



PLÁN UDRŽATELNEJ MOBILITY KRAJSKÉHO MESTA TRNAVA A JEHO FUNKČNÉHO ÚZEMIA

2. DOPRAVNÝ MODEL

Dopravná ponuka a kalibrácia súčasného stavu



EURÓPSKA ÚNIA
Európsky fond
regionálneho rozvoja



Integrovaný regionálny
operačný program
2014 - 2020



MINISTERSTVO
PÔDOHOSPODÁRSTVA
A ROZVOJA VIDIEKA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY



Zhotoviteľ:
AFRY CZ s.r.o.

Dátum:
04/2020

Zastúpený:
Ivo Šimek

Číslo zákazky:
2019/0090

Autorský kolektív:
Ing. Ondřej Kyp
Ing. Eva Göpfertová
Ing. Zuzana Volfová
Mgr. Lenka Želechovská
Ing. Matěj Petrouš
Ing. Pavel Suntych
Ing. Vojtěch Hlava
Ing. Jan Buzák

Spolupráca s:
CZECH Consult, spol. s.r.o.
Bc. Jan Rajman

Kontrola:
Ing. Ondřej Kyp

Objednávateľ:
Mesto Trnava
Hlavná 1
917 71 Trnava

Zastúpený:
vo veciach zmluvných: JUDr. Peter Bročka, LL.M.
vo veciach technických: Ing. arch. Peter Purdeš, Ing. Miroslav Kadlíček

PLÁN UDRŽATEĽNEJ MOBILITY KRAJSKÉHO MESTA TRNAVA A JEHO FUNKČNÉHO ÚZEMIA

TEXTOVÁ ČASŤ

ČASŤ 2.1

–

DOPRAVNÝ MODEL Dopravná ponuka a kalibrácia súčasného stavu

Dokument bol vypracovaný v rámci projektu Plán udržateľnej mobility krajského mesta Trnava a jeho funkčného územia, ktorý je spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja a štátneho rozpočtu SR v rámci Integrovaného regionálneho operačného programu 2014 – 2020.



OBSAH

ZOZNAM SKRATIEK	3
ZOZNAM OBRÁZKOV	4
ZOZNAM TABULIEK	5
ZOZNAM PRÍLOH	6
1 ÚVOD	7
2 DOPRAVNÉ MODELOVANIE	8
3 ZONÁLNE ČLENENIE	9
3.1 RIEŠENÉ ÚZEMIE	9
3.2 ZÁUJMOVÉ ÚZEMIE	16
3.3 NAPOJENIE ZÓN NA DOPRAVNÚ SIET'	21
4 MODEL DOPRAVNEJ PONUKY	23
4.1 CESTNÁ SIET'	23
4.2 VEREJNÁ AUTOBUSOVÁ DOPRAVA	24
4.3 ŽELEZNIČNÁ DOPRAVA	28
5 MODEL DOPRAVNÉHO DOPYTU	31
5.1 SKUPINY OBYVATEĽOV	31
5.2 AKTIVITY, PÁRY AKTIVÍT	32
5.3 ATRAKTIVITY ZÓN	33
5.4 DOPRAVNÉ SYSTÉMY, DOPRAVNÉ MÓDY, DOPYTOVÉ VRSTVY	39
6 ČIASTKOVÝ MODEL VZNIKU JAZDY	40
7 ČIASTKOVÝ MODEL ROZDELENIA JAZDY	41
8 ČIASTKOVÝ MODEL VÝBERU DOPRAVNÉHO PROSTRIEDKU	42
9 PRIDELENIE DOPYTU NA DOPRAVNÚ SIET'	44
10 VÝSTUPY DOPRAVNÉHO MODELU	49





