

VPLYV INTENZITY DOPRAVY NA ZMENY POPULAČNÉHO POTENCIÁLU ZÁZEMIA BRATISLAVY

Richard Stanek, Dagmar Kusendová, Pavol Ďurček

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra ekonomickej a sociálnej geografie, demografie a územného rozvoja, e-mail: stanek13@uniba.sk, dagmar.kusendova@uniba.sk,, paval.durcek@uniba.sk

Abstract: The main goal of the paper is to show and analyze the impact of traffic intensity on the transport accessibility of places within the hinterland of the city of Bratislava using the population potential. Traffic intensity is recorded in a network dataset, which was used for calculate distances between individual locations. The network model integrates a static part, a representation of the road network, which is constant with respect to the compared sections and a dynamic part, which is represented by changing traffic intensity. Traffic intensity is divided in four traffic intensity states – night, saddle, peak and theoretical average. To assess changes in accessibility based on traffic intensity, relative rates of accessibility were selected, specifically the population potential, which is a variant of the interaction potential when a population is selected as the interacting mass. The population potential can be calculated on the basis of many functions which have the task of simulating the effect of distance and thus changing its impact on the value of the interaction. Therefore, the methodology further describes the function of calculating the interaction potential, where the power-exponential function was chosen, as well as a substantial part of the calculations of potentials, namely the solution of the issue of internal distance. In the resulting part, the achieved values of the potential are presented and described, the expression of changes by absolute and relative measures of difference, while the state with average traffic intensity is considered as the basis value. The results show the distribution of population potential within the monitored area. It is concentrated in populations and economically large settlements, as well as in the vicinity of motorways and major roads. The largest changes in population potential are recorded between the values of potentials between night and peak traffic intensity, especially in urban areas of Bratislava, its immediate vicinity and in the belt of municipalities that are connected to the D1 motorway with a significant impact on traffic intensity.

Keywords: traffic intensity, transport accessibility, population potential, GIS

1 ÚVOD

Prakticky hneď od vzniku Slovenskej republiky v roku 1993 zaujíma región Bratislavy výrazne dominantnú pozíciu v rámci regionálnej štruktúry Slovenska nielen vďaka rozvinutému medzinárodnému odchodu, ekonomickým aktivitám, kon-

centracii riadiacich inštitúcií, sústredeniu univerzitného vzdelávania, vedy a výskumu, ale aj vďaka dobrým dopravným a komunikačným spojeniam. Funkčný mestský región Bratislavy sa zaradil medzi regióny, ktoré disponujú poznatkovo orientovanou ekonomikou generujúcou inovácie, čím výrazne prevyšuje ostatné regióny Slovenska z pohľadu sily ekonomiky a predstavuje „prominentný“ pól ekonomiky Slovenska (Buček, 2003; Rajčáková a Švecová, 2009; Korec, 2009; Korec et al., 2012). Šveda (2010) konštatuje, že Bratislava a jej bezprostredné zázemie predstavuje najdynamickejšie sa rozvíjajúci región Slovenska. Bratislava jednoznačne patrí medzi významné politické, ekonomické a kultúrne centrá strednej a východnej Európy (Korec a Ondoš, 2009).

Región Bratislavy, podobne ako iné veľké mestá v strednej Európe, predstavuje oblasť, kde dochádza v posledných 30 rokoch k zásadným zmenám v priestorovej organizácii spoločnosti, pričom, medzi inými, dominantný je tu aj proces suburbanizácie. Ako uvádza Sýkora (2002), suburbanizácia prináša celý rad dopadov na prostredie, v ktorom sa odohráva. Práve región Bratislavy predstavuje územie, kde prebiehajú procesy suburbanizácie vo veľkom rozsahu, výrazne menia geografickú organizáciu spoločnosti a jej činnosti (Šveda a Vigašová, 2010). Suburbanizácia v zázemí Bratislavy spôsobuje zmeny funkčného využívania územia, mení jeho morfológickú štruktúru a aj sociálnu skladbu obyvateľov zázemia (Šveda, 2011). Proces decentralizácie možnosti bývania a komerčných aktivít z jadra mestského regiónu do jeho zázemia viedli k prerozdeleniu obyvateľstva a zmenili sociálno-priestorové usporiadanie v regiónu (Šveda et al., 2016).

Podstata suburbanizácie vytvára veľké nároky a tlak na dopravnú infraštruktúru, vzhľadom na nesúlad medzi miestom bydliska na jednej strane a prácou, školami a službami na strane druhej (Sýkora, 2002; Urbánková a Ouředníček, 2006; Šveda a Križan, 2012; Šveda a Šuška, 2014). Z rezidenčnej suburbanizovanej zóny častokrát predstavuje osobný automobil jedinou možnosť na prekonanie priestorovej separácie medzi bydliskom a prácou. Tým sa stáva veľká časť populácie regiónu závislá na využívaní osobného automobilu a pomocou neho sa realizuje dochádzka za prácou (Michniak, 2008). Narastá miera automobilizácie a naopak klesá využívanie hromadnej dopravy (Pucher a Buehler, 2005; Faith, 2008; Horňák a Pšenka, 2013). Tým, že región Bratislavy predstavuje ekonomickú a všeobecne spoločenskú silu, ktorá nemá na Slovensku konkurenciu, predstavuje zároveň dopravný uzol, kde sa stretáva tranzitná doprava, medzinárodná a medziregionálna doprava s dochádzkou do zamestnania zo suburbanizovanej zóny. Michniak (2016) uvádza, že na Slovensku v roku 2001 58 % obyvateľov odchádzalo do inej obce v rámci okresu a 36 % do obce mimo okresu a 6 % do zahraničia, pričom v roku 2011 miera dochádzky do obce mimo okresu narástla na 39 %. Dochádzka do obce mimo okresu sa najvýraznejšie prejavuje práve v zázemí veľkých miest a v rámci Slovenska má v tomto ohľade Bratislava špeciálne postavenie. V okresoch Malacky, Senec a Pezínok z Bratislavského kraja, ale tiež v okresoch Trnavského kraja (najmä Dunajská Streda a Galanta) sa silno prejavuje dochádzka do Bratislavy (Michniak, 2005). Pohyb obyvateľstva dobre demonštrujú údaje zo sčítania obyvateľstva v roku 2011 na príklade hlavného mesta, ktoré malo v tom roku 411 228 obyvateľov a ďalších 140 tisíc do-

chádzajúcich do mesta (ŠÚ SR, 2011). V štúdií Šveda a Barlík (2018) venujúcej sa územiu regiónu Bratislavy založenej na sledovaní polohy SIM kariet (metóda, ktorá na jednej strane prináša aktuálnejší obraz o polohe obyvateľstva ako sčítanie, na strane druhej môže obsahovať niekoľko nepresností) je v celom regióne 85 tisíc používateľov telefónov pracujúcich mimo obce bydliska a z nich je 45 % takých, ktorí sa presúvajú medzi mestskými časťami so štatútom obce v rámci mesta Bratislava. Zároveň autori uvádzajú, že v zázemí mesta (okresy Malacky, Pezinok, Senec a Dunajská Streda) sa nachádza 86 tisíc používateľov telefónov, 15 tisíc z nich dochádza do Bratislavy a 4,6 tisíc používateľov smeruje naopak z Bratislavy do zázemia.

Tieto faktory majú veľký dopad na intenzitu pohybu vozidiel na cestách, kde sa pochopiteľne stretáva individuálna automobilová doprava, verejná hromadná doprava a v prípade regiónu Bratislavy aj objemná nákladná kamiónová doprava. Je zrejme, že doprava osobná i nákladná zohráva významnú úlohu pri formovaní a rozvoji regiónov (Branický, 1999). Kraft a Vančura (2009) tvrdia, že intenzita dopravy na cestách je jedným z hlavných ukazovateľov nielen dopravnej, ale aj všeobecne sídelnej hierarchie sídel. Narastajúca automobilizácia a s ňou spojená intenzita dopravy vytvára nároky na výstavbu nových a výkonnejších cestných komunikácií, ktorých úlohou je zmenšiť priestorovú separáciu, či už vzdialenosnú alebo časovú, pri udržaní, prípadne zlepšení bezpečnosti, priblížiť miesto „štartu a cieľa“ a celkovo zlepšiť dostupnosť. A tak na jednej strane dochádza k zlepšeniu dopravnej dostupnosti vďaka výstavbe nových komunikácií (Linneker a Spence, 1992; Gutierrez a Gomez, 1999; Guterrez, 2001; Martin et al., 2010; Hudeček, 2010; Hudeček, Churaň a Kufner, 2011; Stepniak a Rosik, 2013; Rosik a Stepniak, 2015; Rosik et al., 2015; Ďurček et al., 2020), na strane druhej sú komunikácie vystavené veľkému náporu, najmä v určitých obdobiach v rámci dňa, najmä v ranej a popoludňajšej špičke a sú náchylné na zrútenie plynulosti dopravného prúdu a vznik kongescií, ktoré majú samozrejme výrazne negatívne dopady na dostupnosť cieľových miest (Wiśniewski, 2018; Palúch et al., 2019; Hu et al., 2020).

