid-Alicante, Madrid-Granada, Madrid-Sevilla, Madrid-Malaga, Madrid-Jerez a Madrid-Barcelona. Medzi talianske trasy zapadajúce do kritéria scenáru číslo 3 patria Rím-Neapol, Rím-Florenca, Rím-Bologna, Janov-Rím, Linate-Rím a Bergamo-Rím.

Pre všetky 3 scenáre boli následne vyčíslené celkové počty pasažierov potenciálne postihnutých týmito obmedzeniami. Následne prebehol výpočet potenciálne ušetrených ročných uhlíkových emisií sčítaním jednotlivých ročných emisií koridorov. Od týchto hodnôt sa následne odpočítala hodnota vyprodukovaných emisií HSR dopravou, po modálnom prechode pasažierov na tento mód dopravy. Pri výpočte sa uvažovalo že letecká doprava produkuje 9,444-krát viac emisií než HSR. Táto úvaha spočíva v porovnaní uhlíkových emisií na 1 osobo-km vyplývajúcich z leteckej a HSR dopravy (letecká doprava – 255 g/pkm, HSR – 27 g/pkm). Hodnota ročných emisií leteckej dopravy, pri preprave daného množstva pasažierov, tak bola vydelená sumou 9,444 a táto hodnota bola odpočítaná od ušetrených emisií po potenciálnom obmedzení leteckých spojení. Výsledné hodnoty boli porovnané s hodnotami uhlíkových emisií vyprodukovanými leteckou dopravou v EÚ a takisto s uhlíkovými emisiami vyprodukovanými dopravnými sektormi oboch krajín jednotlivo.

Nakoniec sa na rad dostal výpočet potrebných súprav železničných operátorov, ktoré by museli byť po obmedzení leteckej dopravy na vybraných koridoroach spustené do prevádzky, a to na základe známej kapacity súprav týchto operátorov.



3. Výsledky

Pre 3 scenáre, ktoré sú aj prínosom tejto práce boli vyčíslené počty pasažierov, ktorý by po potenciálnom obmedzení leteckej dopravy podľa vybraných kritérií scenárov, prešli na konkurenčný mód dopravy, ktorým je vysokorýchlostná železnica. Nie je možné s určitostí tvrdiť, že všetci pasažieri, ktorým nebude poskytnutá letecká doprava na obmedzených trasách, by bez váhania prešli jednoznačne na využívanie HSR služieb. Je ale možné predpokladať, že pasažieri, ktorým bude odoprená možnosť leteckej prepravy, budú vyhľadávať čo najprimeranejšiu náhradu leteckého spojenia a to najmä z pohľadu cenovej dostupnosti a doby cestovania, akou je na vybraných trasách práve vysokorýchlostná železnica.

Scenár číslo 1:

Po uvážení scenáru číslo 1, by v španielskom prípade po zrušení letov na koridoroch Madrid-Sevilla, Madrid-Málaga, Madrid-Granada, Madrid-Alicante, Madrid-Valencia, Madrid-Barcelona, Madrid-Pamplona a Barcelona-Valencia, bolo ovplyvnených 3 880 629 pasažierov. Po obmedzení letov na týchto koridoroch by sa z produkcie leteckej dopravy ušetrilo 253 588 023 kg uhlíkových emisií. Následný presun pasažierov na vysokorýchlostný železničný mód dopravy by z pohľadu navýšenej prevádzky HSR mal za následok navýšenie uhlíkových emisií v pomere 1:9,444 oproti leteckej doprave. Po odčítaní týchto novovzniknutých emisií z prvotných emisií ušetrených leteckou dopravou, by podľa scenáru č. 1 v Španielsku, mohlo byť ušetrených približne 226 736 263 kg. V roku 2019 bolo v Európskej únii vyprodukovaných leteckou dopravou približne 151 800 000 000 kg uhlíkových emisií (5). Po potenciálnom obmedzení vnútroštátnych letov podľa prvého scenáru v tejto krajine by sa ušetrilo 0,1494 % uhlíkových emisií produkovaných leteckou dopravou v EÚ. Samostatný dopravný sektor v Španielsku vyprodukoval v roku 2019 uhlíkové emisie v rozsahu 89 910 000 000 kg (95). Ak by v Španielsku nastala legislatíva podporujúca prvý scenár, krajina by v rámci celkových emisií zo svojho dopravného sektoru ušetrila 0,2522 % produkcie týchto emisií.

Vyčíslenie prebehlo aj v kontexte potrebných železničných súprav, ktoré by museli byť operátormi HSR zavedené do prevádzky. V Španielsku v rámci systému HSR operujú 3 spoločnosti, ktorými sú Renfe, Ouigo a Iryo s jednotlivými kapacitami svojich súprav 438, 510 a 457 miest na sedenie. Keďže nie je úplne jasné, aké množstvo nových spojení každý z prepravcov v budúcnosti ponúkne, tieto kapacity boli spriemerované, čím sa vytvorila priemerná štandardná súprava španielskej HSR s kapacitou 470 miest na sedenie. Pri tejto priemernej kapacite jednej železničnej súpravy a s pomocou vyčísleného počtu pasažierov prichádzajúcich z leteckej dopravy by



španielska HSR sieť musela ročne zaviesť prevádzku 8 257 nových spojení, na rôznych trasách. Štandardný rok má niečo cez 52 týždňov, preto po vydelení nových ročných spojení touto hodnotou sa ukazuje potreba 159 nových spojení v Španielsku týždenne. Táto hodnota ale očakáva plné naplnenie každého jedného železničného spojenia. Ak však vezmeme do úvahy, že súpravy budú naplnené do 80 % kapacity, ukazuje sa, že potreba nových spojení pre uchýlenie pasažierov leteckej dopravy je na hodnote 199 súprav týždenne.

Scenár číslo 1 by v Taliansku priniesol na koridoroch Bergamo-Rím, Malpensa-Rím, Linate-Rím, Rím-Neapol, Florencia-Rím a Rím-Bologna 909 757 ovplyvnených pasažierov z leteckej dopravy. Zrušenie týchto letov by zaistilo vyhnutie sa produkcii 52 319 481 kg uhlíkových emisií z leteckej dopravy. Po odčítaní emisií, ktoré by potenciálne vznikli navýšenou prevádzkou HSR sa hodnota ušetrených emisií dostáva na sumu 46 779 511 kg reálne ušetrených emisií. Táto hodnota predstavuje 0,0308 % ušetrených uhlíkových emisií, produkovaných leteckou dopravou v EÚ. Dopravný sektor v Taliansku v roku 2019 vyprodukoval približne 105 000 000 000 kg uhlíkových emisií (96). Ak by v Taliansku nastalo obmedzenie vnútroštátnych letov podľa scenáru číslo 1, ušetrené emisie z dopravného sektoru tejto krajiny by dosiahli hodnotu 0,0446 %.

Po modálnej zmene pasažierov z leteckej dopravy na HSR podľa scenáru číslo 1, by talianska železničná sieť musela spustiť prevádzku ďalších 1 978 železničných súprav ročne. Na talianskej HSR sieti operujú dvaja prevádzkovatelia, ktorými sú Trenitalia a Italo-treno, ktorých súpravy majú kapacitu 457, respektíve 462 miest na sedenie. Za štandardný taliansky železničný dopravný prostriedok sa teda považuje súprava s kapacitou 460 miest. Týždenne to znamená spustenie 39 nových spojení, avšak pri maximálnej obsadenosti vlakov. Ak počítame obsadenosť vlakov v hodnote 80 %, suma potrebných spojení sa dostáva na hodnotu 48 nových spojení týždenne. Súhrn výsledkov scenáru číslo 1 je možné vidieť v tabuľkách 9 a 10.