ZOZNAM SKRATIEK

EU	Európska únia
SR	Slovenská republika
MDVRR SR	Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky
ŠÚ SR	Štatistický úrad Slovenskej republiky
SODB 2011	Sčítanie obyvateľov, domov a bytov 2011
SSC	Slovenská správa ciest
ASD	Automatické sčítanie dopravy
CDB	Cestná databanka
IAD	Individuálna automobilová doprava
VHD	Verejná hromadná doprava
MHD	Mestská hromadná doprava
MFO	Mestská funkčná oblasť
SW	Software
PHL	Pohonné látky
PZ	Priemyselná zóna
VD funkcie	Volume – delay funkcie
E+C	Skupina obyvateľov - ekonomicky aktívni s automobilom
E-C	Skupina obyvateľov - ekonomicky aktívni bez automobilu
NE+C	Skupina obyvateľov - ekonomicky neaktívni s automobilom
NE-C	Skupina obyvateľov - ekonomicky neaktívni bez automobilu
Stud	Skupina obyvateľov - študenti vysokých škôl
Pup	Skupina obyvateľov - študenti stredných škôl
Epup	Skupina obyvateľov - žiaci základných škôl
ZSJ	Základná sídelná jednotka
ZUJ	Základná územná jednotka
H	Účel cesty – domov, bydlisko
J	Účel cesty – zamestnanie
S	Účel cesty – nákupy
Pr	Účel cesty – osobitné aktivity
B	Účel cesty – pracovné aktivity, biznis
L	Účel cesty – voľný čas
A	Účel cesty – úrady, administratíva
U	Účel cesty – vysoká škola
Y	Účel cesty – stredná škola
E	Účel cesty – základná škola
F	Dopravný mód – chôdza
I	Dopravný mód – bicykel
C	Dopravný mód – automobil – vodič
P	Dopravný mód – automobil – spolujazdec
X	Dopravný mód – verejná doprava



ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1	Schéma štvorstupňového dopravného modelu	8
Obrázok 2	Dopravné zóny v meste Trnava - vyznačené modrou farbou	10
Obrázok 3	Dopravné zóny MFO – vyznačené ružovou farbou	13
Obrázok 4	Členenie územia pre potreby vyhodnotenia	15
Obrázok 5	Dopravné zóny v záujmovom území – vyznačené zelenou farbou	17
Obrázok 6	Vstupné dopravné zóny – vyznačené oranžovou farbou	20
Obrázok 7	Príklad napojenia zóny na sieť	22
Obrázok 8	Cestná sieť v záujmovom území dopravného modelu	24
Obrázok 9	Linky a zastávky verejnej autobusovej dopravy – diaľkové autobusy	25
Obrázok 10	Linky a zastávky verejnej autobusovej dopravy – regionálne autobusy	26
Obrázok 11	Linky a zastávky verejnej autobusovej dopravy - MHD	27
Obrázok 12	Železničná sieť v záujmovom území	29
Obrázok 13	Vlakové linky v záujmovom území	30
Obrázok 14	Počet obyvateľov v zónach dopravného modelu	32
Obrázok 15	Počet pracovných miest v zónach dopravného modelu	34
Obrázok 16	Nákupné príležitosti v zónach dopravného modelu	35
Obrázok 17	Miesta na základných školách v zónach dopravného modelu	36
Obrázok 18	Miesta na stredných školách v zónach dopravného modelu	37
Obrázok 19	Miesta na vysokých školách v zónach dopravného modelu	38
Obrázok 20	Distribučné krivky	41
Obrázok 21	Kalibračné profily IAD	45
Obrázok 22	Kalibračné profily VHD	45
Obrázok 23	Vyhodnotenie kalibrácie zaťaženia OV	46
Obrázok 24	Vyhodnotenie kalibrácie zaťaženia LNV	47
Obrázok 25	Vyhodnotenie kalibrácie zaťaženia NV	47
Obrázok 26	Vyhodnotenie kalibrácie zaťaženia VHD	48



ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1	Zoznam dopravných zón v meste Trnava	10
Tabuľka 2	Zoznam dopravných zón MFO	13
Tabuľka 3	Zoznam dopravných zón v záujmovom území	16
Tabuľka 4	Zoznam dopravných zón v záujmovom území	17
Tabuľka 5	Zoznam vstupných dopravných zón	20
Tabuľka 6	Zoznam vlakových liniek vedených v záujmovom území	28
Tabuľka 7	Definícia atribútov zón	33
Tabuľka 8	Špecifické hybnosti	40
Tabuľka 9	Modal split	43