Dopravná dostupnosť jednotlivých miest a oblastí v aglomerácii je teda výrazne ovplyvňovaná aktuálnou intenzitou dopravy, ktorá je tesne spojená s denným dopravným rytmom. Denný dopravný rytmus v takomto prostredí vykazuje podobné vlastnosti, reflektujúce dennú rytmiku spoločensko-ekonomických procesov. Denný dopravný rytmus je teda ovplyvnený najmä ranným presunom z miesta bydliska na miesto pracoviska (kritické je najmä časový interval 6.00 – 9.00 bežného pracovného dňa) a naopak poobedným presunom opačným smerom (tu je kritický časový interval 15.00 – 18.00 bežného pracovného dňa). To sa následne prejavuje tradičnou krivkou zaťaženia ciest priebehu dňa, kedy v ranných a podvečerných hodinách zaznamenávame dopravnú špičku, medzi nimi sledujeme dopravné sedlo, zvyšok času sú cestné komunikácie menej zaťažené (Ahas et al., 2010; Lahari a Yao, 2012; van Ruth, 2014; Nemeškal et al., 2020).

Cieľom tohto príspevku je analýza zmien dostupnosti v rámci širšieho zázemia (definovaného nižšie) mesta Bratislava v podmienkach denného dopravného rytmu pomocou dostupných dátových súborov a geografických informačných systémov (GIS).

2 KONCEPT DOPRAVNEJ DOSTUPNOSTI A POPULAČNÝ POTENCIÁL

Analýzy dopravnej dostupnosti sú veľmi častým konceptom v humánnej geografii, pretože nám umožňujú identifikovať miesto a tok obyvateľov alebo osôb, ponúkajú pohľad na stav infraštruktúry, zabezpečenia obslužnosti územia, a tiež ponúkajú odpovede na zložitejšie priestorové sociálno-ekonomické problémy územia. Zároveň ponúkajú podklady pre kroky v oblastiach priestorového rozvoja, územného plánovania, dopravného plánovania, lokalizácie priemyselných areálov alebo bytovej výstavby. V priebehu desaťročí výskumu miest sa vyvinuli rôzne prístupy a koncepty dostupnosti, ktoré majú jednak určité spoločné prvky, jednak odlišnosti, ktoré predurčujú ich použitie (Geurs a Ritsema van Eck, 2001; Geurs a van Wee, 2004). K jednotlivým prístupom je potom možné nájsť v literatúre veľké množstvo jednotlivých mier a ukazovateľov dostupnosti (napr. Arentze et al., 1994; Handy a Niemeier, 1997; Baradaran a Ramjerdi, 2001; Križan, 2007).

Medzi najjednoduchšie metódy patrí metóda podľa časových nákladov alebo metóda izolínií. Výhodou je, že je jednoducho interpretovateľná, naopak nevýhodou je fakt, že berie do úvahy len vzťah medzi rozmiestnením elementov v priestore vo vzťahu k sieti dopravného systému. Teda neberie do úvahy „váhu“ alebo „masu“ samotných lokalít. Tento nedostatok odstraňujú ukazovatele vychádzajúce z Hansenovho (1957) potenciálu a sú založené na interakčných modeloch. Interakčné modely vychádzajú z „šance na interakciu“ a sú založené na gravitačnom modeli pochádzajúceho z fyziky, ktorý hovorí, že veľkosť interakcie je priamo úmerná veľkosti máz lokalít a nepriamo úmerná veľkosti priestorovej separácie. Z pomedzi druhov priestorových separácií sa najčastejšie pracuje s časom, ktorý predstavuje to najpodstatnejšie hľadisko pri prekonávaní cesty (Hudeček, 2010), zároveň sa s ním dobre pracuje v softvéroch GIS. Najčastejším výstupom interakčného modelu je populačný potenciál, keď ako váhy do modelu vstupuje počet obyvateľov alebo ekonomický potenciál s váhou úrovne HDP alebo počtom pracovných príležitostí. Relatívne miery dostupnosti a medzi nimi interakčné modely boli použité v rámci výskumu dostupnosti v mnohých štúdiách (napr. Kusendová, 1996; Gutierrez, 2001; Czyż, 2002; Więckowski et al., 2014; Stepniak a Rosik, 2013; Rosik a Stepniak, 2015; Rosik et al., 2015; Ďurček et al., 2020). Pri interakčnom potenciáli je výsledkom horšie interpretovateľná jednotka, keď dostávame jednotku masy na jednotku vzdialenosti, avšak v prípade porovnávania viacerých lokalít sa tento problém odstraňuje (Rich, 1980). V prípade modelov pre výpočet potenciálu je potrebné vyriešiť otázku funkcie vplyvu a priebehu vplyvu priestorovej separácie „*distance-decay function*“, teda „*odporu*“ prostredia. Tu sa najčastejšie používa inverzná mocninová funkcia s hodnotami mocniny v rozmedzí 1-2,5. Ako uvádza Rich (1980) dochádzka do zamestnania a škôl prebieha na menšie vzdialenosti. V takomto prípade je vhodné zvoliť vyšší exponent, naopak v prípade medziregionálnych alebo medzinárodných spojení nižšiu hodnotu mocniny. Avšak napr. Halás (2005) využíva mocninu v hodnote 2,2 aj pri aplikácii gravitačného modelu na cestnú sieť Slovenska a prihraničných regiónov pri analýze dopravného potenciálu regiónov.

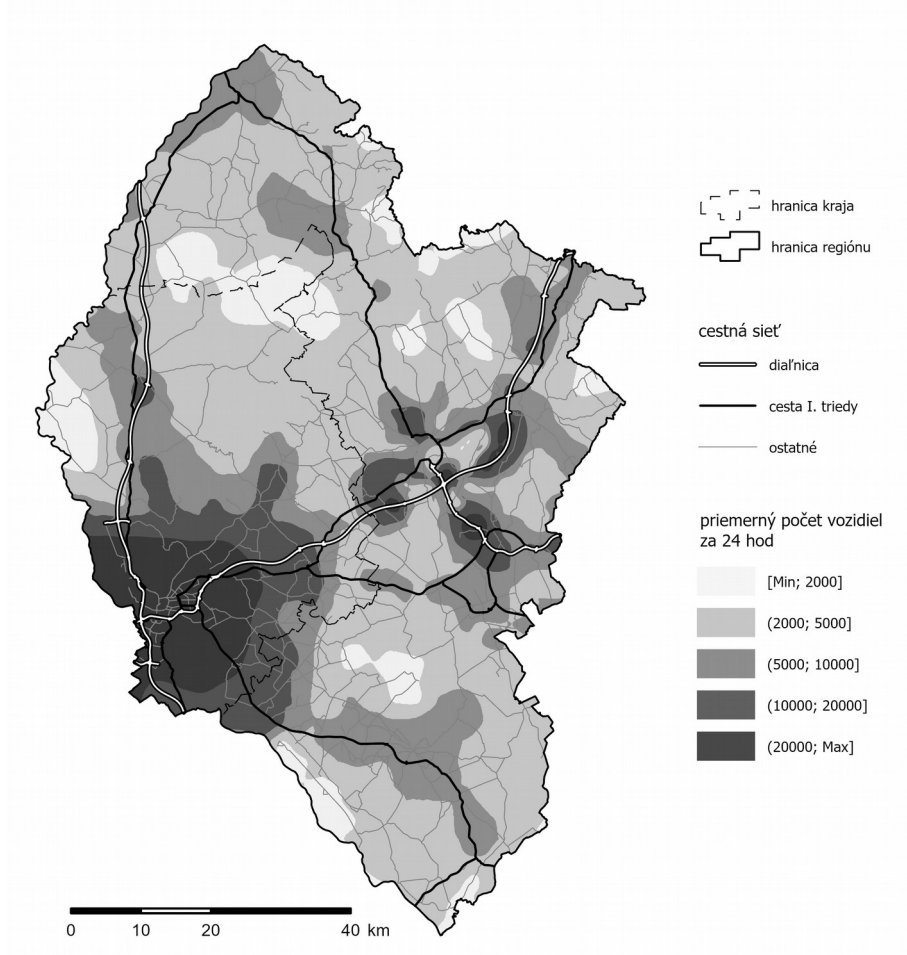
Okrem funkcií s exponenciálnym priebehom vplyvu vzdialenosti sú v interakčných modeloch využívané sofistikovanejšie funkcie, ktoré majú lepšie vystihovať priestorové vzťahy a heterogénne rozmiestnenie elementov v priestore. Medzi takéto funkcie patrí Pareto, exponenciálna, Tannerova, Box-Cox alebo Richardsova funkcia (Halás a Klapka, 2014). V prácach Halás a Klapka (2015) resp. Halás et al. (2014) boli pre regionálne centrá Slovenskej resp. Českej republiky kalibráciou stanovené priebehy funkcií na základe dát z dochádzky do zamestnania a škôl. V obidvoch prácach bola použitá mocninovo-exponenciálna (*power-exponential*) funkcia, do ktorej okrem masy bodov a vzdialenosti vstupujú ďalšie dva parametre, ktoré definujú priebeh vplyvu vzdialenosti. Priemerovaním parametrov vznikla univerzálna mocninovo-exponenciálna funkcia pre územie Slovenska, s ktorou sme pracovali aj v našom príspevku.

