

ČETNOSTI SPOJENÍ VEŘEJNOU DOPRAVOU MEZI OBCEMI V KRAJÍCH ČESKÉ REPUBLIKY

FREQUENCIES OF PUBLIC TRANSPORT CONNECTIONS BETWEEN MUNICIPALITIES IN REGIONS OF THE CZECH REPUBLIC

Jan Tesla¹, Jiří Horák², Igor Ivan³

Anotace: Důležitou součástí dopravních analýz je hodnocení dopravní dostupnosti. Nejrůznější ukazatele se využívají jak pro individuální tak i pro hromadnou dopravu. Nicméně ukazatele pro hodnocení dostupnosti veřejnou dopravou se často liší od metrik pro dostupnost individuální dopravou a to hlavně z důvodu nedostatku vhodných dat. V článku je hodnoceno jedno z kritérií, kterým jsou četnosti spojení veřejnou hromadnou dopravou ve vybraných časových intervalech během dne. K hodnocení se využívají jak autobusové, tak i vlakové dopravní spojení mezi obcemi v České republice s využitím programu TRAM a ukazují na různou úroveň dostupnosti v průběhu dne a taky na rozdíly v dostupnosti mezi jednotlivými kraji. Hodnocen je také vztah mezi vzdáleností a počtem spojení, kdy rovněž tento vztah se mění jak v čase, tak i mezi kraji.

Klíčová slova: četnosti spojení, veřejná doprava, dopravní dostupnost.

Summary: Transport accessibility assessment is an important part of transport analyses. Various metrics have been used for both individual and mass transport systems. Nevertheless metrics for individual transport often differ from metrics for mass transport due to lack of data sources. The paper addresses analysis of public transport accessibility using frequencies of public transport connections in selected time intervals during one day. Both, bus and train connections between all municipalities in the Czech Republic are analysed using developed software TRAM. The frequency analysis shows significant differences of the level of accessibility during a day and among regions. The relationships between distances and number of connections are also analysed and these relationships are also variable in time and among regions.

Key words: frequencies of connections, public transport, transport accessibility.

ÚVOD

Veřejná hromadná doprava, navzdory klesající tendenci ve světě (1), ve všech svých formách tvoří základní pilíř denní dojížděky, zejména v dojížděce za prací. Proto v několika Evropských státech tvoří veřejná doprava významný podíl v přepravě osob (43% - 57% veškeré přepravy osob (10)).

¹ Ing. Jan Tesla, Institut geoinformatiky, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu 15, 70833, Ostrava-Poruba,
E-mail: jan.tesla@vsb.cz

² Doc. Dr. Ing. Jiří Horák, Institut geoinformatiky, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu 15, 70833, Ostrava-Poruba,
E-mail: jiri.horak@vsb.cz

³ Ing. Igor Ivan, Ph.D., Institut geoinformatiky, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu 15, 70833, Ostrava-Poruba,
E-mail: igor.ivan@vsb.cz

Nejčastějším ukazatelem nebo mírou dojížděky a propojenosti regionálních center a příslušných obcí je dopravní dostupnost, vyjádřená jako relativní blízkost jednoho místa vůči jiným místům (3). Rozlišujeme čtyři základní typy měr dostupnosti (míry založené na infrastruktuře, poloze, osobách nebo službách) (3), (4), (5) a (6), které nabízejí čtyři základní přístupy kvantifikace dostupnosti v regionálních analýzách dopravy. Obecně se však pro veřejnou dopravu rozlišují čtyři základní skupiny metrik: dostupnost zastávek, časová náročnost spojení veřejnou dopravou, dostupnost vybraných cílů a četnosti spojení. Cílem článku je právě využít poslední z uvedených metrik a tedy hodnotit četnosti spojení veřejnou hromadnou dopravou v krajích České republiky. Jsou také doporučeny dvě metody standardizace pro možnou komparaci výsledků.

Jelikož potřeba dojíždět je silně proměnlivá během dne (7), což se odráží ve změnách četnosti spojů veřejné dopravy, ke studiu podmínek dojížděky do práce (které se značně odráží i v dojížděce do škol) byly vybrány tyto časové intervaly: 5:00 – 6:00 (dále 5_6), 6:00 – 7:00 (dále 6_7), 7:00 – 8:00 (dále 7_8), 13:00 – 14:00 (dále 13_14) a 21:00 – 22:00 (dále 21_22). Tyto časové intervaly odráží hlavní dojezdové proudy za prací, včetně směnných provozů (13_14 a 21_22). Ačkoliv analýzy četnosti samy o sobě nabízejí významný zdroj informací pro vyhodnocení dostupnosti, je potřeba uvést, že výsledky jsou silně závislé na parametrech vyhledávání spojů veřejné dopravy.