ZOZNAM PRÍLOH

- 2.1.1 Dopravný dopyt medzi okrskami mesta Trnava
- 2.1.2 Dopravný dopyt Biely kostol – Trnava
- 2.1.3 Dopravný dopyt Bohdanovce nad Trnavou – Trnava
- 2.1.4 Dopravný dopyt Brestovany – Trnava
- 2.1.5 Dopravný dopyt Bučany - Trnava
- 2.1.6 Dopravný dopyt Dolné Lovčice - Trnava
- 2.1.7 Dopravný dopyt Hrnčiarovce nad Parnou - Trnava
- 2.1.8 Dopravný dopyt Jaslovské Bohunice - Trnava
- 2.1.9 Dopravný dopyt Malženice - Trnava
- 2.1.10 Dopravný dopyt Ružindol - Trnava
- 2.1.11 Dopravný dopyt Suchá nad Parnou - Trnava
- 2.1.12 Dopravný dopyt Šelpice - Trnava
- 2.1.13 Dopravný dopyt Špačice - Trnava
- 2.1.14 Dopravný dopyt Zavar - Trnava
- 2.1.15 Dopravný dopyt Zeleneč - Trnava
- 2.1.16 Dopravný dopyt Zvončín - Trnava
- 2.1.17 Matica vzťahov medzi okrsky
- 2.1.18 Zaťaženie systému verejnej dopravy – rok 2019
- 2.1.19 Zaťaženie komunikačnej siete – rok 2019





1 ÚVOD

Súčasťou spracovania zákazky „PLÁN UDRŽATEĽNEJ MOBILITY KRAJSKÉHO MESTA TRNAVA A JEHO FUNKČNÉHO ÚZEMIA " je vytvorenie multimodálneho integrovaného dopravného modelu celého širšieho záujmového územia, zahŕňajúceho všetky druhy sietí dopravnej infraštruktúry a ich charakteristiky (strana ponuky) a tokov dopravy na sieti dopravnej infraštruktúry pre všetky kategórie dopytu po doprave – vo všetkých dopravných módoch dopravy (strana dopytu). Modelovanie dopravy z ponukovej aj dopytovej strany je zamerané na širšie územie s naviazaním na okolité okresy, kraje a celé Slovensko.

Táto správa popisuje metódu, postup a výsledky tvorby dopravného modelu súčasného stavu. Na spracovaný model dopravy nadviaže spracovanie prognóz dopravného modelu, ktoré umožnia kompletnú analýzu hodnotenia výhľadových opatrení.

Dopravný model mesta Trnava je vytváraný v štruktúre zodpovedajúcej jeho účelu. Dopravný model mesta je nástrojom na hodnotenie a identifikáciu problémových miest dopravného systému mesta v súčasnosti, ako aj vo výhlade.