3 ZÁUJMOVÉ ÚZEMIE, CESTNÁ INFRAŠTRUKTÚRA A INTENZITA DOPRAVY

Ako záujmové územie bolo zvolené územie dvoch krajov: Bratislavského a Trnavského kraja (obr. 1). Dôvodom takéhoto vymedzenia záujmového územia je fakt, že za zázemie Bratislavy nemožno považovať len samotný Bratislavský kraj, ktorý je vyčlenený príliš úzko a nepokrýva ani celý funkčný mestský región, do ktorého patria okrem obcí kraja aj ďalšie obce z okresov Senica, Galanta a najmä západnej časti okresu Dunajská Streda (Korec et al., 2016).

Z hľadiska cestnej infraštruktúry je záujmové územie najrozvinutejším regiónom na Slovensku. Hlavné mesto je prepojené z Českou republikou diaľnicou D2, ktorá samozrejme má veľký efekt aj na obce ležiace v okresoch Malacky, Senica a Skalica. Na severovýchod smeruje diaľnica D1, ktorá spája Bratislavu s mestami na severe a východe krajiny, z pohľadu nášho záujmového územia predstavuje hlavnú os, ktorá spája Bratislavu a Trnavu a ďalšie obce ležiace na tejto osi. Z Trnavy potom smeruje na Nítru rýchlostná cesta R1, ktorá má však v našom záujmovom území slabý efekt. Z ciest je potrebné ešte spomenúť cesty prvej triedy č. 63 spájajúcu Bratislavu a Dunajskú Stredú, č. 62 a 75 spájajúce Bratislavu, Senec, Galantu a Sereď, a č. 51 spájajúcu Trnavu, Senicu a Holíč.

Z obr. 1 je zrejmé, že intenzita dopravy na cestách je najvyššia v hlavnom meste. Ide najmä o stredný a vnútorný obchvat Bratislavy, a to najmä časť tvorenú diaľnicou D1. Tu sa nachádzajú najvyššie zaznamenané hodnoty počtu vozidiel za deň na celom Slovensku, kritický je v tomto smere úsek Zlaté piesky – Prístavný most a najmä úsek vedený Prístavným mostom. Ale extrémne hodnoty sú zaznamenávané na diaľnici D1 aj medzi Bratislavou a Sencom. K ďalším miestam, kde sledujeme vyššiu intenzitu dopravy, patria ďalšie úseky diaľnic, ciest prvej triedy a okresné mestá (SSC 2015).



Obrázok 1 Zaujímavé územie, cestná sieť a intenzita dopravy. Zdroj: © Model cestnej siete, Slovenská správa ciest, Cestná databanka, ZBGIS®, Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky

4 DÁTA A METÓDY

Na výpočet matice časových vzdialeností medzi lokalitami sme využili softvéry GIS a ich nadstavbu podporujúcu sieťové analýzy. Pre prácu so sieťovou analýzou bolo potrebné zostrojiť sieťový dataset – graf, resp. zhotoviť celý sieťový model. Model pozostáva z údajov Cestnej databanky (CDB 2018) a sčítania dopravy (SSC 2015). Tu sme využili model dostupnosti zostrojený podľa Stanek et al. (2021). Zostrojenie modelu dostupnosti je v uvedenom príspevku detailne opísané, preto sa mu

nebudeme podrobne venovať. Podstatné je, že poskytuje výpočet časovej vzdialenosti podľa štyroch stavov intenzity dopravy:

- nočnej intenzity dopravy,
- intenzity počas dopravnej špičky,
- intenzity v poobednom sedle,
- priemernej intenzity v priebehu dňa (intenzita z celého dňa rovnomerne prepočítaná na každú hodinu).

Jednotky pre ktoré sme zisťovali populačný potenciál boli demografické štvorce (grid) s rozlohou 1 km² prevzaté zo Štatistického úradu SR (ŠÚ SR, 2018). Dátový súbor bol v pôvodne v rastrovom formáte, pre realizáciu sieťovej analýzy sme raster prekonvertovali do vektorovej bodovej formy. Takto získané body obsahovali informácie o počte obyvateľov každej bunky.

Ako sme už uviedli, interakčný model bol vypočítaný na základe práce Halás et al. (2015), teda na základe mocninovo-exponenciálnej funkcie odporu prostredia v jej univerzálnej podobe

$$f(d, w) = \exp(-2,1621 * w^{-0,5061} * d^{1,59}) \quad , \quad (1)$$

kde w je počet obyvateľov a d je časová vzdialenosť. Celý vzorec pre výpočet populačného potenciálu vyzerá nasledovne:

$$P_i = \sum w_j * \exp(-2,1621 * w_j^{-0,5061} * d_{ij}^{1,59}) \quad , \quad (2)$$

kde P_i je potenciál v bode i , w_j je počet obyvateľov v bode j a d_{ij} je vzdialenosť medzi bodmi i a j .

V prípade výpočtu potenciálov je zväčša potrebné vyriešiť vlastný potenciál jednotky, resp. problém vnútornej vzdialenosti, teda d_{ii} . Ide o problém najmä vtedy, keď územné jednotky nie sú rovnako veľké. Jednou z možností je vlastný potenciál nezapočítavať do celkovej sumy, to by však znamenalo, že malé jednotky nachádzajúce sa pri jednotkách s veľkou masou by mali potenciál väčší ako samotná jednotka s veľkou masou. Druhou možnosťou je zobrať celú masu jednotky a nebrať v úvahu internú vzdialenosť jednotky. Jednotky je tak ťažké porovnať, pretože, ak by sme zobrali napr. obce SR, vo veľkosti katastrálnych území sú značné rozdiely. Treťou možnosťou je nájsť konštantnú hodnotu, ktorá bude reprezentovať vnútornú vzdialenosť. Poslednou možnosťou je dopočítať hodnotu vnútornej vzdialenosti pre každú jednotku na základe funkčného vzťahu, napr. vzhľadom na veľkosť katastrálneho územia obce, zastavaného územia obce atď. V oboch posledných možnostiach môže dochádzať opäť k efektu, že jednotka s veľkou masou a zároveň veľkou vnútornou vzdialenosťou ňou bude výrazne ovplyvnená, až na toľko, že susediaca jednotka s malou masou a malou vnútornou vzdialenosťou bude dosahovať väčší potenciál. V našom prípade sme sa takýmto situáciám vyhli, tým, že sme využili rastrovú dátovú sadu, kde sú všetky bunky (územné jednotky) rovnako veľké. Pri výpočte vnútornej časovej vzdialenosti sme vyšli z predpokladu, že priemerná vzdialenosť dvoch náhodných bodov v štvorci s hranou dĺžkou 1 km je ~0,5214 km (3).

$$d_{ii} = \frac{0,5214}{30} * 60 \quad , \quad (3)$$

kde d_{ii} je vnútorná časová vzdialenosť, 30 je zvolená hodnota reprezentujúca rýchlosť v rámci zastavaného územia v km/hod a 60 je prevod hodín na minúty.

Z takto nastavených parametrov je zrejmé, že vnútorná časová vzdialenosť nebude mať rôzny vplyv na jednotky s veľkou masou a malou masou. Takto teda nedôjde k výraznému zníženiu výsledného potenciálu u bodov nachádzajúcich sa na území veľkých miest (Bratislava, Trnava) alebo okresných miest.

Po vypočítaní potenciálov sme hodnoty interpolovali do spojitého povrchu pomocou interpolačnej metódy *spline*. Doplnili sme stredné hodnoty – medián a priemer, a tiež ukazovatele rozdelenia súboru: koeficient šikmosti a špicatosti. Okrem grafickej a mapovej vizualizácie sme ešte kvantifikovali zmeny pomocou absolútnej diferencie D (4), a tiež pomocou bázičného indexu q (5) z už vypočítaných povrchov s využitím mapovej algebry. Pritom bol vždy bázou, s ktorým sme porovnávali všetky ostatné, potenciál vypočítaný na základe časov s priemernou intenzitou dopravy.

$$D = S_i - S_b \quad , \quad (4)$$

kde S_i je daný stav populačného potenciálu a S_b je stav potenciálu s priemernou intenzitou dopravy.