Tabuľka 9: Súhrn výsledkov scenáru číslo 1 - Španielsko

mestský pár	PAX	(kg) celkové emisie
Madrid-Sevilla	423 871	23 811 158
Madrid-Malaga	569 923	33 466 100
Madrid-Granada	109 817	10 301 208
Madrid-Alicante	293 441	22 013 931
Madrid-Valencia	320 545	21 854 121
Madrid-Barcelona	1 764 548	109 218 896
Madrid-Pamplona	265 656	22 366 535
Barcelona-Valencia	132 828	10 556 074
TOTAL	3 880 629	253 588 023
TOTAL po prechode na HSR		226 736 263
% zníženia emisií LD v EÚ		0,1494
% zníženia emisií dopravného sektoru ESP		0,2522
navýšenie ročnej kapacity HSR		8 257
navýšenie týždennej kapacity HSR		159
navýšenie týždennej kapacity (LF 80 %)		199

Tabuľka 10: Súhrn výsledkov scenáru číslo 1 - Taliansko

mestský pár	PAX	(kg) celkové emisie
Bergamo-Rím	100 000	6 273 693
Malpensa-Rím	100 000	5 582 855
Linate-Rím	545 132	33 155 407
Rím-Neapol	59 477	1 927 683
Florence-Rím	60 000	3 022 127
Rím-Bologna	45 148	2 357 716
TOTAL	909 757	52 319 481
TOTAL po prechode na HSR		46 779 511
% zníženia emisií LD v EÚ		0,0308
% zníženia emisií dopravného sektoru ITA		0,0446
navýšenie ročnej kapacity HSR		1 978
navýšenie týždennej kapacity HSR		39
navýšenie týždennej kapacity (LF 80 %)		48



Scenár číslo 2:

Scenár číslo 2 v Španielsku uvažuje obmedzenie leteckej dopravy na koridoroch Madrid-Sevilla, Madrid-Malaga, Madrid-Alicante, Madrid-Valencia, Madrid-Barcelona a Barcelona-Valencia, čím by bolo ovplyvnených 3 505 156 pasažierov. Hodnota ušetrených emisií, po zrušení leteckej dopravy na týchto trasách by bola 220 909 169 kg. Po odpočítaní emisií vytvorených HSR po očakávanom zväčšení dopytu po tejto službe, sa celkovo v Španielsku ušetrí 197 517 686 kg. To znamená, že po zavedení scenáru číslo 2 v Španielsku by sa ušetrilo 0,1301 % uhlíkových emisií vyprodukovaných leteckou dopravou v EÚ. Pri porovnaní ušetrených emisií s celkovými uhlíkovými emisiami vyprodukovanými dopravným sektorom v Španielsku je možné povedať, že táto krajina by zavedením scenáru číslo 2 ušetrila 0,2197 % týchto emisií.

Po zavedení tohto scenáru v Španielsku by bolo opäť potrebné navýšiť frekvenciu spojov na koridoroch a to pre viac než 3 a pol milióna pasažierov. Ročne by na španielskej HSR muselo pribudnúť minimálne 7 458 nových spojení, čo znamená 144 nových spojov týždenne a po vzatí do úvahy load factoru 80 % dokonca 180 nových spojov týždenne.

Ak by sa podľa druhého scenáru riadilo Taliansko, počet ovplyvnených pasažierov novou legislatívou by bol 164 625. Zrušením letov na koridoroch Rím-Neapol, Florencia-Rím a Rím-Bologna by sa priamo z leteckej dopravy ušetrilo 7 307 526 kg uhlíkových emisií. Po odčítaní emisií vyprodukovaných zvýšenou prevádzkou HSR sa hodnota ušetrených uhlíkových emisií tohto scenáru v Taliansku dostane na hodnotu 6 533 752 kg. Táto hodnota znamená ušetrenie 0,0043 % uhlíkových emisií produkovaných leteckou dopravou v EÚ a 0,0062 % uhlíkových emisií produkovaných dopravným sektorom v Taliansku.

Keďže tento scenár uvažuje obmedzenie leteckej dopravy len na troch koridoroch, ročne by talianska HSR musela spustiť do prevádzky 358 nových spojení. Týždenne by bolo potrebných 7 nových spojov, avšak s obsadenosťou 80 % týchto vlakov by bolo potrebných 9 nových HSR spojení. Súhrn výsledkov scenáru číslo 2 je možné vidieť v tabuľkách 11 a 12.



Tabuľka 11: Súhrn výsledkov scenáru číslo 2 - Španielsko

mestský pár	PAX	(kg) celkové emisie
Madrid-Sevilla	423 871	23 811 158
Madrid-Malaga	569 923	33 466 100
Madrid-Alicante	293 441	22 013 931
Madrid-Valencia	320 545	21 854 122
Madrid-Barcelona	1 764 548	109 218 896
Barcelona-Valencia	132 828	10 544 962
TOTAL	3 505 156	220 909 169
TOTAL po prechode na HSR		197 517 686
% zníženia emisií LD v EÚ		0,1301
% zníženia emisií dopravného sektoru ESP		0,2197
navýšenie ročnej kapacity HSR		7 458
navýšenie týždennej kapacity HSR		144
navýšenie týždennej kapacity (LF 80 %)		180

Tabuľka 12: Súhrn výsledkov scenáru číslo 2 - Taliansko

mestský pár	PAX	(kg) celkové emisie
Rím-Neapol	59 477	1 927 683
Florence-Rím	60 000	3 022 127
Rím-Bologna	45 148	2 357 716
TOTAL	164 625	7 307 526
TOTAL po prechode na HSR		6 533 752
% zníženia emisií LD v EÚ		0,0043
% zníženia emisií dopravného sektoru ITA		0,0062
navýšenie ročnej kapacity HSR		358
navýšenie týždennej kapacity HSR		7
navýšenie týždennej kapacity (LF 80 %)		9

Scenár číslo 3:

Tretí scenár v prípade Španielska zvažuje obmedzenie leteckých služieb na všetkých deviatich analyzovaných trasách, keďže vzdušná vzdialenosť všetkých týchto mestských párov je menšia ako 500 km. Ovplyvnených pasažierov by podľa tohto scenáru v Španielsku bolo 4 220 311. Po



zrušení týchto letov by sa priamo z leteckej dopravy ušetrilo 281 040 712 kg uhlíkových emisií. Po odčítaní emisií novo-vzniknutých spojov po navýšení hustoty prevádzky HSR by sa týmto scenárom v Španielsku ušetrilo 251 282 060 kg emisií uhlíka. To predstavuje zníženie emisií vyprodukovaných leteckou dopravou v EÚ o 0,1655 %. V rámci Španielska, by sa z dopravného sektoru krajiny ušetrilo 0,2795 % uhlíkových emisií.

Španielsko by podľa tohto scenáru muselo navýšiť počet súprav obsluhujúcich HSR sieť o 8 980 spojení ročne, čo predstavuje navýšenie minimálne o 173 spojov v rámci jedného týždňa. Po započítaní očakávaného load factoru 80 % bude potrebné pridať 216 nových spojov.

Scenár číslo 3 by v Taliansku obmedzil lety na trasách Bergamo-Rím, Linate-Rím, Janov-Rím, Rím-Neapol, Florencia-Neapol a Rím-Bologna, čo znamená ovplyvnenie celkového počtu 978 921 pasažierov. Hodnota ušetrených uhlíkových emisií tohto scenáru priamo z leteckej dopravy dosahuje hodnotu 56 074 233 kg. Po odčítaní nových emisií uhlíka pochádzajúcich z navýšenej prevádzky HSR bude ušetrených 50 136 682 kg uhlíkových emisií. Oproti emisiám vyprodukovaným leteckou dopravou v EÚ predstavuje táto hodnota 0,0330 % uhlíkových emisií. Dopravný sektor v Taliansku by zavedením tohto scenára ušetril 0,0477 % produkovaných emisií uhlíka.