2 DOPRAVNÉ MODELOVANIE

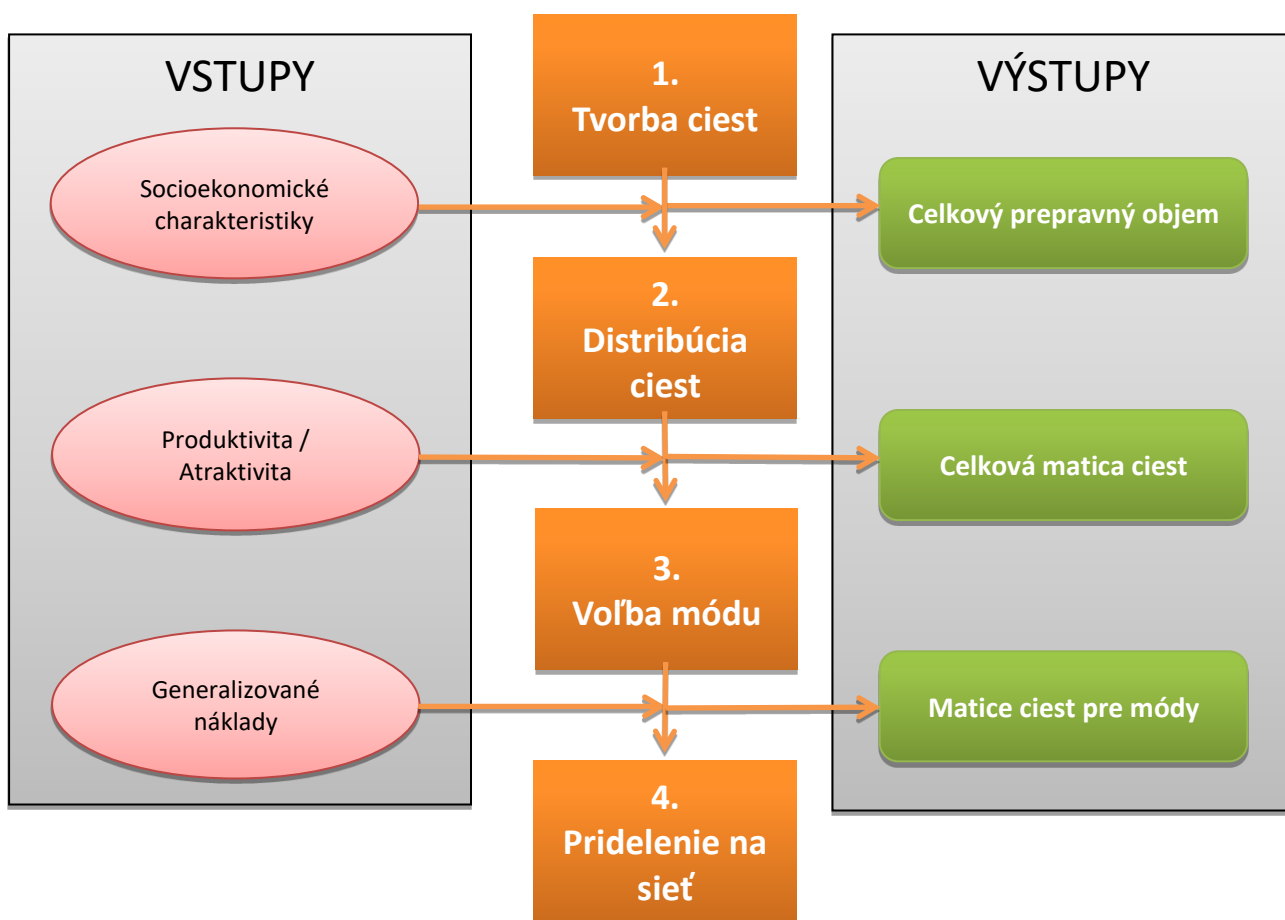
Na vytvorenie dopravného modelu mesta Trnava je použitý program VISUM®, ktorý je súčasťou dopravno-plánovacieho softvéru PTV-VISION® spoločnosti PTV Karlsruhe. Program VISUM® pracuje na základe princípov sieťovej analýzy.

Doprava je formovaná v súlade s úlohou projektu počas normálneho pracovného dňa. Rok 2019 je východiskový rok, pre ktorý bola získaná väčšina podkladových dát. Dopravný model mesta spracovaný pre východiskový rok 2019 nazývame ďalej model súčasného stavu. Model súčasného stavu sa meria a hodnotí podľa medzinárodných kritérií (napr. GEH) a štandardných štatistických parametrov.

Model osobnej dopravy je založený na klasickom štvorstupňovom modeli:

1. **Tvorba ciest (trip generation)** – pre každú zónu je definovaný počet ciest, ktoré tu začínajú a končia.
2. **Distribúcia ciest (trip distribution)** – vytvorenie matice dopravných vzťahov.
3. **Voľba dopravného módu (mode choice)** – rozdelenie dopravných vzťahov medzi dopravné módy.
4. **Pridelenie na sieť (assignment)** – prevod dopravných vzťahov na modelovú sieť.

Obrázok 1 Schéma štvorstupňového dopravného modelu



Zdroj: AFRY CZ s.r.o.



3 ZONÁLNE ČLENENIE

Dopravná zóna slúži ako zdroj a cieľ ciest pre určitý dopravný mód. Podrobnosť členenia modelu mesta Trnava vychádza z typu modelu a z vymedzenia územia zadávateľom na riešené a záujmové územie. Zonálna štruktúra je spoločná pre všetky typy dopravy.