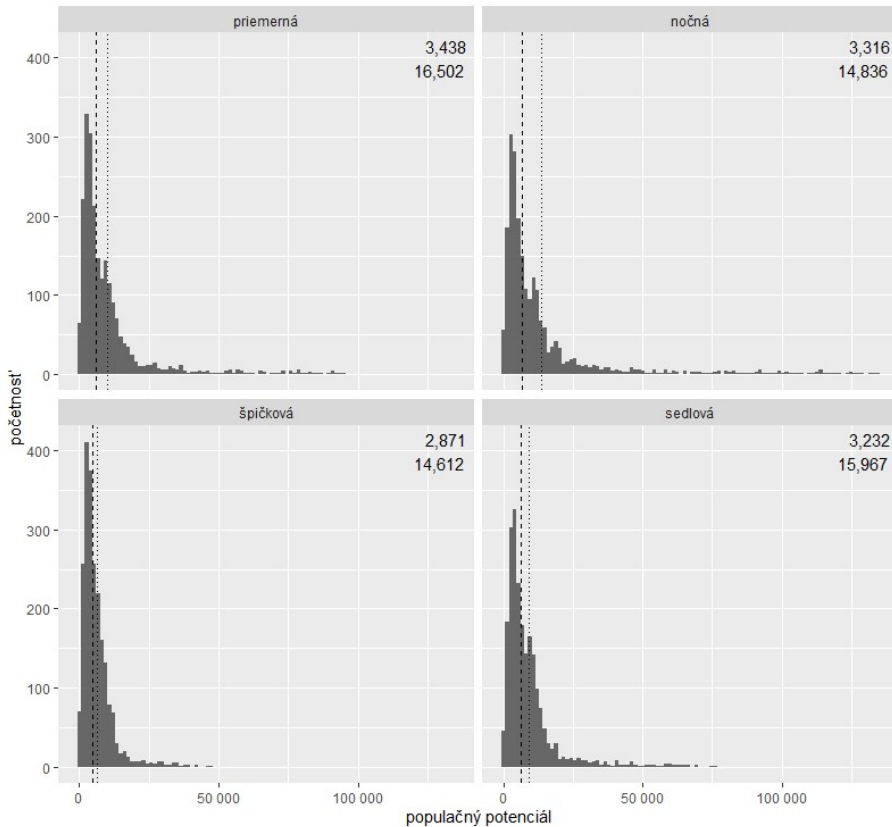
$$q = \frac{q_i}{q_b} \quad , \quad (5)$$

kde q_i je daný stav populačného potenciálu a q_b je stav potenciálu s priemernou intenzitou dopravy.

5 VÝSLEDKY

Potenciál bol teda vypočítaný na základe 4 časových vzdialeností podľa stavu intenzity dopravy. Je zrejmé, že časy počítané z nočnej intenzity dopravy budú kratšie, a teda populačný potenciál bude väčší, než časy počítané počas dopravnej špičky. Nasledujúca kapitola tieto rozdiely kvantifikuje.

Z histogramov (obr. 2) je viditeľné, že vo všetkých 4 stavoch nadobúda potenciál asymetrické rozloženie. Je to logické, keďže okrem miest sa body, pre ktoré bol potenciál počítaný, nachádzajú v rurálnom prostredí s relatívne nízkou hustotou zaľudnenia, ktorá je ešte rozdelená podľa buniek s veľkosťou 1 km. Teda, veľa jednotiek má nízku hodnotu masy a pokiaľ sa pri nej nenachádza populačne silný bod, jeho potenciál zostane nízky. Histogramy ukazujú, že takýchto bodov je veľké množstvo, najviac sa ich nachádza v stave so špičkovou intenzitou dopravy, ktorá je limitujúcim faktorom pre získanie väčšieho potenciálu. To dokazujú aj stredné hodnoty mediánu (4668,03) a priemeru (6191,416).



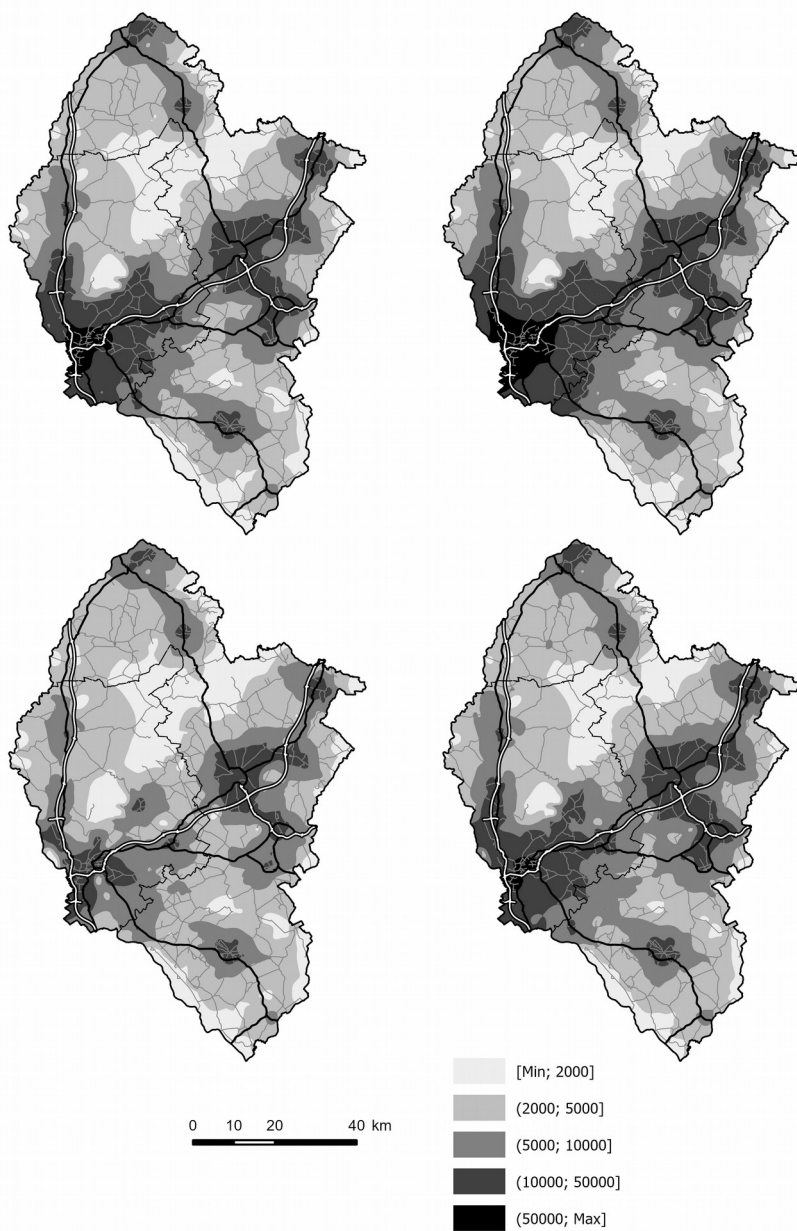
Obrázok 2 Rozdelenie populačného potenciálu. Hore vľavo počas priemernej intenzity dopravy; Hore vpravo počas nočnej intenzity dopravy; dole vľavo počas špičkovej intenzity dopravy; dole vpravo počas sedlovej intenzity dopravy; čiarkovaná línia – medián; bodkovaná línia – priemer; hodnota hore koeficient šikmosti, hodnota dole koeficient špicatosti

Oproti tomu graf s populačným potenciálom s nočnou intenzitou dopravy má stredné hodnoty podstatne vyššie: medián (6672,27) a priemer (13817,31), najmä v prípade priemeru sledujeme dvojnásobný nárast. To spôsobuje najmä fakt, že v miestach s vyšším počtom obyvateľov a vysokou intenzitou dopravy počas dopravnej špičky, ktorá spôsobuje spomalenie rýchlosti a vyššie hodnoty časovej náročnosti, sú výsledné hodnoty potenciálu nízke na rozdiel od nízkych nočných intenzít dopravy, kde sú tu hodnoty populačného potenciálu vysoké. Táto skutočnosť sa odráža najmä na priemerných hodnotách potenciálu, kde je dvojnásobný nárast. Tento výberový vplyv intenzity dopravy je možné opäť sledovať na histogramoch, keď okrem stavu so špičkovou intenzitou dopravy vidíme väčšie množstvo bodov s populačným potenciálom vyšším ako 50 000 v ostatných 3 stavoch.

Rozdiely dobre opisujú aj kvocienty šikmosti, teda hodnotenie polohy vrcholu a špicatosti, ktorý hodnotí koncentráciu hodnôt znaku okolo aritmetického priemeru súboru. Stav so špičkovou intenzitou dopravy má najviac ovplyvnené populačne najsilnejšie body, ktorých potenciál klesá a dostáva sa na nižšiu úroveň. Na strane druhej potenciál populačne slabších „vidieckych“ bodov nie je špičkovou intenzitou až tak ovplyvnený, preto stav so špičkovou intenzitou dopravy dosahuje najnižšie hodnoty šikmosti aj špicatosti. Vo všetkých stavoch sledujeme ľavostranne asymetrické rozdelenie súboru, teda väčšia časť bodov mala hodnotu potenciálu menšiu než bol aritmetický priemer. Najvyššiu hodnotu sledujeme u potenciálu s priemernou intenzitou dopravy, naopak najnižšiu u potenciálu so špičkovou intenzitou dopravy. Kvocienty špicatosti nadobúdajú vo všetkých stavoch vysoké hodnoty, teda môžeme konštatovať, že vo všetkých stavoch sú hodnoty potenciálu koncentrované v okolí priemeru v porovnaní s normálnym rozdelením.