Čo sa týka navýšenia frekvencie spojov HSR po zavedení tretieho scenára v Taliansku, ročne by na sieti tejto krajiny muselo pribudnúť minimálne 2 129 nových spojení, čo predstavuje navýšenie o 41 spojov za jeden týždeň. Pri očakávanej obsadenosti 80 % sa ukazuje potreba týždenného navýšenia spojov o 52 vysokorychlostných železničných relácií. Súhrn výsledkov scenáru číslo 2 je možné vidieť v tabuľkách 13 a 14.



Tabuľka 13: Súhrn výsledkov scenáru číslo 3 - Španielsko

mestský pár	PAX	(kg) celkové emisie
Madrid-Jerez	339 682	27 452 689
Madrid-Sevilla	423 871	23 811 158
Madrid-Malaga	569 923	33 466 100
Madrid-Granada	109 817	10 301 208
Madrid-Alicante	293 441	22 013 931
Madrid-Valencia	320 545	21 854 121
Madrid-Barcelona	1 764 548	109 218 896
Madrid-Pamplona	265 656	22 366 535
Barcelona-Valencia	132 828	10 556 074
TOTAL	4 220 311	281 040 712
TOTAL po prechode na HSR		251 282 060
% zníženia emisií LD v EÚ		0,1655
% zníženia emisií dopravného sektoru ESP		0,2795
navýšenie ročnej kapacity HSR		8980
navýšenie týždennej kapacity HSR		173
navýšenie týždennej kapacity (LF 80 %)		216

Tabuľka 14: Súhrn výsledkov scenáru číslo 3 - Taliansko

mestský pár	PAX	(kg) celkové emisie
Bergamo-Rím	100 000	6 273 693
Linate-Rím	545 132	33 155 407
Janov-Rím	169 164	9 337 607
Rím-Neapol	59 477	1 927 683
Florence-Rím	60 000	3 022 127
Rím-Bologna	45 148	2 357 716
TOTAL	978 921	56 074 233
TOTAL po prechode na HSR		50 136 682
% zníženia emisií LD v EÚ		0,033
% zníženia emisií dopravného sektoru ITA		0,0477
navýšenie ročnej kapacity HSR		2129
navýšenie týždennej kapacity HSR		41
navýšenie týždennej kapacity (LF 80 %)		52



4. Diskusia

Ako už bolo v práci niekoľko krát spomínané, letecká doprava na super krátkych až krátkych trasách je, a to najmä kvôli LTO cyklu, pri ktorom sa spotrebuje najviac paliva na preletenú vzdialenosť, najmenej efektívnym dopravným módom. Pri celosvetových snahách o spomalenie globálneho otepľovania a zníženie vplyvu leteckej dopravy na životné prostredie sa v štátoch EÚ začali cielene obmedzovať krátke, či vnútroštátne lety. Výsledky priniesli záver, že aj keď sa týmto spôsobom ušetrí istá časť uhlíkových emisií, tak v kontexte uhlíkových emisií vyprodukovaných leteckou dopravou v EÚ a uhlíkových emisií vyprodukovaných dopravnými sektormi oboch krajín je ušetrené množstvo týchto emisií len malou frakciou produkovaných emisií.

Výsledky priniesli prehľad pre španielskych a talianskych zákonodarcov, ktorý sa môžu rozhodnúť, ktoré z 3 scenárov by bolo vhodné uplatniť v rámci ich krajín. Môžu vidieť počet ročných potenciálne ovplyvnených pasažierov a potenciálne ušetrené uhlíkové emisie. Samotné výsledky ukazujú, že Španielsko by najviac emisií ušetrilo použitím scenáru číslo 3, ktorý by krajine ušetril 251 282 060 kg uhlíkových emisií ročne, pričom ovplyvnených by bolo 4 220 311 pasažierov. Pre Taliansko z pohľadu zníženia emisií sa ako najvhodnejší javí takisto scenár číslo 3, ktorý by ušetril 50 136 682 kg uhlíkových emisií, avšak je veľmi porovnateľný so scenárom číslo 1, ktorý by v krajine priniesol zníženie uhlíkových emisií o 46 779 511 kg ročne. Podľa scenáru 3 by bolo v Taliansku ovplyvnených 978 921 pasažierov. Najmenšiu redukciu uhlíkových emisií by v oboch krajinách dosiahol scenár číslo 2. V Španielsku by sa prostredníctvom tohto scenáru potenciálne ušetrilo 197 517 686 kg uhlíkových emisií a ovplyvnených by bolo 3 505 156 pasažierov. V Taliansku by scenár číslo 2 priniesol ušetrenie 6 533 752 kg uhlíkových emisií ročne, a počet ovplyvnených pasažierov by bol 164 625.

Aj keď je počet potenciálne ušetrených uhlíkových emisií z najšetrnejších scenárov veľký, pri porovnaní s celkovými emisiami produkovanými leteckou dopravou v Európskej únii, ktoré v roku 2019 boli 151 800 000 000 kg, je táto hodnota ušetrenia uhlíkových emisií minimálna a jej percentuálna hodnota v Španielsku, pre scenár číslo 3, je 0,1655 %. Najšetrnejší scenár v Taliansku, ktorým je opäť scenár číslo 3 by potenciálne ušetril 0,033 % uhlíkových emisií vyprodukovaných leteckou dopravou v EÚ. Potenciálne ušetrené uhlíkové emisie boli porovnané aj s uhlíkovými emisiami vyprodukovanými dopravnými sektormi jednotlivých krajín. Španielsky dopravný sektor v roku 2019 vyprodukoval 89 910 000 000 kg uhlíkových emisií. Najefektívnejší scenár číslo 3 by v krajine priniesol ušetrenie len 0,2795 % uhlíkových emisií. Taliansku, ktorého dopravný sektor v roku 2019 vyprodukoval 105 000 000 000 kg uhlíkových emisií, by tretí scenár priniesol zníženie emisií v dopravnom sektore krajiny len o 0.0477 %. Takto malé hodnoty



podporujú názor z výskumu, ktorý vykonali Dobruszkes et al. (10), v ktorom tvrdia, že pre efektívnejšie znižovanie uhlíkových emisií produkovaných letectvom je dôležité sa skôr zamerať na lety dlhšie než na lety na krátku vzdialenosť. Táto štúdia ukázala, že lety kratšie ako 500 km, predstavujú v Európe 27,9 % celkového počtu letov, no sú zodpovedné iba za 5,9 % spáleného palivo. Na druhej strane lety dlhšie ako 4 000 km predstavujú len 6,2 % celkového počtu letov, no sú zodpovedné za až 47 % spáleného paliva. Tým autor tejto práce potvrdzuje výskum Dobruszkes et al., a zhoduje sa, že obmedzovanie krátkych letov prispeje len veľmi málo v boji proti dopadu leteckej dopravy na životné prostredie, a že sú potrebné politické iniciatívy zamerané na dlhé lety.

Výsledky ponúkajú aj zhodnotenie, že modálny presun pasažierov z leteckej dopravy na vysokorýchlostnú železničnú dopravu, by z pohľadu dostupnej kapacity nepriniesol železničnej sieti ani jednej krajiny významný problém. Pre ukážku autor znázorní efekt na kapacitu na najvyťaženejšej z analyzovaných tratí Madrid-Barcelona. Prevádzková kapacita vysokorýchlostnej železničnej trate sa pohybuje na hodnote 11 súprav za hodinu na jednu trať (82). Vlaky operujú na tejto trati približne od 6:00 ráno do polnoci toho istého dňa. To znamená 18 hodinovú dennú prevádzku vlakov. Ak je priepustnosť HSR siete 11 súprav za hodinu, dá sa povedať, že denná kapacita tejto trate, po započítaní jedného i druhého smeru, je 396 spojov. Týždenne je teda kapacita tejto trasy rovná 2 772 spojov. Na trati Madrid-Barcelona bola v apríli 2023 k dispozícii frekvencia 588 spojení týždenne. Po pripočítaní spojov, ktoré by museli byť spustené do prevádzky na tejto trati po obmedzení leteckej dopravy, ktorých by pre danú trať bolo približne 90, sa dostávame na hodnotu 490 spojov týždenne z celkovej kapacity 2,772. Rozdiel medzi týmito dvoma hodnotami necháva dostačujúcu rezervu pre pridanie ďalších spojov a zároveň ponúka kapacitu aj pre iné (nie HSR) vlaky obsluhujúce na tejto trati.

