



EURÓPSKA ÚNIA
Európsky fond
regionálneho rozvoja



Integrovaný regionálny
operačný program
2014 - 2020



MINISTERSTVO
PŮDOHOSPODÁRSTVA
A ROZVOJA VIDIEKA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Technická správa 3: Prieskum verejnej osobnej dopravy

Dátum spracovania: 29. 11. 2019



EURÓPSKA ÚNIA
Európsky fond
regionálneho rozvoja



Integrovaný regionálny
operačný program
2014 - 2020



MINISTERSTVO
PŮDOHOSPODÁRSTVA
A ROZVOJA VIDIEKA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Objednávateľ PUM

Mesto Trenčín

Mierové nám. č.2, 911 64 Trenčín



TRENČÍN

Koordinátor PUM: Róbert Hartmann

Spracovateľ PUM

Centrum dopravného výzkumu, v. v. i.

Líšeňská 33a, 636 00 Brno



CENTRUM
DOPRAVNÍHO
VÝZKUMU

Riešiteľský tím: Mgr. Jan Elgner, I
ng. Martin Kulišťák, I
ng. Richard Turek, Ph.D.

Dátum spracovania: 29. 11. 2019

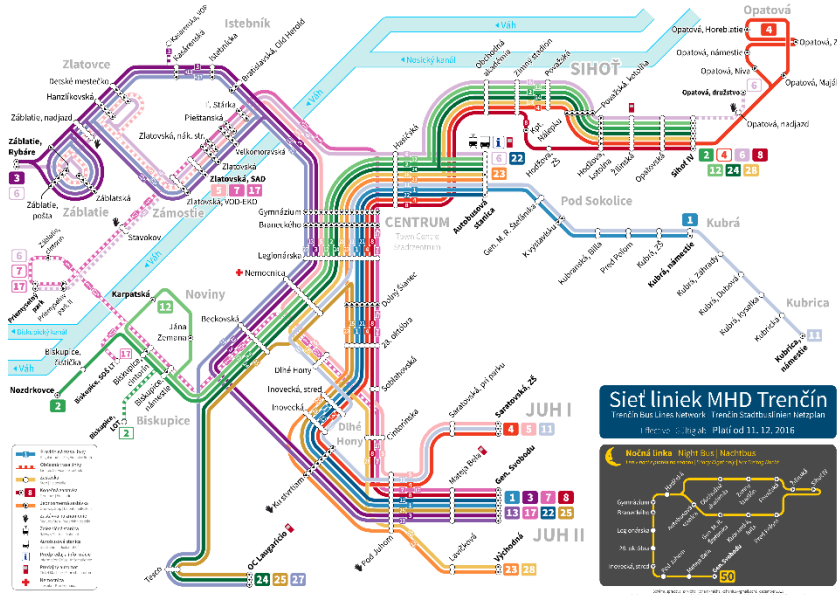
Dokument bol vypracovaný v rámci projektu Plán udržateľnej mobility mesta Trenčín, ktorý je spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja a štátneho rozpočtu SR v rámci integrovaného regionálneho operačného programu 2014 – 2020.

Obsah

1	Charakteristika siete liniek MHD.....	4
2	Realizácia prieskumu verejnej dopravy	6
3	Spracovanie dát z prieskumu	8
4	Vyhodnotenie prieskumu verejnej dopravy	11
5	Literatúra.....	13
6	Prílohy.....	14

1 CHARAKTERISTIKA SIETE LINIEK MHD

Mestskú hromadnú dopravu v meste Trenčín zabezpečuje dopravca SAD Trenčín, akciová spoločnosť, ktorý je zabezpečuje dopravu v rámci mesta, okresu i kraja už niekoľko rokov. Územie mesta je obsluhované prostredníctvom 19 liniek MHD a jednej nočnej linky. Okrem siete liniek MHD je v rámci mesta možné využiť tiež spoje PHD, na ktorých tiež platí tarifa MHD. Schéma siete liniek MHD Trenčín je znázornená na Obr. 1.



Obr. 1 Schéma siete liniek MHD Trenčín

Zo schémy uvedenej na obr. 1 je zrejmé, že systém trás je vedený prevažne diagonálne s čiastkovými prvkami okružného vedenia trás. Väčšina liniek je tak spravidla v strede svojej trasy vedená centrom mesta, čím je zaistená možnosť prestupu na inú trasu.

Z celkového počtu 86 stálych zastávok (zastavujú tu vozidlá všetkých liniek uvedených v RP) je 27 jednosmerných a 14 konečných. Na konečných zastávkach sú spravidla vybudované obratiská.