Z priestorového hľadiska miesta s vysokým potenciálom sa utvárajú pochopiteľne v miestach s veľkým vlastným populačným potenciálom – v mestách a ich blízkom okolí, napr. oblasť mesta Dunajskej Stredy, Galanty a Serede, veľká oblasť v okolí Trnavy, Senice, mestá Skalica a Holíč. Samostatne je potrebné spomenúť Bratislavu a jej najbližšie okolie vrátane okresných miest Malaciek, Pezinka a Senca. Druhým faktorom vstupujúcim do priestorového rozloženia populačného potenciálu je vzdialenosť. Tu treba upozorniť najmä na vplyv diaľnic ako najrýchlejších komunikácií, pri ktorých sa formujú výrazné oblasti vyššieho populačného potenciálu vo všetkých stavoch dopravy (obr. 3).

Rozdiely medzi populačným potenciálom naprieč jednotlivými stavmi intenzity dopravy budeme demonštrovať na porovnaní najmä medzi nočnou a špičkovou intenzitou dopravy, teda stavmi, kedy má intenzita dopravy takmer nulový efekt na rýchlosť cesty, a naopak so stavom, kedy je kľúčovým faktorom pre rýchlosť na ceste. Veľmi dobrým príkladom efektu intenzity dopravy je územie Bratislavy, kedy v stave s nočnou intenzitou dopravy takmer celé územie mesta dosahuje hodnoty potenciálu nad 50 tisíc a hodnoty nad 20 tisíc zasahujú až do miest Malacky, Pezínok a Senec. Bratislava a jej úzke zázemie tvorí dominantnú oblasť najvyššieho populačného potenciálu v sledovanom území. Druhou najvýraznejšou oblasťou je oblasť Trnavy, ktoré v stave s nočnou intenzitou dopravy vytvára rozsiahlu oblasť vysokého populačného potenciálu, kde jadrová časť – mesto Trnava sa nachádza na hodnotách nad 30 tisíc. V porovnaní s tým populačný potenciál v tomto intervale hodnôt v čase špičkovej intenzity dopravy vytvára len veľmi malú oblasť vnútri mesta. Avšak vo všetkých štyroch stavoch predstavuje Trnava ostrov vysokého populačného. Bratislava a jej najbližšie zázemie je intenzitou dopravy ovplyvnené ešte oveľa viac než oblasť Trnavy, keď pri špičkovej intenzite dopravy sa z veľkej oblasti populačného potenciálu stáva malý „ostrov“ na mieste „central business district“. Tento efekt vysokej intenzity dopravy je možné sledovať aj v porovnaní s inými miestami v sledovanom území, kde sa veľkosť oblasti s vysokým populačným potenciálom síce zmenší, ale v prípade Bratislavy hodnoty v najvyššom intervale takmer zanikajú, pretože sa dostupnosť Bratislavy zhorší. Efekt intenzity dopravy na zmenu populačného potenciálu sa dá pozorovať na území Bratislavy naprieč všetkými 4 stavmi



Obrázok 3 Populačný potenciál v jednotlivých stavoch dopravy; hore vľavo počas priemernej intenzity dopravy; hore vpravo počas nočnej intenzity dopravy; dole vľavo počas špičkovej intenzity dopravy; dole vpravo počas sedlovej intenzity dopravy

dopravy. V stave so sedlovou a priemernou intenzitou dopravy sa stále v intervale hodnoty populačného potenciálu nad 50 tisíc nachádza centrálna časť mesta v porovnaní so špičkovou intenzitou. Vzťah sedlovej a špičkovej intenzity dopravy je podstatný, pretože dopravné sedlo práve prerušuje rannú a poobednú špičku a môžeme sledovať, že dostupnosť Bratislavy a blízkych území sa v sedle výrazne zlepšuje a ňou aj populačný potenciál.

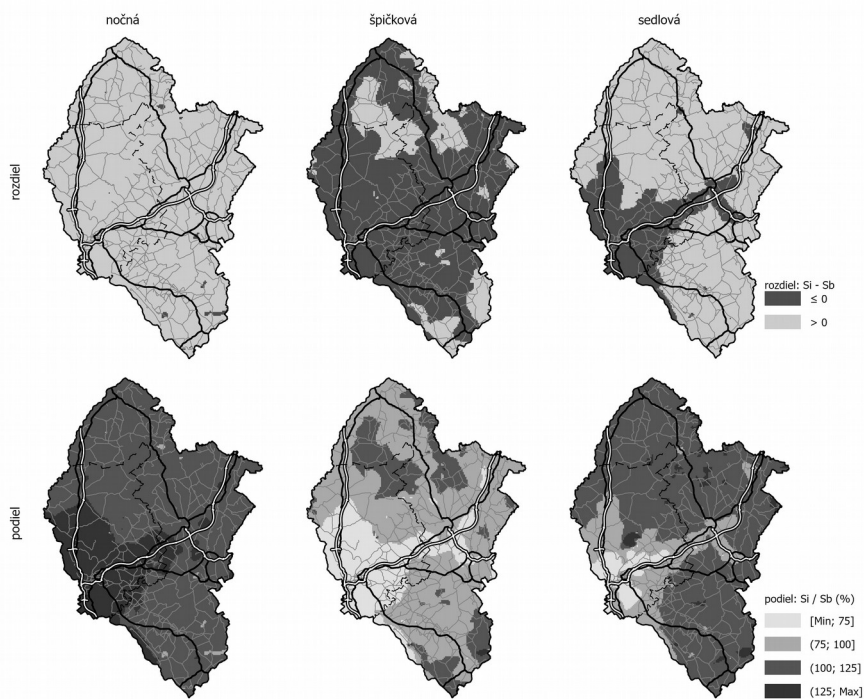
Z obr. 3 taktiež vystupujú opačné póly, teda oblasti s nízkym potenciálom, tie po interpolácii vznikli na neosídlených alebo málo populačne silných bodoch. Medzi takéto oblasti patrí priestor Malých Karpát, vojenského obvodu Záhorie a tiež oblasti v okresoch Dunajská Streda a Galanta.

Lepší obraz o porovnaní vplyvu jednotlivých stavov dopravy na populačný potenciál nám dáva absolútna diferenciacia a bázičný index v porovnaní so stavom s priemernou intenzitou dopravy (obr. 4). V populačnom potenciáli s nočnou intenzitou dopravy sledujeme, že rozdiel potenciálov je pre takmer celé územie (až na pár malých enkláv) kladný, teda populačný potenciál je vyšší než v stave s priemernou intenzitou dopravy. Túto informáciu dopĺňa a rozširuje relatívne porovnanie, kde môžeme vidieť, že drvivá časť územia má hodnotu vyššiu ako 100 %. Potrebné je však upozorniť opäť na územie Bratislavy a jej blízke zázemie, kde môžeme vidieť, že už priemerná intenzita dopravy má výrazný vplyv na populačný potenciál, a preto potenciál za nočnej intenzity dopravy na území Bratislavy dosahuje viac ako 150 % z potenciálu s priemernou intenzitou dopravy.

Pri sedlovej intenzite dopravy môžeme sledovať výrazné diferencie v rámci nášho sledovaného územia. Rozdiel populačných potenciálov na veľkej časti územia je stále kladný, teda stav so sedlovou intenzitou dopravy na veľkej časti územia neovplyvní dopravnú dostupnosť viac než pri priemernej intenzite dopravy. Opäť však môžeme sledovať výrazne dopady intenzity dopravy na dostupnosť, a teda samotný populačný potenciál na území mesta Bratislava, v jej blízkom okolí a v koridoroch tiahnucich sa pozdĺž diaľnic D2 smerom na Záhorie a D1 smerom na Trnavu. Bázičný index ukazuje, že v zóne od Stupavy po Malacky a od Pezinka po Trnavu a v jej okolí sa hodnota populačného potenciálu pohybuje na úrovni 75 % až 100 %. V rámci mesta Bratislava sú to hodnoty od 50 % až 75 %, a tiež sa tu nachádza niekoľko malých území s potenciálom nižším ako 50 %. V Bratislave skrátka počas dopravného sedla hodnota intenzity dopravy neklesá tak výrazne a stále má výrazný vplyv na dostupnosť, čo sa následne prejavuje v poklese populačného potenciálu. Naopak hodnoty intenzity dopravy počas dopravného sedla vo vidieckom priestore klesajú natoľko, že dosahujú nižšie hodnoty než pri priemernej intenzite dopravy, čo sa prejavuje opačným efektom na populačnom potenciáli.