Autor sa počas tvorby konceptov a výpočtu riadil už známymi prieskumami vykonanými v európskych krajinách. Analýza tratí a tvorba scenárov sa opierala najmä o predošlé štúdie, ktoré previedli páni Baumeister (13) a Reiter et al. (9). Rozoberané téma je však stále čerstvé a nové presnejšie informácie týkajúce sa obmedzovania krátkych letov možno očakávať v neďalekej budúcnosti.

Ako už bolo napísané, výsledky si môžu vziať do rúk politické skupiny zaoberajúce sa znižovaním uhlíkových emisií z krajín Španielsko a Taliansko. Môžu sa pozrieť na predbežné výsledky troch scenárov a dosadiť vlastné, presnejšie hodnoty a na základe tejto práce sa rozhodnúť ako nový zákon obmedzujúci krátke lety stanoviť. Prínosom však je aj poukázanie, že obmedzovanie krátkych letov nemusí byť najefektívnejším spôsobom znižovania emisií a preukazuje dôležitosť



zameriavania sa na dlhé lety, respektíve aj iné druhy dopravy produkujúce uhlíkové emisie. Autor tejto práce určite nechce tvrdiť, že obmedzovanie týchto krátkych letov je zbytočné. Pri pohľade na množstvo vyprodukovaných emisií krátkymi letmi a každým rokom sa otepľujúce podnebie Zeme je určite vhodný nájsť a preskúmať každý i keď len minimálny zdroj zníženia vplyvu ľudí na životné prostredie.



Záver

Práca rozoberala potenciálne obmedzenie vnútroštátnej leteckej dopravy v 2 európsky krajinách – Španielsko a Taliansko. Téma obmedzovania vnútroštátnych, ale aj medzištátnych, no vzdialenostne krátkych letoch je v posledných rokoch na vzostupe. Short-haul lety sú pre svoju málo energeticky efektívnu povahu cielejšie a v niekoľkých krajinách Európskej Únie je už možné vidieť ich náhradu za vysokorýchlostnú železničnú dopravu. Autor preskúmal už aktuálne platné obmedzenia týchto letov a preskúmal krajiny, kde by mohli v blízkej dobe nastať podobné iniciatívy. Ukázalo sa, že obmedzovanie krátkych či super krátkych letov nie je vždy možné, či už z dôvodov fyzických prekážok, zaistenia dostatočnej obsadenosti lietadiel či politických dôvodov. Autor takisto preskúmal aktuálnu energetickú náročnosť prevádzkovania leteckej dopravy, jej vplyv na životné prostredie a snahy leteckého priemyslu o zníženie vplyvu na životné prostredie. Práca sa zaoberá aj aktuálnym stavom európskej siete vysokorýchlostných železníc. Pre vybrané krajiny bola prevedená analýza vnútroštátnej siete ako leteckej tak aj HSR dopravy. Následne boli vybrané trate, ktoré by mohli v blízkej budúcnosti podliehať obmedzovaniu v prospech HSR. Pomocou zozbieraných dát a následných výpočtov sa podarilo predostrieť 3 scenáre pre obe krajiny. Každý zo scenárov predpokladal iné kritérium obmedzovania leteckej dopravy. Výsledkom práce je počet ušetrených emisií a počet ovplyvnených pasažierov každého scenáru, pre obe krajiny. Analyzovaná bola takisto kapacita HSR sietí a ich schopnosť absorbovať pasažierov po modálnom prechode z leteckej dopravy.

Za jednu z primárnych limitácií tejto práce autor považuje novosť a aktuálnosť tejto témy. A to najmä z pohľadu už aktívneho zakazovania krátkych letov v krajinách s platnou legislatívou, rozoberajúcou tento problém. Na príklade Rakúska je možné vidieť, že aj keď tamojšia legislatíva zakazujúca lety na trasách, kde existuje náhradná vysokorýchlostná železničná doprava, ktorej doba cestovania je menej ako 3 hodiny, už je v platnosti, tak na opísaných tratiach ďalej pokračuje prevádzka leteckej dopravy (Viedeň-Graz). Dôvodom je povaha krátkych letov, ktoré sú často prevádzkované aj na super krátkych tratiach z dôvodu zaistenia obsadenosti na ďalších, pripojovacích letoch. Legislatíva sa v tomto smere nezdá byť jasne definovaná a tým sa objavuje aj problém uplatnenia týchto pravidiel. Problém by mohol byť vyriešený spoluprácou HSR a leteckej dopravy, kedy by pasažier mohol nastúpiť na vysokorýchlostný vlak a prvú časť svojej cesty by precestoval prostredníctvom HSR, ktorá by ho vysadila priamo na uzlovom letisku, odkiaľ by pasažier pokračoval na let na dlhšiu vzdialenosť. Problémom však v tejto chvíli ostáva absencia HSR staníc na viacerých uzlových letiskách a ako je v práci viackrát rozoberané, železničné trate prepájajú prevažne centrá miest, skôr než letiská na periférii miest. Tu však vzniká problém



tvorenia obsiahlych projektov na výstavbu HSR infraštruktúry. Projekty tohto typu bývajú často ekonomicky náročné a ich výstavbou môžu vzniknúť ďalšie uhlíkové emisie, ktorých kompenzácia môže trvať desiatky rokov. Táto práca sa však výstavbou nových vysokorýchlostných tratí nezaobera a počíta len s už vybudovanými HSR trasami. Za limitáciu považuje autor aj počet ľudí, ktorý by v rámci modálnej zmeny prešli z leteckej dopravy na železničnú. V práci sa počíta s tým, že všetci pasažieri, ktorých sa dotkne obmedzenie vnútroštátnych letov prestúpia na mód HSR dopravy. Dôvodom tohto postupu je očakávanie správania pasažierov, ktorý by hľadali pre svoju cestu službu v podobnej cenovej a časovej kategórii. Je veľmi ťažko dokázateľné, že každý cestujúci sa po obmedzení leteckých spojov bude hrnúť do využívania HSR. Predpokladá sa, že časť pasažierov využije iné módy dopravy, napríklad cestnú. Tým by sa narušil aj potenciál ušetrených emisií, keďže pasažieri by mohli napríklad voliť jazdu autom obsadenom jednou či dvoma osobami, čo sa tiež nejaví ako energeticky efektívny spôsob prepravy, s potenciálnou možnosťou navýšenia cestovnej doby. Ďalšou z limitácií práce bol menší nedostatok dát o prepravených pasažieroch leteckou dopravou. V daných prípadoch musela byť použitá interpolácia pre odhad počtu pasažierov, v konečnom dôsledku sa ale nedá povedať, že by tento nedostatok výrazne ovplyvnil výsledky práce.

Prínos práce spočíva v dvoch základných bodoch. Prvým je vyčíslenie počtu ovplyvnených pasažierov po zavedení akéhokoľvek z troch scenárov pre Španielsko a Taliansko, súčasťou čoho je aj výpočet potenciálne ušetrených uhlíkových emisií. Ak by mala v dvoch spomínaných krajinách nastať v blízkej budúcnosti zmena v legislatíve, ktorej následkom by bolo obmedzovanie vnútroštátnych letov, zákonodarcovia oboch krajín môžu na základe práce určiť, ktorý scenár, alebo kritérium ktorého scenáru, by bol pre prípad ich krajiny najvhodnejší. Dosadením presnejších a aktuálnejších hodnôt potrebných dát, u ktorých sa očakáva, že štátne orgány nimi disponujú, by mohli ešte viac spresniť výsledky troch scenárov. Druhým hlavným prínosom práce je poukázanie na malú efektivitu znižovania uhlíkových emisií prostredníctvom obmedzovania krátkych letov. To najmä z toho dôvodu, že aj keď je letecká doprava na krátke vzdialenosti veľmi málo energeticky efektívna, tak je zodpovedná len za malú časť absolútneho množstva emisií produkovaných týmto módom dopravy.