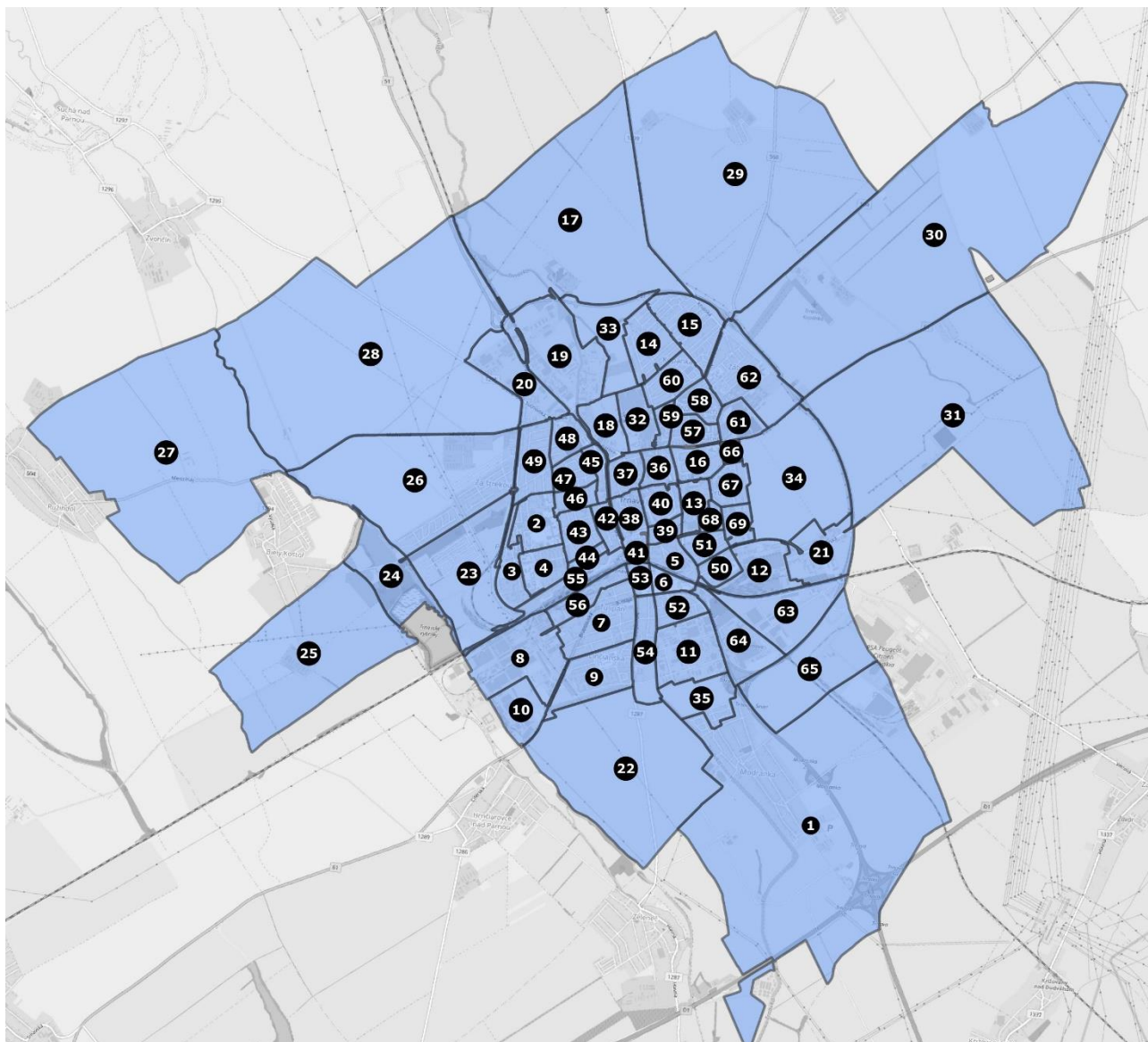
3.1 RIEŠENÉ ÚZEMIE

Riešené územie je totožné s administratívnym územím mesta Trnava a obcí mestskej funkčnej oblasti (Biely Kostol, Bohdanovce nad Trnavou, Brestovany, Bučany, Dolné Lovčice, Hrnčiarovce nad Parnou, Jaslovské Bohunice, Malženice, Ružindol, Suchá nad Parnou, Šelpice, Špačince, Zavar, Zeleneč a Zvončín) s významným podielom dochádzky za dennými aktivitami do mesta Trnava. Záujmové územie je vymedzené administratívno-správnymi hranicami, ktoré opisujú územie širších vzťahov. Záujmové územie je z hľadiska regionálnych a nadregionálnych dopravných širších vzťahov riešené s presahom do Bratislavského a Nitrianskeho kraja ako aj do okolitých okresov Trnavského kraja.

Mesto Trnava je podľa Štatistického úradu SR rozdelené na 48 základných sídelných jednotiek (ďalej len ZSJ). Obce mestskej funkčnej oblasti zahŕňajú 15 ZSJ. Pre potreby modelu boli niektoré ZSJ na území mesta Trnavy a MFO ďalej rozdelené na 2 až 3 dopravné zóny. Rozdelenie zón je vykonané s čo najväčším ohľadom na zachovanie celistvosti územia podľa jeho využitia (napr. rodinné domy, bytové domy, rekreácia). V meste je 69 dopravných zón vychádzajúcich z územných obvodov.



Obrázok 2 Dopravné zóny v meste Trnava - vyznačené modrou farbou



Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

Tabuľka 1 Zoznam dopravných zón v meste Trnava

	Č. zóny	Názov zóny	Kód ZSJ / ZUJ	Názov ZSJ / ZUJ
1	2380740	Modranka	SK02172380740	Modranka
2	2648310	Botanická	SK02172648310	Botanická
3	2648490	Prednádražie II	SK02172648490	Prednádražie II
4	2648570	Prednádražie I	SK02172648570	Prednádražie I
5	2648650	Podjavorínska	SK02172648650	Podjavorínska
6	2648900	Nemocnica	SK02172648900	Nemocnica
7	2649030	Tulipán	SK02172649030	Tulipán
8	2649201	Coburgova - sever	SK02172649201	Coburgova - sever
9	2649380	Linčianska	SK02172649380	Linčianska
10	2649461	Coburgova - juh	SK02172649461	Coburgova - juh



	Č. zóny	Názov zóny	Kód ZSJ / ZUJ	Názov ZSJ / ZUJ
11	2649540	Vajslova dolina	SK02172649540	Vajslova dolina
12	2649620	Vozňovka	SK02172649620	Vozňovka
13	2649710	Hlboká - juh	SK02172649710	Hlboká - juh