Četnosti spojů závisí (podle generalizovaného gravitačního zákona, (8)) na objemu zdrojů (populační velikost počáteční obce), atraktivitě a kapacitě cíle a (inverzně) na vzdálenostech mezi zdroji a cíli. Zejména atraktivita zdrojů se obtížně hodnotí, protože existuje široké spektrum faktorů, které jsou spjaty s osobními preferencemi jednotlivých dojíždějících. Tyto osobní preference mohou být ohodnoceny pomocí nových zdrojů dat a informací z internetu, jako je např. intenzita a struktura hesel vyhledávaných ve vyhledávacích (9). Tyto preference pak mohou být následně kombinovány s omezeními, jako je například vlastnictví automobilu (10).

Rostoucí výpočetní výkon a kapacita umožňují zpracovat velké objemy širokých datových zdrojů, jako jsou například jízdní řády veřejné dopravy. V České republice existuje unikátní Celostátní informační systém jízdních řádů. Ten obsahuje schválené jízdní řády linek vnitrostátní linkové dopravy a linek mezinárodní linkové dopravy, které mají na území České republiky zastávku pro nástup nebo výstup cestujících. Jeho správou je od roku 2001 pověřena firma Chaps spol. s r. o. Autoři vyvinuli systém pro fyzické a masivní vyhledání dopravních spojení z jízdních řádů, pro který využívají modul firmy Chaps, spol. s r. o. Vzhledem k velkému objemu dat o jednotlivých dopravních spojeních byl vyvinut systém postavený na architektuře klient-server. Klientskou aplikaci tvoří software TRAM (VŠB-TU Ostrava (11)). Jednotliví klienti pak přistupují k jízdním řádům právě přes tento modul a vyhledávají jednotlivá dopravní spojení mezi definovaným počátkem a cílem. Ty se ukládají do Databáze dopravních spojení.

1. METODOLOGIE

Vyhledávání spojů veřejné dopravy (dojížděka za prací a do škol) podléhá pravidlům, která byla pro toto zpracování definována jako (11), (12): délka spojení mezi zdrojem a cílem

(obcemi) je stanovena na 100 km (Euklidovská vzdálenost), cestovní čas nesmí překročit 90 minut, maximální počet přestupů 5, čas příjezdu dříve než 60 minut před začátkem směny a čas odjezdu z počáteční obce nesmí být dříve než 120 minut před začátkem směny. Spojení byla vyhledávána k 16. 12. 2014. Na základě vyhovujících spojení jsou stanoveny podmínky dojížděky mezi obcemi a parametry jako: vzdálenost, četnost spojů v stanoveném časovém intervalu, cestovní čas, počet přestupů a cena spojení (11). Rovněž jsou vyhledávána zpáteční spojení po uplynutí 8,5 resp. 8 hodin (v případě směnného provozu). Databáze dopravních spojení je pravidelně aktualizována a může být využita mnoha způsoby. Jednou z ukázek je vyhodnocení podmínek dojížděky veřejnou dopravou v Ostravském regionu, na základě gravitačního modelování pro různé sektory průmyslu (13).

Následně byly pro každou obec sečteny nalezené spojení (počet spojení – POCET5_6 atd.) a výsledky byly agregovány do intervalů vzdálenosti po 1 km pro vyhodnocení vztahů mezi vzdáleností a počtem spojů. Pro regionální vyhodnocení bylo potřeba standardizovat počet spojení, aby byl eliminován vztah mezi počtem spojů a počtem obcí v daném regionu. Byly vybrány dvě varianty standardizace:

- Průměrný počet za každou obci (PPOCET) – který reprezentuje průměrný počet spojení z každé obce v daný časový interval (a volitelný interval vzdálenosti).
- Intenzita spojení (P1000OBYV) – jež tvoří průměrný počet dopravních spojení přepočtený na 1000 obyvatel v obci v daný časový interval (a volitelný interval vzdálenosti).

Vztah mezi parametry a vzdáleností byl analyzován pomocí grafů, kde byl použit vážený klouzavý průměr tří členů (váhy jsou počty obcí, respektive počty obyvatel).