Pre ďalší výskum autor navrhuje preskúmanie možnosti obmedzenia dlhých letov, ktoré sú zodpovedné za väčšie množstvo celkových emisií. Autor tým nechce naznačiť rušenie či zakazovanie medzikontinentálnych či medzištátnych letov, kedy je konektivita vyvolaná leteckou dopravou jednou z hlavných devíz tohto módu. Zaujímavou by však mohla byť koncepcia postavená na nápadе väčšieho množstva stredne dlhých letov na úkor dlhých letov v rámci



jedného kontinentu. Ďalší výskum by sa mohol takisto zaoberať možnosťou výstavby HSR staníc na uzlových letiskách a tým podporenie spolupráce leteckej a vysokorýchlostnej dopravy, kedy by pasažieri mohli využívať železničnú a leteckú dopravu v rámci jedného odbavovacieho či bezpečnostného procesu. Táto možnosť sa javí byť ako energeticky najrozumnejšia v téme spomaľovania globálneho otepľovania a znižovania vplyvu dopravného sektoru na životné prostredie.



Zoznam použitej literatúry

- (1) EC, (2011). WHITE PAPER roadmap to a single European transport area towards a competitive and resource efficient transport system. COM (2011) 144 final [online].
- (2) EEA, (2019). Transport: Increasing Oil Consumption and Greenhouse Gas Emissions Hamper EU Progress Towards Environment and Climate Objectives. Agência Europeia do Ambiente, 12.
- (3) Global transport CO2 emissions breakdown 2020 | Statista. Statista - The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies [online]. Statista 2023 [cit. 28.03.2023]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1185535/transport-carbon-dioxide-emissions-breakdown/>
- (4) Cars, planes, trains: where do CO2 emissions from transport come from? - Our World in Data. Our World in Data [online]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-transport>
- (5) EU: commercial aviation CO2 emissions by type | Statista. Statista - The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies [online]. Statista 2023 [cit. 12.05.2023]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1237688/eu-commercial-aviation-co2-emissions-by-type/>
- (6) BEHRENS, C., & PELS, E. (2012). Intermodal competition in the London–Paris passenger market: High-Speed Rail and air transport. *Journal of Urban Economics*, 71(3), 278–288. doi:10.1016/j.jue.2011.12.005
- (7) DOBRUSZKES F., “High-speed rail and air transport competition in Western Europe: a supply-oriented perspective,” *Transport Policy*, vol. 18, no. 6, pp. 870–879, 2011. Dostupné z: [10.1016/j.tranpol.2011.06.002](https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2011.06.002)
- (8) GIVONI, Moshe a Frédéric DOBRUSZKES. (2013). A Review of Ex-Post Evidence for Mode Substitution and Induced Demand Following the Introduction of High-Speed Rail. *Transport Reviews* [online]. 2013, 33(6), 720-742 [cit. 2023-03-28]. ISSN 0144-1647. Dostupné z: doi:10.1080/01441647.2013.853707
- (9) REITER, Vreni, Augusto VOLTES-DORTA a Pere SUAU-SANCHEZ. The substitution of short-haul flights with rail services in German air travel markets: A quantitative analysis. *Case Studies on Transport Policy* [online]. 2022, 10(4), 2025-2043 [cit. 2023-03-28]. ISSN 2213624X. Dostupné z: doi:10.1016/j.cstp.2022.09.001
- (10) DOBRUSZKES, Frédéric, Giulio MATTIOLI a Laurette MATHIEU. Banning super short-haul flights: Environmental evidence or political turbulence?. *Journal of Transport*



- Geography [online]. 2022, 104 [cit. 2023-03-28]. ISSN 09666923. Dostupné z: doi:10.1016/j.jtrangeo.2022.103457
- (11) DALLA CHIARA, Bruno, Davide DE FRANCO, Nicola COVIELLO a Dario PASTRONE. (2017). Comparative specific energy consumption between air transport and high-speed rail transport: A practical assessment. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* [online]. 2017, 52, 227-243 [cit. 2023-05-12]. ISSN 13619209. Dostupné z: doi:10.1016/j.trd.2017.02.006
- (12) DALKIC, Gulcin, Osman BALABAN, Hediye TUYDES-YAMAN a Tümay CELIKKOL-KOCAK. (2017). An assessment of the CO₂ emissions reduction in high speed rail lines: Two case studies from Turkey. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2017, 165, 746-761 [cit. 2023-05-12]. ISSN 09596526. Dostupné z: doi:10.1016/j.jclepro.2017.07.045
- (13) BAUMEISTER, Stefan. (2019). Replacing short-haul flights with land-based transportation modes to reduce greenhouse gas emissions: The case of Finland. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2019, 225, 262-269 [cit. 2023-05-12]. ISSN 09596526. Dostupné z: doi:10.1016/j.jclepro.2019.03.329
- (14) BAUMEISTER, Stefan a Abraham LEUNG. (2021). The emissions reduction potential of substituting short-haul flights with non-high-speed rail (NHSR): The case of Finland. *Case Studies on Transport Policy* [online]. 2021, 9(1), 40-50 [cit. 2023-05-12]. ISSN 2213624X. Dostupné z: doi:10.1016/j.cstp.2020.07.001
- (15) ROBERTSON, Simon. (2013). High-speed rail's potential for the reduction of carbon dioxide emissions from short haul aviation: a longitudinal study of modal substitution from an energy generation and renewable energy perspective. *Transportation Planning and Technology* [online]. 2013, 36(5), 395-412 [cit. 2023-05-12]. ISSN 0308-1060. Dostupné z: doi:10.1080/03081060.2013.818271
- (16) WANG, Bojun, Aidan O'SULLIVAN a Andreas W. SCHÄFER. (2019). Assessing the Impact of High-Speed Rail on Domestic Aviation CO₂ Emissions in China. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* [online]. 2019, 2673(3), 176-188 [cit. 2023-05-12]. ISSN 0361-1981. Dostupné z: doi:10.1177/0361198119835813
- (17) AVOGADRO, Nicolò, Mattia CATTANEO, Stefano PALEARI a Renato REDONDI. (2019). Replacing short-medium haul intra-European flights with high-speed rail: Impact on CO₂ emissions and regional accessibility. *Transport Policy* [online]. 2021, 114, 25-39 [cit. 2023-05-12]. ISSN 0967070X. Dostupné z: doi:10.1016/j.tranpol.2021.08.014