14	2650040	Nová Kopánka	SK02172650040	Nová Kopánka
15	2650120	Pekné pole	SK02172650120	Pekné pole
16	2650210	Hlboká - sever	SK02172650210	Hlboká - sever
17	2650470	Štrky	SK02172650470	Štrky
18	2650550	Kalvária	SK02172650550	Kalvária
19	2650630	Pri Pažitnom mlyne	SK02172650630	Pri Pažitnom mlyne
20	2650710	Pri Suchovskej ceste	SK02172650710	Pri Suchovskej ceste
21	2650800	Zavarská	SK02172650800	Zavarská
22	2651010	Pri Zelenečskej ceste	SK02172651010	Pri Zelenečskej ceste
23	2651100	Pri depe	SK02172651100	Pri depe
24	2651281	Kamenný mlyn	SK02172651281	Kamenný mlyn
25	2651360	Kočišské	SK02172651360	Kočišské
26	2651440	Nad Kamenným mlynom	SK02172651440	Nad Kamenným mlynom
27	2651520	Medziháje	SK02172651520	Medziháje
28	2651610	Kráľová - Farský mlyn	SK02172651610	Kráľová - Farský mlyn
29	2651870	Farárske	SK02172651870	Farárske
30	2651950	Dolina - Veľký dvor	SK02172651950	Dolina - Veľký dvor
31	2652090	Oravné	SK02172652090	Oravné
32	2652250	Slávia	SK02172652250	Slávia
33	2820310	Rybník	SK02172820310	Rybník
34	2820490	Prúdy	SK02172820490	Prúdy
35	2820570	Nad Modrankou	SK02172820570	Nad Modrankou
36	264784001	Staré mesto - sever	SK02172647840	Staré mesto - sever
37	264784002	Staré mesto - sever	SK02172647840	Staré mesto - sever
38	264792001	Staré mesto - juh	SK02172647920	Staré mesto - juh
39	264792002	Staré mesto - juh	SK02172647920	Staré mesto - juh
40	264792003	Staré mesto - juh	SK02172647920	Staré mesto - juh
41	264792004	Staré mesto - juh	SK02172647920	Staré mesto - juh
42	264806001	Špíglsál - juh	SK02172648060	Špíglsál - juh
43	264806002	Špíglsál - juh	SK02172648060	Špíglsál - juh
44	264806003	Špíglsál - juh	SK02172648060	Špíglsál - juh
45	264814001	Špíglsál - stred	SK02172648140	Špíglsál - stred
46	264814002	Špíglsál - stred	SK02172648140	Špíglsál - stred
47	264814003	Špíglsál - stred	SK02172648140	Špíglsál - stred
48	264822001	Špíglsál - sever	SK02172648220	Špíglsál - sever
49	264822002	Špíglsál - sever	SK02172648220	Špíglsál - sever
50	264873001	Pri Kriváni	SK02172648730	Pri Kriváni
51	264873002	Pri Kriváni	SK02172648730	Pri Kriváni
52	264881001	Kozácka	SK02172648810	Kozácka