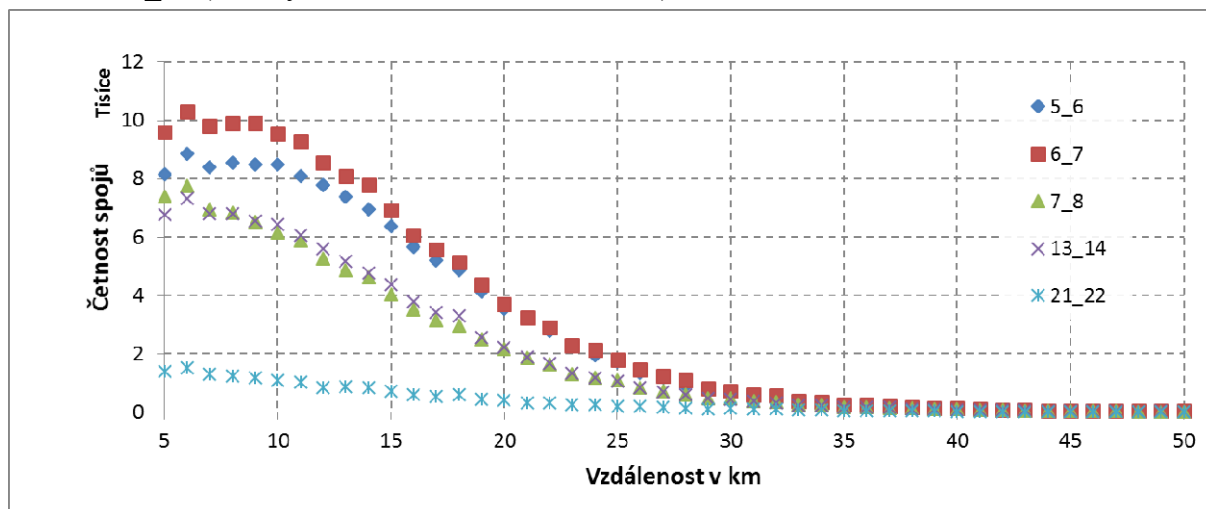
2. ČETNOST SPOJENÍ VEŘEJNÉ DOPRAVY A ZÁVISLOST ČASOVÝCH INTERVALŮ

V prvním kroku byly analyzovány počty spojení v daný časový interval pro celou Českou republiku (Obr. 1), kde je jasně pozorovatelný na jednotlivých křivkách inverzní vztah mezi vzdáleností a počtem spojů (distance-decay effect). Maximální hodnoty jsou ve vzdálenosti 6-10 km (ovšem v závislosti na daný časový interval; samozřejmě první dva ranní intervaly vykazují větší počty i na větší vzdálenosti) a následně křivky klesají téměř až lineárně. Inflexní bod (indikátor změny trendu) se vyskytuje okolo 23. kilometru a následně křivky pomalu klesají až k limitní hodnotě vzdálenosti spojení okolo 30. kilometru. Poté křivky asymptoticky dosahují nulové frekvence (okolo 35. kilometru; ovšem opět v závislosti na daném časovém intervalu).

2.1 Změny v čase

Počet spojení v intervalu 7_8 a 13_14 jsou téměř stejné, což může znamenat, že podstatná část spojení odráží dojížděku do/ze škol. Nicméně chybí důkaz potvrzující tuto hypotézu. Změny v četnosti mezi intervaly 5_6 a 6_7 jsou vyšší pro krátké vzdálenosti a nad 20 kilometrů jsou rozdíly v četnosti velmi malé, což odráží velký podíl dojížděky na krátkou vzdálenost v prvním ranním intervalu.

Oproti tomu změny v intervalu mezi 10. až 50. kilometrem vykazují konzistentní vzor, který se mění pouze v závislosti na potřeby dojížděky v průběhu dne. Spearmanův koeficient korelace mezi četností spojů v různých denních časových intervalech je velmi vysoký a významný (od 0,997 do 1,0 na hladině významnosti 0,01). Nejvíce rozdílnou křivku tvoří interval 21_22 (rozdíly ve tvarech křivek na Obr. 1).