- (18) JIANG, Changmin, Yulai WAN, Hangjun YANG a Anming ZHANG. (2021). Impacts of high-speed rail projects on CO2 emissions due to modal interactions: A review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* [online]. 2021, 100 [cit. 2023-05-12]. ISSN 13619209. Dostupné z: doi:10.1016/j.trd.2021.103081
- (19) Transport & Environment. (2022). Roadmap to climate-neutral aviation in Europe. A study by Transport & Environment. March 2022. <https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2022/03/TE-aviationdecarbonisation-roadmap-FINAL.pdf>.
- (20) LÓPEZ-PITA, Andrés a Francesc ROBUSTÉ. (2005) Impact of High-Speed Lines in Relation to Very High Frequency Air Services. *Journal of Public Transportation* [online]. 2005, 8(2), 17-35 [cit. 2023-05-12]. ISSN 1077-291X. Dostupné z: doi:10.5038/2375-0901.8.2.2
- (21) PARK, Yonghwa a Hun-Koo HA. (2006). Analysis of the impact of high-speed railroad service on air transport demand. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* [online]. 2006, 42(2), 95-104 [cit. 2023-05-12]. ISSN 13665545. Dostupné z: doi:10.1016/j.tre.2005.09.003
- (22) GIVONI, Moshe. (2007). Environmental Benefits from Mode Substitution: Comparison of the Environmental Impact from Aircraft and High-Speed Train Operations. *International Journal of Sustainable Transportation* [online]. 2007, 1(4), 209-230 [cit. 2023-05-12]. ISSN 1556-8318. Dostupné z: doi:10.1080/15568310601060044
- (23) CLEVER, Reinhard a Mark M. HANSEN. Interaction of Air and High-Speed Rail in Japan. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* [online]. 2008, 2043(1), 1-12 [cit. 2023-05-12]. ISSN 0361-1981. Dostupné z: doi:10.3141/2043-01
- (24) JIMÉNEZ, Juan Luis a Ofelia BETANCOR. (2012). When trains go faster than planes: The strategic reaction of airlines in Spain. *Transport Policy* [online]. 2012, 23, 34-41 [cit. 2023-05-12]. ISSN 0967070X. Dostupné z: doi:10.1016/j.tranpol.2012.06.003
- (25) CLEWLOW, Regina R., Joseph M. SUSSMAN a Hamsa BALAKRISHNAN. (2014) The impact of high-speed rail and low-cost carriers on European air passenger traffic. *Transport Policy* [online]. 2014, 33, 136-143 [cit. 2023-05-12]. ISSN 0967070X. Dostupné z: doi:10.1016/j.tranpol.2014.01.015
- (26) VICKERMAN, Roger. (1997). High-speed rail in Europe: experience and issues for future development. *The Annals of Regional Science* [online]. 1997, 31(1), 21-38 [cit. 2023-05-12]. ISSN 0570-1864. Dostupné z: doi:10.1007/s001680050037



- (27) FU, Xiaowen, Anming ZHANG a Zheng LEI. (2012). Will China's airline industry survive the entry of high-speed rail?. *Research in Transportation Economics* [online]. 2012, 35(1), 13-25 [cit. 2023-05-12]. ISSN 07398859. Dostupné z: doi:10.1016/j.retrec.2011.11.006
- (28) KROES, Eric a Fons SAVELBERG. (2019). Substitution from Air to High-Speed Rail: The Case of Amsterdam Airport. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* [online]. 2019, 2673(5), 166-174 [cit. 2023-05-12]. ISSN 0361-1981. Dostupné z: doi:10.1177/0361198119839952
- (29) MARTÍN, Juan Carlos a Gustavo NOMBELA. (2007). Microeconomic impacts of investments in high speed trains in Spain. *The Annals of Regional Science* [online]. 2007, 41(3), 715-733 [cit. 2023-05-12]. ISSN 0570-1864. Dostupné z: doi:10.1007/s00168-007-0116-8
- (30) BILOTKACH, Volodymyr, Xavier FAGEDA a Ricardo FLORES-FILLOL. (2010) Scheduled service versus personal transportation: The role of distance. *Regional Science and Urban Economics* [online]. 2010, 40(1), 60-72 [cit. 2023-05-12]. ISSN 01660462. Dostupné z: doi:10.1016/j.regsciurbeco.2009.09.003
- (31) GONZALEZ-SAVIGNAT, M., 2004. Competition in Air Transport: The Case of the High Speed Train. *Journal of Transport Economics and Policy* 38 (1), 77–107
- (32) DOBRUSZKES, Frédéric, Catherine DEHON a Moshe GIVONI. Does European high-speed rail affect the current level of air services? An EU-wide analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* [online]. 2014, 69, 461-475 [cit. 2023-05-12]. ISSN 09658564. Dostupné z: doi:10.1016/j.tra.2014.09.004
- (33) D'ALFONSO, Tiziana, Changmin JIANG a Valentina BRACAGLIA. Air transport and high-speed rail competition: Environmental implications and mitigation strategies. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* [online]. 2016, 92, 261-276 [cit. 2023-05-12]. ISSN 09658564. Dostupné z: doi:10.1016/j.tra.2016.06.009
- (34) ZANIN, Massimiliano, Ricardo HERRANZ a Sophie LADOUSSE. Environmental benefits of air–rail intermodality: The example of Madrid Barajas. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* [online]. 2012, 48(5), 1056-1063 [cit. 2023-05-12]. ISSN 13665545. Dostupné z: doi:10.1016/j.tre.2012.03.008
- (35) WESTIN, Jonas a Per KÅGESON. Can high speed rail offset its embedded emissions?. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* [online]. 2012, 17(1), 1-7 [cit. 2023-05-12]. ISSN 13619209. Dostupné z: doi:10.1016/j.trd.2011.09.006



- (36) HALPERN, Nigel a Svein BRÅTHEN. Impact of airports on regional accessibility and social development. *Journal of Transport Geography* [online]. 2011, 19(6), 1145-1154 [cit. 2023-05-12]. ISSN 09666923. Dostupné z: doi:10.1016/j.jtrangeo.2010.11.006
- (37) RODRIGUE, Jean-Paul. *The Geography of Transport Systems* [online]. Fifth edition. | Abingdon, Oxon ; New York, NY: Routledge: Routledge, 2020 [cit. 2023-05-13]. ISBN 9780429346323. Dostupné z: doi:10.4324/9780429346323
- (38) FILIPPONE, Antonio a Ben PARKES. Evaluation of commuter airplane emissions: A European case study. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* [online]. 2021, 98 [cit. 2023-05-13]. ISSN 13619209. Dostupné z: doi:10.1016/j.trd.2021.102979
- (39) DOBRUSZKES, Frédéric. Why do planes not fly the shortest routes? A review. *Applied Geography* [online]. 2019, 109 [cit. 2023-05-13]. ISSN 01436228. Dostupné z: doi:10.1016/j.apgeog.2019.06.001
- (40) German Environmental Groups Urge Ban on Short-Haul Flights | Aviation Pros. Home | Aviation Pros [online]. 2021 dpa GmbH. Distributed by [cit. 13.05.2023]. Dostupné z: <https://www.aviationpros.com/airlines/news/21243304/german-environmental-groups-urge-ban-on-shorthaul-flights>
- (41) CHIAMBARETTO, Paul a Christopher DECKER. Air–rail intermodal agreements: Balancing the competition and environmental effects. *Journal of Air Transport Management* [online]. 2012, 23, 36-40 [cit. 2023-05-13]. ISSN 09696997. Dostupné z: doi:10.1016/j.jairtraman.2012.01.012
- (42) MARTÍN, Juan Carlos, Concepción ROMÁN, Juan Carlos GARCÍA-PALOMARES a Javier GUTIÉRREZ. Spatial analysis of the competitiveness of the high-speed train and air transport: The role of access to terminals in the Madrid–Barcelona corridor. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* [online]. 2014, 69, 392-408 [cit. 2023-05-13]. ISSN 09658564. Dostupné z: doi:10.1016/j.tra.2014.09.010
- (43) DOBRUSZKES, Frédéric a Charbel IBRAHIM. “High fuel efficiency is good for the environment”: Balancing gains in fuel efficiency against trends in absolute consumption in the passenger aviation sector. *International Journal of Sustainable Transportation* [online]. 2022, 16(11), 1047-1057 [cit. 2023-05-13]. ISSN 1556-8318. Dostupné z: doi:10.1080/15568318.2022.2106463
- (44) TURGUT, Enis T., Oznur USANMAZ a Mustafa CAVCAR. The effect of flight distance on fuel mileage and CO₂ per passenger kilometer. *International Journal of*