Ešte výraznejšie sa vplyv dopravy prejavuje počas jej špičky, či už rannej alebo poobednej. Z celého sledovaného územia síce stále zostávajú oblasti kladné, teda ich populačný potenciál aj počas dopravnej špičky zostáva väčší než pri priemernej intenzite, ale ide o riedko osídlené oblasti vidieckeho charakteru, kde intenzita dopravy má veľmi malý vplyv na dopravnú dostupnosť. Naopak veľká väčšina územia je v záporných číslach, tento fakt je zrejмый pri pohľade na všetky dôležité dopravné komunikácie. Osobitnú pozornosť si opäť zaslúži územie Bratislavy, a tentokrát mô-

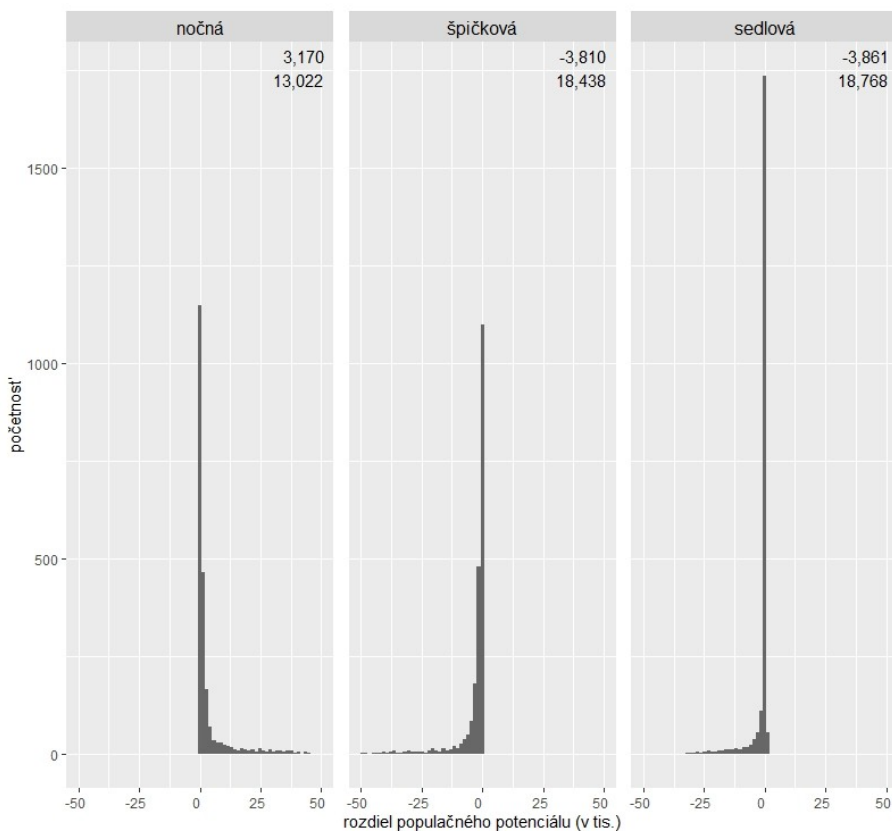
žeme konštatovať aj ďaleké okolie. Celé územie Bratislavy až po Senec sa nachádza v intervale pod 50 % z populačného potenciálu s priemernou intenzitou dopravy. V intervale medzi 50 % a 75 % sa nachádza ďalšie rozsiahle územie, ktoré na Záhorí siaha až po Malacky a pozdĺž diaľnice D1 postupuje od Senca smerom k Trnave, Hlohovcu a Piešťanom. Intenzitou dopravy je zaťažená aj komunikácia R1, kde sledujeme oveľa nižšie hodnoty populačného potenciálu medzi úsekom Trnava a Sereď. Môžeme teda hodnotiť, že dostupnosť a na nej závislý populačný potenciál je na území Bratislavy o polovicu horší ako je počas priemernej intenzity dopravy.



Obrázok 4 Porovnanie populačných potenciálov podľa intenzity dopravy; horný rad: absolútna diferencia; dolný rad: bázický index

Tieto informácie dokladuje aj rozloženie počtosti bodov po vykonaní odpočtov (obr. 5). Kde sme opäť jednotlivé populačné potenciály porovnali (pomocou rozdielu) so stavom s priemernou intenzitou dopravy. Histogramy rozdielov potvrdzujú predchádzajúce zistenia. Histogramy sú opäť extrémne asymetrické, teda s vysokými hodnotami šikmosti viac ako 3 resp. menej ako -3, a tiež extrémne špicaté. Z histogramov je viditeľné, že po odpočítaní od hodnoty populačného potenciálu v danom stave intenzity dopravy hodnotu s priemernou intenzitou, zostáva v každom

histograme veľká početnosť bodov s hodnotou rozdielu blízke nule – čo potvrdzuje skutočnosť, že veľká časť sledovaného územia – najmä vidiecke územie, je intenzitou dopravy málo ovplyvnená v kombinácii so zvolenou funkciou výpočtu interakčného potenciálu je zrejmé, že hodnoty potenciálu sa v týchto lokalitách nemenia o veľa. Pri stave s nočnou intenzitou dopravy dochádza pri rozdieloch k výraznej kladnej asymetrii, čo znamená, že hodnoty potenciálu s priemernou intenzitou dopravy sú menšie než v stave s nočnou intenzitou. Úplným opakom je stav so špičkovou (ale aj sedlovou) intenzitou dopravy, kde je rozdelenie výrazne pravostranne asymetrické, teda hodnota potenciálu v stave so špičkovou intenzitou je na mnohých územiach nižšia – teda intenzita dopravy má väčší vplyv než v stave s priemernou intenzitou dopravy.



Obrázok 5 Rozdelenie rozdielov populačného potenciálu v porovnaní so stavom s priemernou intenzitou dopravy; hodnota hore koeficient šikmosti, hodnota dole koeficient špicatosti

6 ZÁVER

Pri modelovaní dopravnej dostupnosti sa model dostupnosti častokrát zjednodušuje natoľko, že sa nezohľadňuje faktor intenzity dopravy na cestách. Ten je však v metropolitných alebo suburbanizovaných oblastiach veľmi podstatný. Naš príspevok ukazuje, že intenzita dopravy má kritický význam v územiach, akým je región Bratislavy, kde sa stretávajú tranzitné medzinárodné a medziregionálne toky s dopravou súvisiacou s denným dochádzkovým režimom do zamestnania. Dopravná dostupnosť sa v priebehu dňa mení výrazným spôsobom a „brány“ „do“ alebo „z“ mestského priestoru sú v určitých časoch dňa výrazne spomalené.

V našej štúdii sme sa zamerali na kvantifikáciu zmien dopravnej dostupnosti pomocou populačného potenciálu. Za záujmové územie sme zvolili širšie zázemie mesta Bratislava, teda, presnejšie Bratislavský a Trnavský kraj, z toho dôvodu, že medzi obcami týchto krajov dochádza k intenzívnemu toku obyvateľov, tovarov a dochádzkou za službami. Zároveň je to územie, kde sa intenzita dopravy v priebehu dňa výrazne mení. Počas nočných hodín je jej vplyv marginálny, zatiaľ čo počas dopravnej špičky, ale aj dopravného sedla, má výrazný vplyv na dopravnú dostupnosť.

Práve efekt intenzity dopravy nemá homogénny charakter na celom študovanom území dvoch uvedených krajov, naopak populačne silné lokality (Bratislava, Trnava a aj ďalšie okresné mestá) sú očakávané zároveň intenzitou dopravy výrazne zaťažené. Počas nočnej intenzity dopravy dosahuje územie Bratislavy a jej zázemie populačný potenciál voči stavu s priemernou intenzitou dopravy viac ako 150 %. O opakom tejto situácie je populačný potenciál v stave sedlovej intenzity dopravy, kedy sa značná časť územia Bratislavy pohybuje v intervale 50 % až 70 %. Najvýraznejšie stopy na dostupnosti zanecháva stav so špičkovou intenzitou dopravy. Tu už sa populačný potenciál mení natoľko, že takmer na celom území dosahuje záporné hodnoty v porovnaní so stavom s priemernou intenzitou, vyjadrené rozdielom v absolútnych číslach. V relatívnej miere má toto porovnanie ešte výraznejšiu informačnú hodnotu, kde môžeme vidieť, že celé územie Bratislavy, značná časť okresu Senec dosahuje hodnotu menej ako 50 % populačného potenciálu v porovnaní so stavom s priemernou intenzitou dopravy. V intervale 50 % až 75 % sa potom nachádza výrazná časť územia, najmä koridory tiahnuce sa pozdĺž diaľnic D1 a D2 s výraznou lokalizáciou v okolí Trnavy.

Uvedený príspevok je príkladom modelovania dopravnej dostupnosti pri zohľadnení aktuálnej premávky na cestách, aký pri výpočtoch dostupnosti v slovenskej odbornej literatúre nie je častý. Premávka alebo intenzita dopravy je mimoriadne dôležitým hľadiskom najmä v plánovaní nových dopravných komunikácií. Tie by mali vznikáť práve na takých miestach, ktoré by presmerovali premávku z preťažených komunikácií a prispeli tým k vyššej rýchlosti, väčšej plynulosti pohybu, bezpečnosti na cestách a celkovej stabilizácii dopravného systému v danom regióne. Je zrejmé, že v sledovanom území v ostatnom období pribudol tzv. „nultý obchvat“, teda spojenie rýchlostných ciest D4 a R7, ktorý má splňať práve funkciu stabilizovania dopravnej situácie a zmierniť početnosť kongescií na vnútornom obchvate v Brati-

slave a jej zázemí. Avšak „nultý obchvat“ v čase tvorby našej štúdie stále nebol kompletne otvorený a intenzita dopravy na ňom nebola doposiaľ zisťovaná.