Zdroj: Databáze dopravních spojení

Obr. 1 – Počet spojů mezi obcemi na základě vzdálenosti a časových intervalů v České republice

3. REGIONÁLNÍ ROZDÍLY

Studie se zaměřuje na všech 14 krajů (NUTS3, k.) České republiky (Obr. 2): Praha (PHA), Středočeský k. (STC), Jihočeský k. (JHC), Plzeňský k. (PLK), Karlovarský k. (KVK), Ústecký k. (ULK), Liberecký k. (LBK), Královéhradecký k. (HKK), Pardubický k. (PAK), Vysočina (VYS), Jihomoravský k. (JHM), Olomoucký k. (OLM), Zlínský k. (ZLK) a Moravskoslezský k. (MSK).

Existují různé přístupy ke kvalitativnímu a kvantitativnímu studiu regionální služby veřejné dopravy. Mnoho studií se zaměřuje na 24 hodinové četnosti dopravních spojení ((2), (14) a (15)), proto byly průměrné počty spojů v každé obci použity jako první varianta standardizace.

3.1 Průměrné počty dopravních spojení v každé obci (PPOCET)

Jelikož Hlavní město Praha se skládá pouze z jedné obce a výsledky by byly samozřejmě extrémní, byla Praha vyloučena z této analýzy. Stejně jako v předešlých vyhodnoceních (3), (4), (10), (12) a (13) vykazují kraje na Moravě a Slezsku vyšší hodnoty parametrů dojížděky a četnosti dopravních spojení. Právě proto se může mluvit o takzvané západo-východní polaritě dopravní dostupnosti v České republice (12). Nejvyšší hodnoty vykazují JHM, ZLK (pro všechny časové intervaly), MSK (pro většinu časových intervalů) a OLK (pro první časový interval). Nejnižší hodnoty jsou v PLK, JHC a často také na Vysočině (Tabulka 1).

Tento indikátor má velký nedostatek – u větších obcí se kumuluje více dopravních spojení. Pro rozlišení rozdílu efektu větší plochy a vyšší populace doporučujeme použití počtu

dopravních spojení standardizovaný počtem populace jako indikátoru četnosti dopravních spojení veřejnou dopravou mezi obcemi (intenzita dopravních spojení P1000OBYV).

Tab. 1 - Průměrné četnosti dopravních spojení (PPOCET) v každé obci

KRAJ	5:00 – 6:00	6:00 – 7:00	7:00 – 8:00	13:00 – 14:00	21:00 – 22:00
STC	24,7	31,6	23,4	18,6	4,5
JHC	17,3	18,1	11,4	11,1	1,3
PLK	14,3	14,6	9,8	9,6	1,2
KVK	17,4	23,9	17,1	14,6	3,3
ULK	25,6	27,0	18,4	20,2	3,6
LBK	25,0	23,4	19,0	19,1	3,6
HKK	26,5	30,5	18,2	22,8	2,8
PAK	27,9	29,3	15,6	21,7	3,2
VYS	20,1	20,1	11,4	13,1	0,7
JHM	33,8	39,4	27,4	23,0	5,3
OLK	30,2	29,4	18,7	22,7	5,0
ZLK	32,8	40,5	24,3	26,6	5,9
MSK	26,9	32,7	25,4	22,1	7,1