- Sustainable Transportation [online]. 2018, 13(3), 224-234 [cit. 2023-05-13]. ISSN 1556-8318. Dostupné z: doi:10.1080/15568318.2018.1459970
- (45) ZOU, Bo, Matthew ELKE, Mark HANSEN a Nabin KAFLE. Evaluating air carrier fuel efficiency in the US airline industry. Transportation Research Part A: Policy and Practice [online]. 2014, 59, 306-330 [cit. 2023-05-13]. ISSN 09658564. Dostupné z: doi:10.1016/j.tra.2013.12.003
- (46) PARK, Yongha a Morton E. O'KELLY. Fuel burn rates of commercial passenger aircraft: variations by seat configuration and stage distance. Journal of Transport Geography [online]. 2014, 41, 137-147 [cit. 2023-05-13]. ISSN 09666923. Dostupné z: doi:10.1016/j.jtrangeo.2014.08.017
- (47) Burzlaff, M., 2017. Aircraft Fuel Consumption – Estimation and Visualization. Aircraft Design and Systems Group (AERO), Department of Automotive and Aeronautical Engineering. Hamburg University of Applied Sciences. Dostupné z: <https://www.repo.uni-hannover.de/bitstream/handle/123456789/2579/TextBurzlaff.pdf?sequence=1>
- (48) GÖSSLING, Stefan, Paul HANNA, James HIGHAM, Scott COHEN a Debbie HOPKINS. Can we fly less? Evaluating the 'necessity' of air travel. Journal of Air Transport Management [online]. 2019, 81 [cit. 2023-05-13]. ISSN 09696997. Dostupné z: doi:10.1016/j.jairtraman.2019.101722
- (49) Aviation – Analysis - IEA. IEA – International Energy Agency [online]. IEA [cit. 13.05.2023]. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/aviation>
- (50) Cars, planes, trains: where do CO2 emissions from transport come from? - Our World in Data. Our World in Data [online]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-transport>
- (51) LARSSON, Jörgen, Anna ELOFSSON, Thomas STERNER a Jonas ÅKERMAN. International and national climate policies for aviation: a review. Climate Policy [online]. 2019, 19(6), 787-799 [cit. 2023-05-13]. ISSN 1469-3062. Dostupné z: doi:10.1080/14693062.2018.1562871
- (52) Updated analysis of the non-CO2 effects of aviation. Redirecting to /select-language?destination=/node/1 [online]. Dostupné z: https://climate.ec.europa.eu/news-your-voice/news/updated-analysis-non-co2-effects-aviation-2020-11-24_en
- (53) LEE, D.S., D.W. FAHEY, A. SKOWRON, et al. The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. Atmospheric Environment [online]. 2021, 244 [cit. 2023-05-13]. ISSN 13522310. Dostupné z: doi:10.1016/j.atmosenv.2020.117834



- (54) Transport sector CO₂ emissions by mode in the Sustainable Development Scenario, 2000-2030 – Charts – Data & Statistics - IEA. IEA – International Energy Agency [online]. IEA [cit. 13.05.2023]. Dostupné z: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/transport-sector-co2-emissions-by-mode-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2030>
- (55) Air transport, passengers carried | Data. World Bank Open Data | Data [online]. [cit. 13.05.2023]. Dostupné z: <https://data.worldbank.org/indicator/IS.AIR.PSGR>
- (56) DGAC, 2019. Les émissions gazeuses liées au trafic aérien en France en 2018. Dostupné z: https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Emissions_gazeusesVF.pdf
- (57) Air France, K.L.M., 2019. CSR Report 2018. Dostupné z: <https://www.airfranceklm.com/en/finance/publications/annual-semi-annual-documents>
- (58) BAHAROZU, Eren, Gurkan SOYKAN a M. Baris OZERDEM. Future aircraft concept in terms of energy efficiency and environmental factors. Energy [online]. 2017, 140, 1368-1377 [cit. 2023-05-13]. ISSN 03605442. Dostupné z: doi:10.1016/j.energy.2017.09.007
- (59) TIMMIS, Andrew J., Alma HODZIC, Lenny KOH, Michael BONNER, Constantinos SOUTIS, Andreas W. SCHÄFER a Lynnette DRAY. Environmental impact assessment of aviation emission reduction through the implementation of composite materials. The International Journal of Life Cycle Assessment [online]. 2015, 20(2), 233-243 [cit. 2023-05-13]. ISSN 0948-3349. Dostupné z: doi:10.1007/s11367-014-0824-0
- (60) SMITH, P.M., M.J. GAFFNEY, W. SHI, S. HOARD, I. Ibarrola ARMENDARIZ a D.W. MUELLER. Drivers and barriers to the adoption and diffusion of Sustainable Jet Fuel (SJF) in the U.S. Pacific Northwest. Journal of Air Transport Management [online]. 2017, 58, 113-124 [cit. 2023-05-13]. ISSN 09696997. Dostupné z: doi:10.1016/j.jairtraman.2016.10.004
- (61) STETTLER, M. E. J., G. S. KOUDIS, S. J. HU, A. MAJUMDAR a W. Y. OCHIENG. The impact of single engine taxiing on aircraft fuel consumption and pollutant emissions. The Aeronautical Journal [online]. 2018, 122(1258), 1967-1984 [cit. 2023-05-13]. ISSN 0001-9240. Dostupné z: doi:10.1017/aer.2018.117
- (62) ROSENOW, Judith a Hartmut FRICKE. Impact of multi-criteria optimized trajectories on European airline efficiency, safety and airspace demand. Journal of Air Transport Management [online]. 2019, 78, 133-143 [cit. 2023-05-13]. ISSN 09696997. Dostupné z: doi:10.1016/j.jairtraman.2019.01.001



- (63) MCLENNAN, Char-lee J., Susanne BECKEN, Rod BATTYE a Kevin Kam Fung SO. Voluntary carbon offsetting: Who does it?. *Tourism Management* [online]. 2014, 45, 194-198 [cit. 2023-05-13]. ISSN 02615177. Dostupné z: doi:10.1016/j.tourman.2014.04.009
- (64) BECKEN, Susanne a Jon SHUKER. A framework to help destinations manage carbon risk from aviation emissions. *Tourism Management* [online]. 2019, 71, 294-304 [cit. 2023-05-13]. ISSN 02615177. Dostupné z: doi:10.1016/j.tourman.2018.10.023
- (65) POSTORINO, Maria Nadia, Luca MANTECCHINI a Filippo PAGANELLI. Improving taxi-out operations at city airports to reduce CO2 emissions. *Transport Policy* [online]. 2019, 80, 167-176 [cit. 2023-05-13]. ISSN 0967070X. Dostupné z: doi:10.1016/j.tranpol.2018.09.002
- (66) KILKIŞ, Şan a Şiir KILKIŞ. Benchmarking airports based on a sustainability ranking index. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2016, 130, 248-259 [cit. 2023-05-13]. ISSN 09596526. Dostupné z: doi:10.1016/j.jclepro.2015.09.031
- (67) BARRETT, Stephen. *Airport Greenhouse Gas Reduction Efforts* [online]. Washington, D.C: Transportation Research Board, 2019 [cit. 2023-05-13]. ISBN 978-0-309-48079-6. Dostupné z: doi:10.17226/25609
- (68) BECKEN, S., PANT, P., 2019. *Airline Initiatives to Reduce Climate Impact (Amadeus White Paper)*. Dostupné z: <https://amadeus.com/documents/en/pdfs/airline-initiatives-to-reduce-climate-impact.pdf>
- (69) LIU, Xiao, Ye HANG, Qunwei WANG a Dequn ZHOU. Flying into the future: A scenario-based analysis of carbon emissions from China's civil aviation. *Journal of Air Transport Management* [online]. 2020, 85 [cit. 2023-05-13]. ISSN 09696997. Dostupné z: doi:10.1016/j.jairtraman.2020.101793
- (70) SUAU-SANCHEZ, Pere, Augusto VOLTES-DORTA a Natàlia CUGUERÓ-ESCOFET. An early assessment of the impact of COVID-19 on air transport: Just another crisis or the end of aviation as we know it?. *Journal of Transport Geography* [online]. 2020, 86 [cit. 2023-05-13]. ISSN 09666923. Dostupné z: doi:10.1016/j.jtrangeo.2020.102749
- (71) TERRENOIRE, E, D A HAUGLUSTAINE, T GASSER a O PENANHOAT. The contribution of carbon dioxide emissions from the aviation sector to future climate change. *Environmental Research Letters* [online]. 2019, 14(8) [cit. 2023-05-13]. ISSN 1748-9326. Dostupné z: doi:10.1088/1748-9326/ab3086
- (72) Length of the high-speed rail network in Europe 2020, by country | Statista. Statista - The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies [online].