Pod'akovanie

Za metodické rady v oblasti výpočtov interakčného potenciálu patrí vďaka Mgr. Pavlovi Hurbánkovi, PhD.

Príspevok bol pripravený s podporou projektov: UK/87/2021 „Dopravná dostupnosť staníc záchrannej zdravotnej služby“, APVV-17-0079 „Analýza a prognóza demografického vývoja Slovenskej republiky v horizonte 2080: identifikácia a modelovanie dopadov na sociálno-ekonomickú sféru v rozličných priestorových mierkach“.

Literatúra

- AHAS, R., AASA, A., SILM, S., TIRU, M. 2010. Daily rhythms of suburban commuters' movements in the Tallinn metropolitan area: Case study with mobile positioning data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 18, 1, 45-54. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2009.04.011>
- ARENTEZE, T. A., BORRERS, A. W., TIMMERMANS, H. J. 1994. Multistop-based measurements of accessibility in a GTS environment. *International Journal of Geographical Information Systems*, 8, 4, 343-356. DOI: <https://doi.org/10.1080/02693799408902005>
- BARADARAN, S., RAMJERDI, F. 2001. Performance of accessibility measures in Europe. *Journal of transportation and statistics*, 4, 2/3, 31-48.
- BRANICKÝ, M. (1999). Osobná doprava jako fenomén rozvoja regiónu, jej problémy a možnosti jej riešenia. *Folia geographica*, 3, 235-239.
- BŮČEK, M. 2003. Regionálna integrácia Slovenskej republiky: stratégia využitia podpory Európskej únie. *Ekonomický časopis*, 51, 8, 982-996.
- CZYŻ, T. 2002. Application of the potential model to the analysis of regional differences in Poland. *Geographia Polonica*, 75, 1, 13-24.
- CDB. (2018). ©*Model cestnej siete*. Cestná databanka. Bratislava, Slovenská správa ciest.
- ĎURČEK, P., NOVÁKOVÁ, G., HORŇÁK, M., KUSEDOVÁ, D. 2020. How will new orbital motorways reshape accessibility in Bratislava metropolitan area? *Bulletin of Geography. Socio-economic Series*, 50, 50, 83-100. DOI: <https://doi.org/10.2478/bog-2020-0034>
- FAITH, P. 2008. Passenger Road Transport Trends in the Slovak Republic. *Communications-Scientific letters of the University of Žilina*, 10, 3, 33-39.
- GEURS, K. T., RITSEMA Van ECK, J. R. 2001. *Accessibility measures: review and applications. Evaluation of accessibility impacts of land-use transportation scenarios, and related social and economic impact*. Utrecht, Utrecht University, Urban Research Centre.
- GEURS, K. T., Van WEE, B. 2004. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport geography*, 12, 2, 127-140. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005>
- GUTIERREZ, J., GOMEZ, G. 1999. The impact of orbital motorways on intra-metropolitan accessibility: the case of Madrid's M-40. *Journal of Transport Geography*, 7, 1, 1-15. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0966-6923\(98\)00029-5](https://doi.org/10.1016/S0966-6923(98)00029-5)
- GUTIÉRREZ, J. 2001. Location, economic potential and daily accessibility: an analysis of the accessibility impact of the high-speed line Madrid–Barcelona–French border. *Journal of transport geography*, 9, 4, 229-242. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0966-6923\(01\)00017-5](https://doi.org/10.1016/S0966-6923(01)00017-5)
- HALÁS, M. 2005. Dopravný potenciál regiónov Slovenska. *Geografie*, 110, 4, 257-270.

- HALÁS, M., KLAPKA, P., KLADIVO, P. 2014. Distance-decay functions for daily travel-to-work flows. *Journal of Transport Geography*, 35, 107-119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.02.001>
- HALAS, M., KLAPKA, P. 2015. Spatial influence of regional centres of Slovakia: analysis based on the distance-decay function. *Rendiconti Lincei*, 26, 2, 169-185. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12210-015-0387-4>
- HANDY, S. L., NIEMEIER, D. A. 1997. Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 29, 7, 1175-1194. DOI: <https://doi.org/10.1068/a291175>
- HANSEN, W. G. 1959. How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners*, 25, 2, 73-76. DOI: <https://doi.org/10.1080/01944365908978307>
- HOLL, A. 2007. Twenty years of accessibility improvements. The case of the Spanish motorway building programme. *Journal of Transport Geography*, 15, 4, 286-297. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.09.003>
- HORNÁK, M., PŠENKA, T. 2013. Verejná doprava ako indikátor medzisídelných väzieb medzi mestami Slovenska. *Geografický časopis*, 65, 2, 119-140.
- HU, W., TAN, J., LI, M., WANG, J., WANG, F. 2020. Impact of traffic on the spatiotemporal variations of spatial accessibility of emergency medical services in inner-city Shanghai. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 47, 5, 841-854. DOI: <https://doi.org/10.1177/2399808318809711>
- HUDEČEK, T. 2010. *Dostupnosť v Česku v období 1991 – 2001: vzťah k dojíždžce do zamestnání a do škol*. Praha, Česká geografická spoločnosť.
- HUDEČEK, T., CHURAN, R., KUFNER, J. 2011. Dostupnosť Prahy při využití silniční dopravy v období 1920 – 2020. *Geografie*, 116, 317-334.
- KOREC, P. 2009. General and individual reasons of development of regional structure of the Slovak Republic. *Russia and Slovakia: modern tendencies of demographic and socioeconomic processes*. Ekaterinburg, Institute of Economics, 50-72.
- KOREC, P., ONDOŠ, S. 2009. The development of urban structure of Bratislava in the time of post-socialist transformation. *Quaestiones Geographicae*, 28, B/2, 31-34.
- KOREC, P., POLONYOVÁ, E., LEHOCKÝ, F. 2012. Konkurencieschopnosť regiónov: teoreticko-metodologické poznámky. *Geographia Cassoviensis*, 6, 2, 68-77.
- KOREC, P., ONDOŠ, S., RUSNÁK, J. 2016. Regionálne disparity na Slovensku; niekoľko poznámok k ich bádaniu. *Acta Geographica Universitatis Comenianae*, 60, 2, 257-293.
- KRIŽAN, F. 2007. Regionálna typológia územia Bratislavy na základe dostupnosti supermarketov a hypermarketov. *Geografický časopis*, 59, 4, 373-386.
- KRAFT, S., VANČURA, M. 2009. Dopravní systém České republiky: efektivita a prostorové dopady. *Národohospodářský obzor*, 9, 21-33.
- KUSEDOVÁ, D. 1996. Analýza dostupnosti obcí Slovenska. In *Aktivita v kartografii 96. Zborník referátov*. Bratislava, Kartografická spoločnosť SR a Geografický ústav SAV, 29-49.
- LAHIRI, K., YAO, W. 2012. Should transportation output be included as part of the coincident indicators system?. *OECD Journal: Journal of Business Cycle Measurement and Analysis*, 1, 1-24. DOI: [10.1787/jbcma-2012-5k9bdtjzj45j](https://doi.org/10.1787/jbcma-2012-5k9bdtjzj45j)
- LINNEKER, B. J., SPENCE, N. A. 1992. An accessibility analysis of the impact of the M25 London orbital motorway in Britain. *Regional Studies*, 26, 1, 31-47. DOI: <https://doi.org/10.1080/00343409212331346761>
- MARTÍN, J. C., GARCÍA-PALOMARES, J. C., GUTIÉRREZ, J., ROMÁN, C. 2010. Efficiency and equity of orbital motorways in Madrid. *Journal of Transport and Land Use*, 3, 1, 67-84. DOI: <https://doi.org/10.5198/jtlu.v3i1.106>
- MICHNIAK, D. 2005. Changes in commuting in Slovakia in the years 1991-2001. *Europe*, 21, 12, 163-178.