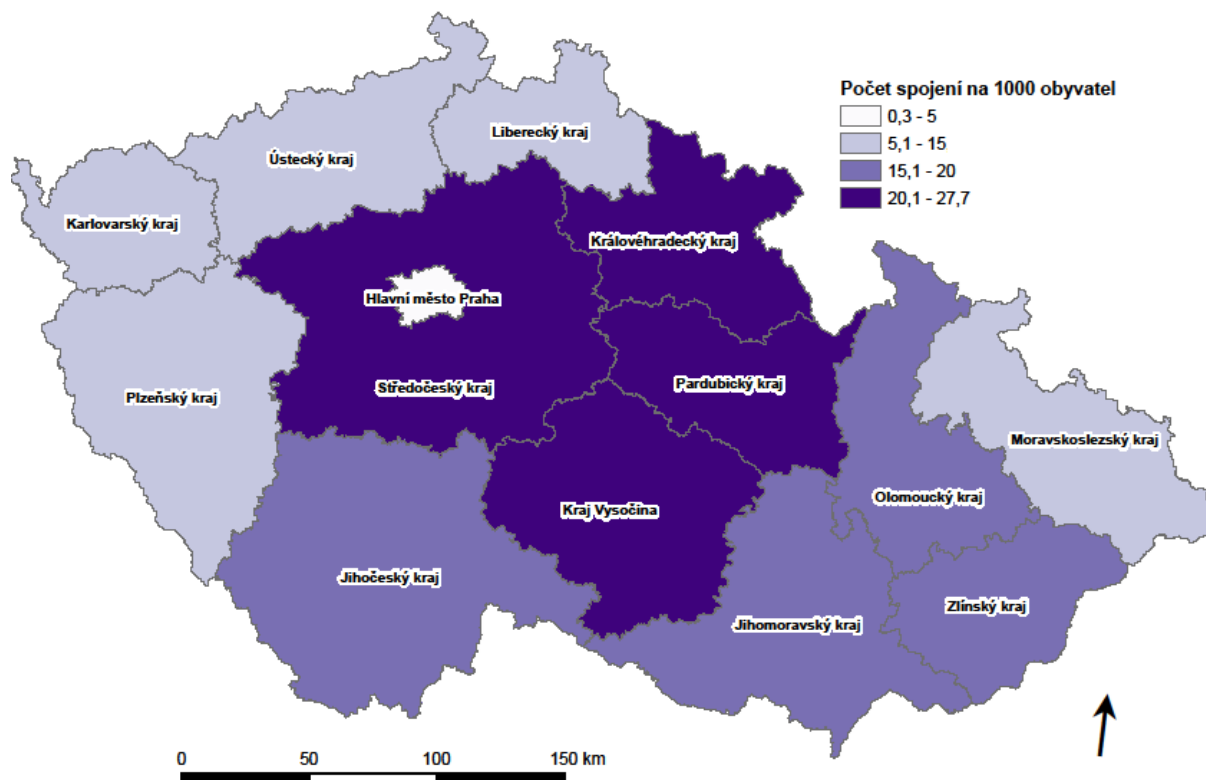
Zdroj: Databáze dopravních spojení

3.2 Intenzita dopravních spojení (P1000OBYV)

Intenzita dopravních spojení nabízí rozdílný pohled na regionální situaci četnosti spojení. Ve všech časových intervalech pozorujeme stejný vzor intenzity dopravních spojení. Nízké hodnoty jsou spjaté s periferními kraji na západních hranicích (KVK, ULK a PLK) a dále pak LBK a MSK. Výjimku taktéž tvoří Hlavní město Praha s velmi nízkými hodnotami inter-regionálních spojení v porovnání s počtem obyvatel a naproti tomu STK, který obklopuje Hlavní město Praha, vykazuje velmi vysoké hodnoty pro všechny časové intervaly, což dokumentuje dobré podmínky veřejné dopravy ve středních Čechách v okolí Hlavního města Prahy.