Niektoré zastávky MHD sú obsluhované tiež spojmi prímestských liniek. Tieto z časti obsluhujú zastávky na území mesta mimo siete MHD, čím dopĺňajú ponuku nástupných / výstupných miest. Zastávky PHD sa nachádzajú prevažne po trase (radiále) jednotlivých liniek z centra podľa cieľa za hranicami mesta.

Potenciálne ciele ciest (úrady, školy, divadlá a pod.) sú z prevažnej väčšiny dostupné MHD.

Väčšina liniek prechádza autobusovou stanicou. V jej bezprostrednom okolí sa nachádza žel. stanica Trenčín a je tak zaistená pomerne časovo nenáročná možnosť prestupu medzi MHD, PHD a železničnou dopravou na jednom mieste. Schéma autobusových zastávok je znázornená na Obr. 1. Z hľadiska početnosti spojov je najviac spojov vypravovaných na linkách č. 8.

1.1 Vozidlá MHD

Dopravca SAD Trenčín a.s. má v súčasnej dobe k dispozícii 41 autobusov MHD, z toho 6 kĺbových. Vozidlový park dopravca tvorí autobusy Karosa B 952 E, B 961 E, Irisbus Citelis 12M, 18M a Iveco Crossway LE. Priemerný vek vozového parku činí cca 11,3 roka. Všetky autobusy sú vybavené odbavovacím a väčšina tiež informačným systémom.

Autobusy SAD Trenčín a.s. obsluhujú linky MHD podľa vopred určených turnusov. V jednotlivých turnusoch sú pre každé vozidlo definované činnosti (pristavenie, spoje, bezpečnostné prestávky, odstavenie), zastávky, časové údaje, rýchlosť, prejdená vzdialenosť atď.. Autobusy v súčasnej dobe nie sú priradené určité linke, ale v priebehu dňa obsluhujú spoje rôznych liniek, ktoré na seba nadväzujú v konečných zastávkach. Intervaly nie sú na všetkých linkách vždy pravidelné, ale taktový režim je na vybraných linkách využívaný.

2 Realizácia prieskumu verejnej dopravy

Prieskum mestskej hromadnej dopravy Trenčín bol realizovaný v mesiaci máji 2019. Súhrnný popis prieskumu je uvedený nižšie.

Termín realizácie: 28. 5. 2019

Počet pracovníkov: cca 50 osôb + 5 náhradníkov

Doba prieskumu: Celý deň

Približné smeny (jednotlivé časy sa môžu líšiť):

- Ranná špička: 5:00 - 9:00
- Dopoludňajšia sedlo: 9:00 - 13:00
- Popoludňajšia špička: 13:00 - 17:00
- Večerné sedlo: 17:00 - 21:00

Školenia:

- Deň pred konaním prieskumu, čas 19:00 - 20:00
- Školitelia: zamestnanci CDV

Rozsah činnosti:

- Všetky linky systému mestskej hromadnej dopravy na území mesta Trenčína

Popis činnosti:

- Jazda v konkrétnom autobuse zo siete MHD Trenčín a to po celej trase (z konečnej na konečnú) podľa dodaných cestovných poriadkov po celú dobu prieskumu
- Na konečnej stanici pracovník vystúpi a nastúpi opäť do rovnakého vozidla. Ak mu bude vodičom umožnené zostať vo vozidle, nemusia vystupovať.
- Počítanie nastupujúcich a vystupujúcich osôb na každej zastávke a kalibračné počítanie počtu osôb idúcich v autobuse medzi jednotlivými zastávkami.
- Zaznamenávanie dát do papierového formulára k jednotlivým zastávkam a času
- Cestovné poriadky - jazdy konkrétneho vozidla dostane pracovník k dispozícii pri školení.
- Bezodkladne kontaktovanie zodpovednej osoby v prípade akéhokoľvek problému.
- Odovzdanie vyplneného formulára pracovníkovi CDV na dohovorenom mieste po ukončení prieskumu

Podklady pre prepožičanie pracovníkom:

- Cestovný poriadok daného autobusu, v ktorom bude pracovník po celú dobu vykonávať prieskum cestujúcich,
- formuláre a dosky pre zápis dát,
- reflexná vesta,

- dosky pre zápis a reflexná vesta budú po skončení prieskumu vrátené pracovníkom CDV.