- Statista 2023 [cit. 13.05.2023]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/451818/length-of-high-speed-railway-lines-in-use-in-europe-by-country/#statisticContainer>
- (73) Milestones: 1969–1976 - Office of the Historian. Office of the Historian [online]. Dostupné z: <https://history.state.gov/milestones/1969-1976/oil-embargo>
- (74) Fact Sheet | High Speed Rail Development Worldwide | White Papers | EESI. Environmental and Energy Study Institute | Ideas. Insights. Sustainable Solutions. [online]. Environmental and Energy Study Institute [cit. 13.05.2023]. Dostupné z: <https://www.eesi.org/papers/view/fact-sheet-high-speed-rail-development-worldwide>
- (75) Length of the high-speed rail network in the EU-27 | Statista. Statista - The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies [online]. Statista 2023 [cit. 13.05.2023]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/451816/length-of-railway-lines-in-use-in-europe-eu-28/>
- (76) AMIZADEH, Fatemeh, Gustavo ALONSO, Arturo BENITO a Gustavo MORALES-ALONSO. Analysis of the recent evolution of commercial air traffic CO2 emissions and fleet utilization in the six largest national markets of the European Union. Journal of Air Transport Management [online]. 2016, 55, 9-19 [cit. 2023-05-13]. ISSN 09696997. Dostupné z: doi:10.1016/j.jairtraman.2016.04.006
- (77) Travel carbon footprint by transport mode | Statista. Statista - The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies [online]. Statista 2023 [cit. 13.05.2023]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1185559/carbon-footprint-of-travel-per-kilometer-by-mode-of-transport/>
- (78) ICAO. (2017). Airline Operating Costs and Productivity. Dostupné z: <https://www.icao.int/mid/documents/2017/aviation%20data%20and%20analysis%20seminar/ppt3%20-%20airlines%20operating%20costs%20and%20productivity.pdf>
- (79) Inflation Calculator | Find US Dollar's Value From 1913-2023. Inflation Calculator | Find US Dollar's Value From 1913-2023 [online]. 2008 [cit. 13.05.2023]. Dostupné z: <https://www.usinflationcalculator.com/>
- (80) ATAG. Air Transport Action Group. (2018). Powering global economic growth, employment, trade links, tourism and support for sustainable development through air transport. Dostupné z: https://aviationbenefits.org/media/166712/abb18_global-summary_web.pdf
- (81) OLIVEIRA, Luis, Claudia BRUEN, Stewart BIRRELL a Rebecca CAIN. What passengers really want: Assessing the value of rail innovation to improve



- experiences. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives [online]. 2019, 1 [cit. 2023-05-13]. ISSN 25901982. Dostupné z: doi:10.1016/j.trip.2019.100014
- (82) Italy's high-speed train celebrates its 30th anniversary – Mediarail.be – Rail Europe News. Mediarail.be – Rail Europe News – The railway online magazine français/anglais [online]. Dostupné z: <https://mediarail.wordpress.com/italys-high-speed-train-celebrates-its-30th-anniversary/>
- (83) Renfe marks 15 years of high-speed rail between Madrid and Barcelona | RailTech.com. RailTech.com [online]. 2015 [cit. 13.05.2023]. Dostupné z: <https://www.railtech.com/infrastructure/2023/02/20/renfe-marks-15-years-of-high-speed-rail-between-madrid-and-barcelona/?gclid=deny>
- (84) PAGLIARA, Francesca, José Manuel VASSALLO a Concepción ROMÁN. High-Speed Rail versus Air Transportation. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board [online]. 2012, 2289(1), 10-17 [cit. 2023-05-13]. ISSN 0361-1981. Dostupné z: doi:10.3141/2289-02
- (85) Spain Rail Map 2023 | High-Speed Routes | Trainline. Trainline : Search, Compare & Buy Cheap Train Tickets [online]. 2023 Trainline.com Limited and its affiliated companies. All rights reserved. [cit. 13.05.2023]. Dostupné z: <https://www.thetrainline.com/trains/spain/map>
- (86) Domestic aviation: Spain-to-Spain is W Europe's largest market | CAPA. CAPA - Centre for Aviation [online]. 2023. All rights reserved. Informa Markets, a trading division of Informa PLC. [cit. 13.05.2023]. Dostupné z: <https://centreforaviation.com/analysis/reports/domestic-aviation-spain-to-spain-is-w-europes-largest-market-467345>
- (87) European Countries by Population (2023) - Worldometer. Worldometer - real time world statistics [online]. Worldometers.info [cit. 13.05.2023]. Dostupné z: <https://www.worldometers.info/population/countries-in-europe-by-population/>
- (88) 2022-12 - Aeroporti 2030. AEROPORTI 2030 [online]. [cit. 13.05.2023]. Dostupné z: <https://www.aeroporti2030.com/airport-traffic-data/2022-12/>
- (89) Alitalia: logo, slot e «MilleMiglia» valgono 220 milioni di euro- Corriere.it. Corriere della Sera: news e ultime notizie oggi da Italia e Mondo [online]. RCS Mediagroup S.p.a. Tutti i diritti sono riservati [cit. 13.05.2023]. Dostupné z: https://www.corriere.it/economia/aziende/20_ottobre_28/alitalia-logo-slot-millemiglia-valgono-220-milioni-euro-a73da470-1883-11eb-8b6a-8e17b1e81f26.shtml



- (90) Italy airports map - Map of Italy showing airports (Southern Europe - Europe). Italy map - Maps Italy (Southern Europe - Europe) [online]. 2023 [cit. 13.05.2023]. Dostupné z: <https://maps-italy.com/maps-italy-transports/italy-airports-map>
- (91) GIVONI, Moshe. Development and Impact of the Modern High-speed Train: A Review. Transport Reviews [online]. 2007, 26(5), 593-611 [cit. 2023-05-13]. ISSN 0144-1647. Dostupné z: doi:10.1080/01441640600589319
- (92) WANG, Wei, Huijun SUN a Jianjun WU. How does the decision of high-speed rail operator affect social welfare? Considering competition between high-speed rail and air transport. Transport Policy [online]. 2020, 88, 1-15 [cit. 2023-05-13]. ISSN 0967070X. Dostupné z: doi:10.1016/j.tranpol.2020.01.008
- (93) OECD. International Transport Forum. (2021). Ready for Take-Off? Integrating Drones into the Transport System. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/349698945_Ready_for_Take-Off_Integrating_Drones_into_the_Transport_System
- (94) EU: commercial aviation CO2 emissions by type | Statista. Statista - The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies [online]. Statista 2023 [cit. 13.05.2023]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1237688/eu-commercial-aviation-co2-emissions-by-type/>
- (95) European Parliament. Climate Action In Spain. EU progress on climate action. 2021. Dostupné z: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/690579/EPRS_BRI\(2021\)690579_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/690579/EPRS_BRI(2021)690579_EN.pdf)
- (96) Italy: annual greenhouse gas emissions of the transport sector 2020 | Statista. Statista - The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies [online]. Statista 2023 [cit. 13.05.2023]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/411880/annual-greenhouse-gas-emissions-of-the-transport-sector-in-italy/>