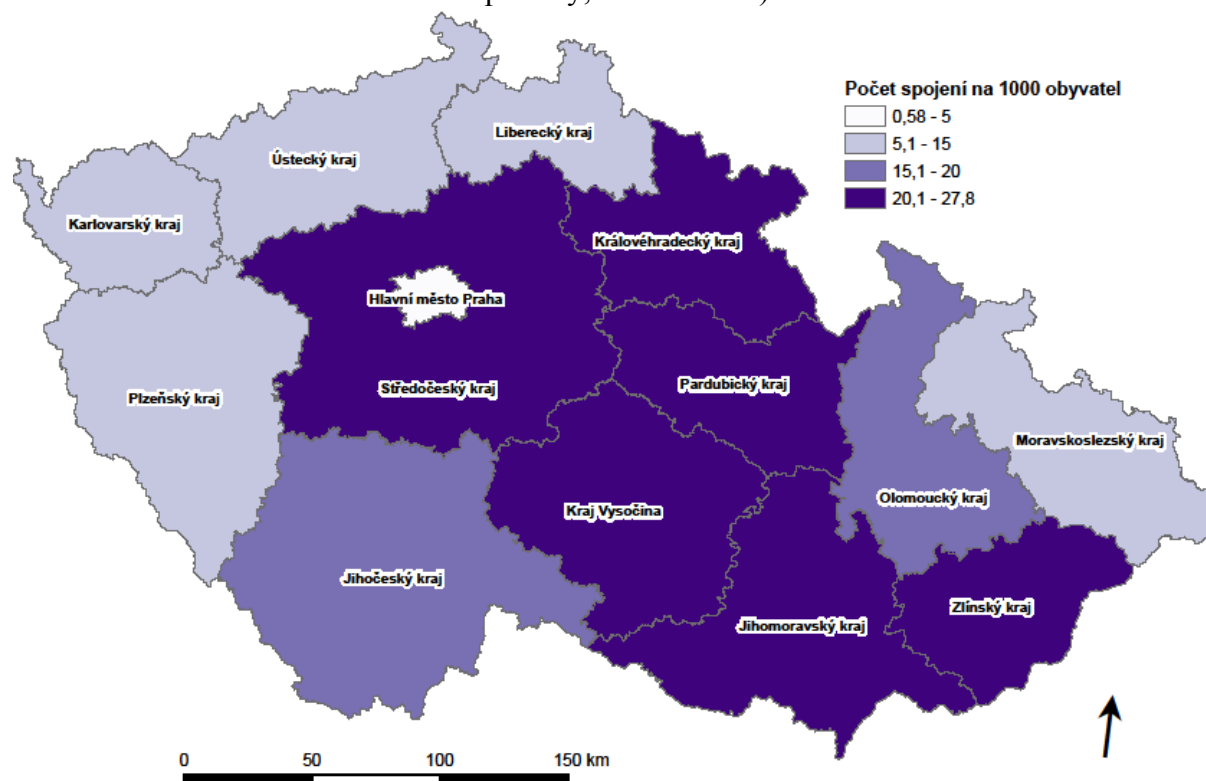
Dobrá ranní konektivita (časové intervaly 5_6, 6_7 a 7_8) je ve východních Čechách (PAK, HKK a VYS) a na Moravě (kromě MSK, Obr. 2 a 3). Ovšem situace v odpoledním intervalu je odlišná. Kraje ve východních Čechách jsou dominantní (vyšší hodnoty) a naproti tomu v JHC kraji a na Moravě jsou hodnoty nižší. V nočním časovém intervalu (21_22) je intenzita dopravních spojení naprosto rozdílná, nejvyšší hodnoty vykazují STC kraj a Moravské kraje JMK, OLK a ZLK.

Nejvíce rozdílné hodnoty (oproti ostatním krajům) pozorujeme na Vysočině. Intenzita dopravních spojení se v tomto kraji mění během dne z kraje, který patří ke krajům s nejlepší obsluhovaností, až po kraj s nejhorší obsluhovaností. Pozorujeme rapidní pokles intenzity dopravních spojení během dne a velké problémy s dojížděnkou na druhou a třetí směnu (13_14 a 21_22).



Zdroj: Databáze dopravních spojení

Obr. 2 – Počet spojení na 1000 obyvatel pro časový interval 5:00 – 6:00 (v krajích České republiky, 16. 12. 2014)



Zdroj: Databáze dopravních spojení

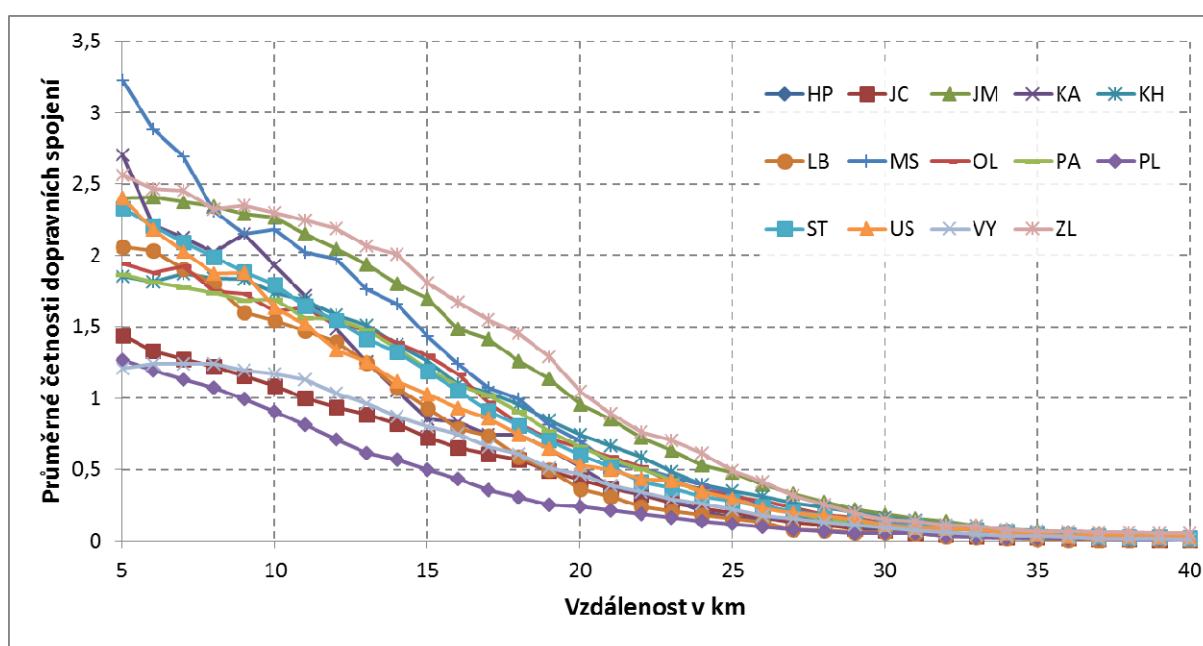
Obr. 3 – Počet spojení na 1000 obyvatel pro časový interval 6:00 – 7:00 (v krajích České republiky, 16. 12. 2014)