Organizačné pokyny pre pracovníkov:

- absolvovaní školenia BOZP a metodického školenia pre prieskumy MHD;
- prítomnosť na určenom stanovišti 15 min pred vlastným začatím prieskumu;
- odovzdať agentúre osobné dáta – aktuálne mobilný kontakt, ktorý musí platiť po dobu vykonávania vlastného prieskumu;
- prítomnosť po celú dobu v danom autobuse, v prípade prestávky na konečnej stanici v tesnej blízkosti danej zastávky, v priebehu prieskumu bude prebiehať kontrola pracovníkov;
- Po ukončení prieskumu odovzdá vyplnených formulárov zodpovednému pracovníkovi CDV.

3 Spracovanie dát z prieskumu

Problémy výberu liniek z danej množiny liniek na základe dopytu cestujúcich a dopravnej ponuky určenej počtom a kapacitou autobusov, resp. odchody spojov, sú formulované a riešené ako:

- úlohy celočíselného lineárneho programovania,
- úlohy dynamického programovania,
- optimalizačné úlohy v grafoch.

Na posúdenie, ktoré linky MHD Trenčín vybrať tak, aby bola pokrytá dopyt cestujúcich a určiť aký počet autobusov je potrebné priradiť linkám, bola využitá optimalizačná metóda PRIVOL (PRIradenie VOzidiel Linkám), ktorá patrí medzi úlohy celočíselného lineárneho programovania. S ohľadom na výpočtovú náročnosť bol na výpočet určilo obdobie rannej prepravnej špičky.

Vstupnými údajmi v prípade metódy PRIVOL sú:

- širšia množina liniek,
- intenzity cestujúcich na jednotlivých úsekoch za zvolené časové obdobie,
- informácie o vozovom parku (typy vozidiel a ich kapacita),
- obežné doby na jednotlivých linkách (počty obehov).

Údaje o intenzitách cestujúcich pre jednotlivé prúdy vychádzajú z prepravného prieskumu MHD. Obežné doby a počty obehov boli vypočítané z nasledujúcich technologických vzorcov:

Obežná doba t_o :

$$t_o = 2 \cdot t_l \text{ [min]}$$

kde:

t_l – doba linky [min]

Doba linky t_l :

$$t_l = t_s + t_k \text{ [min]}$$

Doba linky t_l :

$$t_l = t_s + t_k \text{ [min]}$$

t_s – doba spoja [min]

t_k – doba zdržania na konečnej zastávke [min]

Počet obehov N_l :

$$N_l = \frac{60}{t_o} \text{ [min]}$$

Potrebné technologické časy vychádzajú z reálnych jazdných dôb. Obežné doby a počty obehov sú uvedené v tab. č. 2.

Linka	Model	Doba spoje [min]	Doba zdržania na konečnej [min]	Doba linky [min]	Obežná doba [min]	Počet obehov
1	1	28	5	33	66	0,9
2	2	27	5	32	64	0,94
3	3	29	5	34	68	0,88
4	4	34	5	40	78	0,77
5	5	33	5	38	76	0,78
6	6	32	5	37	74	0,8
6.2	7	32	5	37	74	0,8
7	8	20	5	25*	50	1,2
8	9	24	5	29	58	1,03
11	10	34	5	39	78	0,77
12	11	29	5	34	68	0,88
13	12	27	5	60	60	1
17	-	20	5	25	50	1,2
22	13	19	5	24	48	1,25
23	14	19	5	24	48	1,25
24	15	28	5	33	66	0,9
25	16	19	5	24	48	1,25
27	-	-	-	-	-	-
28	17	29	5	34	68	0,88
31	-	-	-	-	-	-

Tab. 1 Časové údaje na jednotlivých linkách v období 5 – 8 h

Nižšie uvedené modely vyplývajú z matematického modelu zostaveného v minulosti riešiteľským kolektívom Výskumného ústavu dopravného v Žiline (prof. Čierny)

Pre posúdenie liniek MHD Trenčín boli spracované 2 modely:

Variant č. 1 - matematický model minimalizujúcu počet vozidiel (v prevádzke sú všetky existujúce linky)

Variant č. 2 - matematický model minimalizujúci počet vozidiel (voľný výber liniek)

Jednotlivé varianty matematických modelov sa od seba líšia optimalizačným kritériom. V prípade variantov č. 1 a 2 je kritériom počet autobusov, ktorý bude minimalizovaný. Množina liniek v prípade variantu č. 1 zodpovedá súčasnému stavu. Vo variante č. 2 nie je obsiahnutá požiadavka na súčasnú prevádzku všetkých liniek prevádzkovaných v súčasnosti v rannej špičke.

Zostavené matematické modely všetkých variantov, boli v rámci spracovania prepísané do textu programu v príslušnom programovacom jazyku, s ktorým pracuje matematický softvér R. Jednotlivé matematické modely sú uvedené v samostatných prílohách.