- MICHNIAK, D. 2008. Rovnováha práce a bývania v jednotlivých okresoch na Slovensku v kontexte kvality života. In Ira, V. (eds.) *Ľudia, geografické prostredie a kvalita života. Geographia Slovaca*, 25. Bratislava, Geografický ústav SAV, 47-61.
- MICHNIAK, D. 2016. Dochádzka za prácou v regiónoch chudoby na Slovensku v rokoch 2001 a 2011. In Michálek, A., Podolák, P. (eds.) *Regióny chudoby na Slovensku*. Bratislava, Geografický ústav SAV, 91-111.
- NEMEŠKAL, J., OUŘEDNÍČEK, M., POSPÍŠILOVÁ, L. 2020. Temporality of urban space: daily rhythms of a typical week day in the Prague metropolitan area. *Journal of Maps*, 16, 1, 30-39.
- PALÚCH, J., ČULÍK, K., KALAŠOVÁ, A. 2019. Analysis of the main causes of traffic problems in cities. *Archives of Transport System Telematics*, 12, 4, 15-21.
- PUCHER, J., BUEHLER, R. 2005. Transport policy in post-communist Europe. In Hensher, D., Button, K. (eds.) *Transport strategies, policies, and institutions*. Oxford, Routledge, 725-743.
- RAJČÁKOVÁ, E., ŠVECOVÁ, A. 2009. Regionálne disparity na Slovensku. *Geographia Cassoviensis*, 3, 2, 142-149.
- RICH, D. C. 1980. Potential models in human geography. Concepts and techniques in modern geography. In *Geo Abstracts*, 26, 1-38, Norwich, University of East Anglia.
- ROSIK, P., STEPŇIAK, M. 2015. Monitoring of changes in road potential accessibility at municipality level in Poland, 1995-2015. *Geographia Polonica*, 88, 4, 607-620. DOI: 10.7163/GPol.0036
- ROSIK, P., STEPŇIAK, M., KOMORNICKI, T. 2015. The decade of the big push to roads in Poland: Impact on improvement in accessibility and territorial cohesion from a policy perspective. *Transport policy*, 37, 134-146. DOI: 10.1016/j.tranpol.2014.10.007
- SÝKORA, L. 2002. Suburbanizace a její důsledky: Výzva pro výzkum, usměrňování rozvoje území a společenskou angažovanost. In Sýkora, L. (eds.) *Suburbanizace a její sociální, ekonomické a ekologické důsledky*. Praha, Ústav pro ekopolitiku, 9-20.
- STANEK, R., KUSEDOVÁ, D., HORŇÁK, M. 2021. Metodika tvorby modelu dostupnosti územia Slovenska na báze dennej intenzity automobilovej dopravy s využitím geoinformačných nástrojov. *Geografický časopis*, 73, 1, 63-81. DOI: <https://doi.org/10.31577/geogrcas.2021.73.1.04>
- STEPŇIAK, M., ROSIK, P. 2013. Accessibility improvement, territorial cohesion and spillovers: a multidimensional evaluation of two motorway sections in Poland. *Journal of Transport Geography*, 31, 154-163. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2013.06.017
- SSC 2015. Celostátne sčítanie dopravy v roku 2015. In *©Model cestnej siete*. Bratislava, Slovenská správa ciest.
- ŠŮ SR 2011. *Sčítanie obyvateľov, domov a bytov 2011 – Dochádzka a odchádzka do zamestnania a školy*. Bratislava, Štatistický úrad Slovenskej republiky.
- ŠŮ SR 2018. *Sčítanie obyvateľov, domov a bytov 2011 – Vybrané agregované údaje o obyvateľoch, rastrový dataset*. Bratislava, Štatistický úrad Slovenskej republiky.
- ŠVEDA, M. 2010. Bytová výstavba v zázemí Bratislavy v kontexte suburbanizačných procesov. *Geographia Cassoviensis*, 4, 2, 225-230.
- ŠVEDA, M. 2011. Suburbanizácia v zázemí Bratislavy z hľadiska analýzy zmien krajiny pokrývky. *Geografický časopis*, 63, 2, 155-173.
- ŠVEDA, M., VIGAŠOVÁ, D. 2010. Zmeny vo využití zeme v zázemí veľkých slovenských miest. *Geografie*, 115, 413-439.
- ŠVEDA, M., KRIŽAN, F. 2012. Prejavy komerčnej suburbanizácie vo vybraných odvetviach hospodárstva v zázemí Bratislavy. *Ekonomický časopis*, 60, 5, 460-481.
- ŠVEDA, M., ŠUŠKA, P. 2014. K príčinám a dôsledkom živeľnej suburbanizácie v zázemí Bratislavy: príklad obce Chorvátsky Grob. *Geografický časopis*, 66, 3, 225-246.
- ŠVEDA, M., MADAJOVÁ, M., PODOLÁK, P. 2016. Behind the differentiation of suburban development in the hinterland of Bratislava, Slovakia. *Sociologický časopis/Czech Sociological Review*, 52, 6, 893-925. DOI: 10.13060/00380288.2016.52.6.290

- ŠVEDA, M., BARLÍK, P. 2018. Daily commuting in the Bratislava metropolitan area: case study with mobile positioning data. *Papers in Applied Geography*, 4, 4, 409-423. DOI: 10.1080/23754931.2018.1540357
- URBÁNKOVÁ, J., OUŘEDNÍČEK, M. 2006. Vliv suburbanizace na dopravu v Pražském městském regionu. *Sociální geografie pražského městského regionu*. Praha, Univerzita Karlova v Praze, 79-95.
- Van RUTH, F. 2014. *Traffic intensity as indicator of regional economic activity*. Statistics Netherlands.
- WIĘCKOWSKI, M., MICHNIAK, D., BEDNAREK-SZCZEPAŃSKA, M., CHRENKA, B., IRA, V., KOMORNICKI, T., ROSIK, P., STĘPNIAK, M., SZÉKELY, V., ŚLESZYŃSKI, P., ŚWIĄTEK, D., WIŚNIEWSKI, R. 2014. Road accessibility to tourist destinations of the Polish-Slovak borderland: 2010-2030 prediction and planning. *Geographia Polonica*, 87, 1, 5-26. DOI: 10.7163/GPol.2014.1
- WIŚNIEWSKI, S. 2018. Relations between theoretical and real-time accessibility for inter-regional, intra-regional and intra-urban car journeys: The example of Poland. *Bulletin of Geography. Socio-economic Series*, 41, 45-58. DOI: 10.2478/bog-2018-0025

The impact of traffic intensity on changes in the population potential of the Bratislava hinterland

Summary

Bratislava and its hinterland represent the economically strongest and most dynamically developing region in Slovakia. In the last 30 years, there have been fundamental changes in the spatial organization of society in this region, primarily dominated by the process of suburbanization, which brings many positive and negative impacts. The essence of suburbanization consists of decentralization of housing, work, and commercial activities from the central areas of the city. This led to changes in the socio-spatial arrangement of the region. The mismatch between the place of residence and the workplace forces the inhabitants to overcome this spatial separation, which leads to regular commuting to work by car use, and thus to increasing motorization. Thanks to its economic strength, Bratislava and its region represent a transport hub, where it meets transit interregional and international transport with regular commuting to work. Increasing motorization and the associated traffic intensity creates great demands on transport infrastructure, as a result it puts pressure on the development of new and more efficient roads, which lead to improved transport accessibility. On the other hand, high traffic intensity at certain times during the day creates significant defects of transport accessibility. The traffic speed is thus significantly influenced by the traffic intensity on the roads, which in a suburban environment is manifested by a typical curve of road traffic during the day.

The great mobility of the inhabitants of the area of interest is also evidenced by official data from the census, where, in addition to the inhabitants of Bratislava, another 140,000 commuters come to the city. Other evidence of the large population movement includes the location of SIM cards, which proves that in a functional urban region, up to 85,000 SIM card users work outside the municipality of residence. The high mobility on the roads also confirms data from the traffic census, which in the city of Bratislava captures the most measured values in Slovakia and other high values on the main roads in the entire monitored region. On the other hand, it is one of the most developed regions in terms of transport infrastructure with the presence of first-class roads and expressways (Fig. 1).

In this way, we avoided the connection with the solution of the internal distance when calculating the population potential. A critical part of the calculation of the population potential is the selection of a suitable distance-decay function. The universal power-exponential function created for the territory of the Slovak Republic was used here (1.). The time distances between territorial units entering the calculation of population potential were obtained through network analysis and reflecting the changing treatment of traffic during the day. They are divided into 4 states, according to:

- night traffic intensity,
- intensity during rush hour,
- intensity in the afternoon saddle,
- average intensity during the day (intensity from the whole day evenly converted to each hour).

The population potential was thus calculated in 4 states of traffic intensity. The distribution of the number of territorial units based on population potential acquires an asymmetrical distribution with extremely high values of skewness and kurtosis coefficients, where only a relatively small number of points contains high values, on the other hand a large number reaches low values in all 4 states (Fig. 2). The individual potentials were then compared with the potential with the average state of traffic intensity and the results showed that the population potential in the state with night traffic intensity is higher in most of the territory than during the average intensity (Fig. 4). The biggest differences are in the territory of Bratislava and its immediate hinterland, where the population potential is 25% to 50% higher. We observe the opposite values for the population potential in the state of peak intensity, ie the overwhelming part of the territory has a population potential lower than in the state with average intensity and in Bratislava, along the D1 motorway to Trnava the value is 25% and more lower than at average intensity. The biggest differences are shown in the saddle traffic intensity, where a large part of the territory reaches a positive value compared to the state with average intensity, but the Bratislava area and the corridors along the D1 and D2 highways, and around Trnava are lower and in the case of Bratislava the values fall by more than 25%. It is therefore clear that the traffic intensity has a heterogeneous effect on the speed on roads within the monitored area, and thus a different effect on the population potential. It clearly has the greatest impact on the territory of Bratislava and its background (Fig. 5).