Když propojíme obě varianty standardizace, získáme více komplexní vyhodnocení regionálních rozdílů. Dobré výsledky vykazují JHM a STK a naproti tomu špatné v případě KVK a PLK. V MSK kraji jsou nejlepší hodnoty průměrných četností dopravních spojení za obec, ale nejmenší četnost na 1000 obyvatel. Takže pozorujeme dobrou průměrnou konektivitu ve vztahu k počtu obcí, ale špatnou konektivitu s ohledem na počet obyvatel, což můžeme hodnotit jako výhodné podmínky pro poskytovatele veřejné dopravy. To je způsobeno velkým počtem obcí s vysokou hustotou obyvatel. Na druhou stranu na Vysočině pozorujeme přesně opačnou situaci. Nízkou průměrnou četnost dopravních spojení za obec, ale vysokou četnost na 1000 obyvatel. Tuto situaci můžeme hodnotit jako špatnou konektivitu mezi obcemi, která vede k nízké efektivnosti dopravního systému díky nízkému počtu obyvatel.

3.3 Vztah mezi vzdáleností a počtem dopravních spojení

Vztah mezi vzdáleností a počtem dopravních spojení je hodnocen pomocí agregovaných četností spojení v kilometrových intervalech. Graf efektu vzdálenostního poklesu (distance-decay effect) pomáhá k pochopení chování indikátorů v jednotlivých krajích.

Rozdíly v četnosti v krajích dosahují významných rozdílů. Obvykle kraje s nejlepším počtem spojení mají více než dvakrát vyšší počet spojení než kraje se spojením nejhorším.



Zdroj: Databáze dopravních spojení

Obr. 4 – Průměrné četnosti dopravních spojení za obce v časovém intervalu 6:00 – 7:00 podle vzdálenostních intervalů pro kraje České republiky (vážený klouzavý průměr)

Tyto závislosti ukazují proměnlivé chování indikátorů veřejné dopravy (obr. 4). Zatímco PLK má konstantně špatné výsledky ve všech vzdálenostních intervalech, tak KVK vykazuje rychlé změny hodnot průměrné četnosti – pro malé vzdálenosti vysoké hodnoty (jedny z nejvyšších pro interval 5 kilometrů), ale pro 12 kilometrů patří KVK ke skupině krajů s nejhoršími podmínkami. Tyto rychlé změny mohou být částečně vysvětleny malou

velikostí kraje (a malým počtem obcí). Podobně velké změny však pozorujeme také u MSK – velmi vysoké četnosti pro krátké vzdálenosti a střední hodnoty četnosti pro velké vzdálenosti.

ZÁVĚR

Článek si klade za cíl analyzovat regionální rozdíly v dostupnosti veřejnou hromadnou dopravou pro různé časové intervaly. K tomuto účelu jsou použity dva (standardizované) ukazatele. V článku jsou použity počty dopravních spojení, která zastavují v jednotlivých obcích, což umožňuje lépe posoudit situaci v krajích, než v případě využití počtu linek procházejících územím (2). Linky jsou často rozdílné svou délkou a počtem zastavení a nejsou omezeny umělými administrativními hranicemi.

Maximální četnost dopravních spojení je do vzdálenosti okolo 10 kilometrů, s velmi nízkou četností za hranicí 30 kilometrů.