V prípade analýzy PHD bola na základe dát z el. odbavenia spracovaná matica podľa jednotlivých liniek a spojov za mesiac máj, kedy boli realizované prieskumy. Taktiež bola vykonaná analýza spojov MHD, resp. frekvencie nástupov na jednotlivých zastávkach. Informácie o významných smerových reláciách a motivácia pri voľbe dopravného prostriedku sú riešené samostatne v rámci Prieskumu dopravného správania. Formuláre z prieskumu vo vozidlách (intenzity prepravného prúdu na úsekoch) boli spracované v tabuľkovej forme v MS Excel.

4 Vyhodnotenie prieskumu verejnej dopravy

Pre analýzu pokrytia intenzít prepravného prúdu zameranú na porovnávanie ponúkaných a priemerne požadovaných miest na úsekoch danej siete bol využitý model PRIVOL, ktorý patrí do oblasti operačnej analýzy. Koncept použitej metódy je opísaný v samostatnej prílohe.

Výsledky, ktoré boli získané po vykonaní optimalizačného výpočtu, sú uvedené v tabuľke:

Linka	Č. model	Matematický model minimalizujúci počet vozidiel	
		Variant 1	Variant 2
1	1	4	1
2	2	3	1
3	3	1	1
4	4	2	2
5	5	1	0
6	6	2	4
6.2	7	1	0
7	8	2	2
8	9	3	3
11	10	3	6
12	11	1	0
13	12	2	2
17	-	2	2
22	13	6	7
23	14	2	1
24	15	1	2
25	16	1	0
27	-	-	-
28	17	1	2
31	-	-	-

Tab. 2 Výsledky matematických modelov

Počet nasadených autobusov v prípade varianty 1.1. činí 38 vozidiel, v prípade varianty 1.2 je počet priradených autobusov 36.

Uvedené počty približne zodpovedajú počtu autobusov nasadzovaných na linky MHD v období špičky.

V dôsledku racionalizácie došlo v prípade varianty č. 2 ku zníženiu počtu autobusov a tiež liniek. Výsledok metódy PRIVOL činí 36 autobusov obsluhujúcich 14 liniek a to liniek č. 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 11, 13, 17, 22, 23, 24, 28. Zvyšné linky č. 5, 6, 12, 25 boli zrejme zrušené vzhľadom k malým

intenzitám prepravného prúdu v daných reláciách. Ďalej ich trasa čiastočne kopíruje trasu iných liniek, avšak k súbehu liniek dochádza vzhľadom k charakteru systému trás na viacerých miestach.

Linky 27 a 31 boli s ohľadom na ich špecifický charakter prevádzky z modelu vyňaté. Pre tieto linky je uvažované samostatné priradenie obsluhy s možnosťou preloženia exponovaných časov na iných linkách podľa odborného posúdenia dopravcu.

Dáta boli spracované v matematickom software R a tabuľkovom procesore MS Excel.

5 Literatúra

- [1] ČERNÝ, J., KLUVÁNEK, P. *Základy matematickej teórie dopravy*. Bratislava: VEDA, 1991. 1. vydání, 279 s. ISBN 80-224-0099-8.
- [2] JANÁČEK, J. *Matematické programování*. Žilina: ŽU v Žilině, 1999. 1. vydání, 225 s. ISBN 80-7100-573-8.
- [3] JANÁČEK, J. *Optimalizace na dopravních sítích*. Žilina: ŽU v Žilině, 2002. 1. vydání, 248 s. ISBN 80-8070-031-
- [4] VONKA, J., DRDLA, P., BÍNA, L., ŠIROKÝ, J. *Osobní doprava*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2001. 1. vydání, 170s. ISBN 80-7194-320-7.

6 Prílohy

PRÍLOHA Č.1:	MHD_linky.pdf
PRÍLOHA Č.2:	MHD_pentlogram (5-9h).pdf
PRÍLOHA Č.3:	MODEL PRIVOL.doc
PRÍLOHA Č.4:	Analýza dat MHDTN 2019_máj.xlsx
PRÍLOHA Č.5:	Analýza dat PADTN 2019_máj.xlsx
PRÍLOHA Č.6:	Intenzita_L1-L31.xlsx

Zoznam tabuliek, grafov a obrázkov

Zoznam obrázkov

Obr. 1 Schéma siete liniek MHD TrenčínChyba! Záložka není definována.

Zoznam tabuliek

Tab. 1 Časové údaje na jednotlivých linkách v období 5 – 8 h 9

Tab. 2 Výsledky matematických modelov 11