Regionální rozdíly naproti tomu jsou významně velké. Nejlepší kraj (s výjimkou Hlavního města Prahy) má přibližně dvakrát větší četnost spojení než kraj nejhorší. Kombinované vyhodnocení může napomoci posouzení efektivnosti dopravní obslužnosti (dopravního systému).

PODĚKOVÁNÍ

Výzkum byl podpořen Grantovou agenturou České republiky (GAČR), projekt Prostorové simulační modelování dostupnosti, č. 14-26831S, a VŠB-TU Ostrava, Hornicko-geologickou fakultou, Studentskou grantovou soutěží (SGS), projekt Gravitační modelování specifických problémů v geoinformatice, č. SP2015/38.

POUŽITÁ LITERATURA

- (1) WHITE, P. *Public Transport: Its Planning, Management, and Operation*. New York: Spoon Press, 2002, x, 219 p. ISBN 978-041-5257-725.
- (2) HORŇÁK, M., PŠENKA, T. Verejná Doprava Ako Indikátor Medzisídelných Väzieb Medzi Miestami Slovenska, *Geographical Journal*, Comenius University in Bratislava, Slovak Republic, 2013, vol. 65, pp. 119-140.
- (3) HORÁK, J., IVAN, I., FOJTÍK, D., BURIAN, J. Large Scale Monitoring of Public Transport Accessibility in the Czech Republic. Proceedings of the 2014 *15th International Carpathian Control Conference (ICCC)*, 2014.
- (4) HORÁK, J., IVAN, I., FOJTÍK, D. Time of day dependency of public transport accessibility in the Czech Republic. In: Ivan, I., Benenson, I., Jiang, B., Horák, J., Haworth, J., Inspektor, T.: *Geoinformatics for Intelligent Transportation*. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, 2015, Vol. 214, 93–108. DOI: 10.1007/978-3-319-11463-7_7.
- (5) GEURS, K.T., RITSEMA van ECK, J.R. *Accessibility Measures: Review and Applications*, RIVM Report 408505 006, National Institute of Public Health and the Environment, 2008.

- (6) GEURS, K.T., Van WEE, B. Accessibility Evaluation of Land-Use and Transport Strategies: Review and Research Directions, *Journal of Transport Geography*, 2004, vol. 12, no. 2, pp. 127-140.
- (7) ZHANG, X., Huang, H., ZHANG, H.M. Integrated Daily Commuting Patterns and Optimal Road Tolls and Parking Fees in a Linear City. *Transportation Research Part B: Methodological*, 2008, vol. 42, issue 1, s. 561-582.
- (8) REILLY, W. *Methods for the Study of Detail Relationships*. Bureau of Business Research. University of Texas, Austin. 1931.
- (9) HORÁK, J., IVAN, I., NÁVRATOVÁ, M., ARDIELLI, J. Searching of Czech towns by Google users. *Geografie*, 2013 vol. 118, no. 3, pp. 284-307.
- (10) IVAN, I., HORÁK, J. Demand and supply of transport connections for commuting in the Czech Republic. In: Ivan, I., Benenson, I., Jiang, B., Horák, J., Haworth, J., Inspektor, T.: *Geoinformatics for Intelligent Transportation*. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, 2015, Vol. 214, 137–147. DOI: 10.1007/978-3-319-11463-7_10.
- (11) FOJTÍK, D., IVAN, I., HORÁK, J., GROSSMAN, J. H. Database of Public Transport Connections — its Creation and Use. *12th International Carpathian Control Conference (ICCC)*, 2011, p. 155-214. DOI: 10.1093/acprof:osobl/9780199682164.003.0003.
- (12) IVAN, I., HORÁK, J., FOJTÍK, D., INSPEKTOR, T. Evaluation of Public Transport Accessibility at Municipality Level in the Czech Republic. *13th SGEM GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing*, 2013.
- (13) HORÁK, J., IVAN, I., TESLA, J. Improved Gravity Models of Commuting Conditions: a Czech Case Study. Proceedings of the *International Conference on Traffic and Transport Engineering, ICTTE Belgrade*, 2014, pp. 171–179. ISBN 978-86-916153-2-1.
- (14) CURRIE G.G. Quantifying Spatial Gaps in Public Transport Supply Based on Social Needs, *Journal of Transport Geography*, 2010, vol. 18, p. 31-41.
- (15) CEBOLLADA, A. Mobility and Labour Market Exclusion in the Barcelona Metropolitan Region, *Journal of Transport Geography*, 2009, vol. 17, no. 3, p. 226-233.