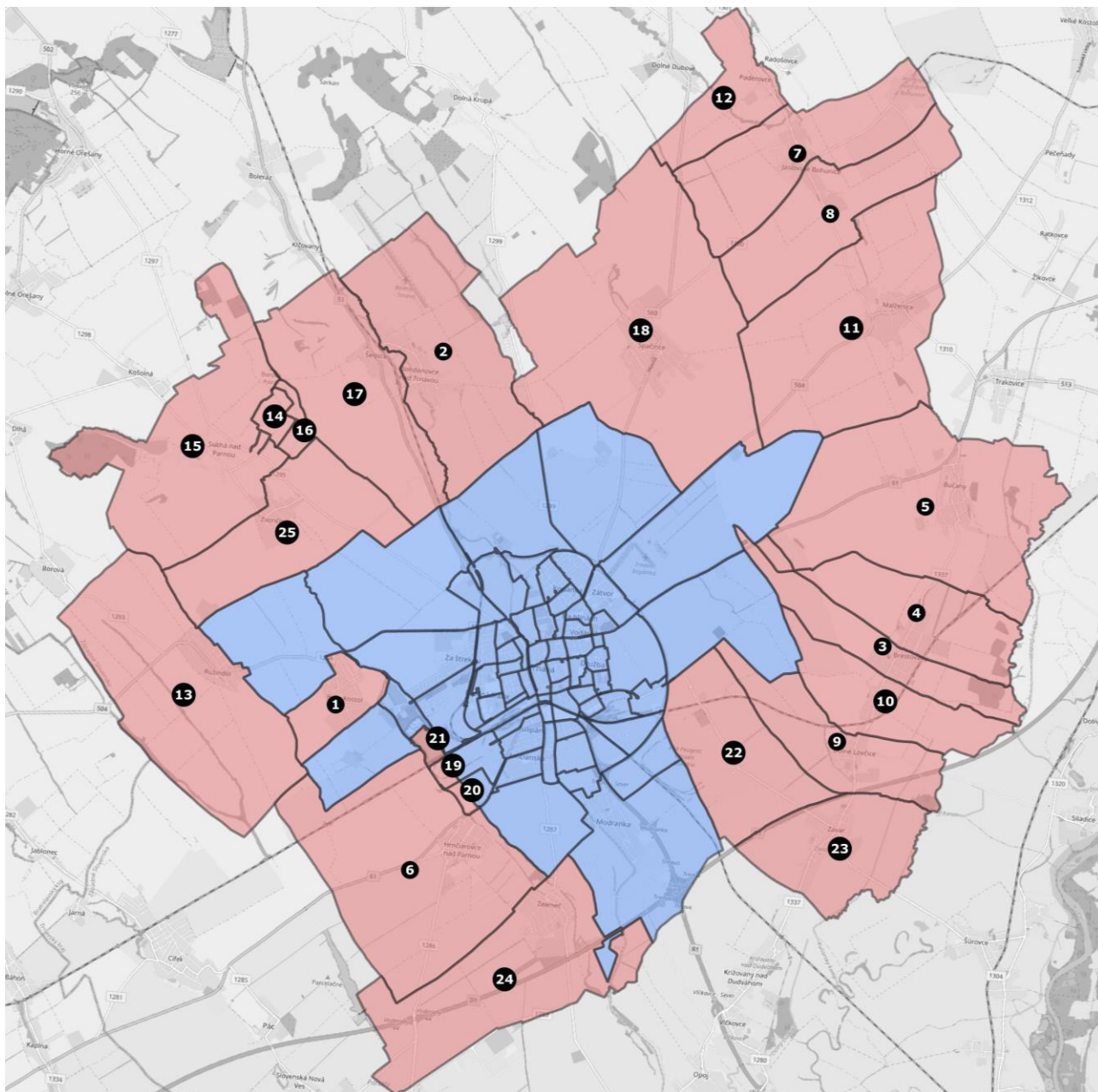
	Č. zóny	Názov zóny	Kód ZSJ / ZUJ	Názov ZSJ / ZUJ
53	264881002	Kozácka	SK02172648810	Kozácka
54	264881003	Kozácka	SK02172648810	Kozácka
55	264911001	Na stanici	SK02172649110	Na stanici
56	264911002	Na stanici	SK02172649110	Na stanici
57	264989001	Vodáreň	SK02172649890	Vodáreň
58	264989002	Vodáreň	SK02172649890	Vodáreň
59	264997001	Stará Kopánka	SK02172649970	Stará Kopánka
60	264997002	Stará Kopánka	SK02172649970	Stará Kopánka
61	265039001	Zátvor	SK02172650390	Zátvor
62	265039002	Zátvor	SK02172650390	Zátvor
63	265098001	Od Zavarského	SK02172650980	Od Zavarského
64	265098002	Od Zavarského	SK02172650980	Od Zavarského
65	265098003	Od Zavarského	SK02172650980	Od Zavarského
66	265217001	Hlboká - východ	SK02172652170	Hlboká - východ
67	265217002	Hlboká - východ	SK02172652170	Hlboká - východ
68	265217003	Hlboká - východ	SK02172652170	Hlboká - východ
69	265217004	Hlboká - východ	SK02172652170	Hlboká - východ

Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

Do riešeného územia patrí okrem mesta Trnavy taktiež 15 príslušných obcí s významným podielom dochádzky za dennými aktivitami do mesta Trnava. Toto územie sa nazýva mestská funkčná oblasť. Táto MFO bola rozdelená na 25 dopravných zón, niektoré obce MFO boli za účelom dopravného modelovania rozdelené do viacerých zón. Rozdelenie obcí na menšie dopravné zóny rešpektuje hranice jednotlivých základných sídelných jednotiek, z ktorých sa obec skladá.



Obrázok 3 Dopravné zóny MFO – vyznačené ružovou farbou



Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

Tabuľka 2 Zoznam dopravných zón MFO

	Č. zóny	Názov zóny	Kód ZUJ	Názov obce
1	2029240	Biely Kostol	SK02172029240	Biely Kostol
2	2034240	Bohdanovce nad Trnavou	SK02172034240	Bohdanovce nad Trnavou
3	2062450	Malé Brestovany	SK02172062450	Brestovany
4	2062530	Veľké Brestovany	SK02172062530	Brestovany
5	2071010	Bučany	SK02172071010	Bučany
6	2194790	Hrnčiarovce nad Parnou	SK02172194790	Hrnčiarovce nad Parnou
7	2224021	Bohunice	SK02172224021	Jaslovské Bohunice



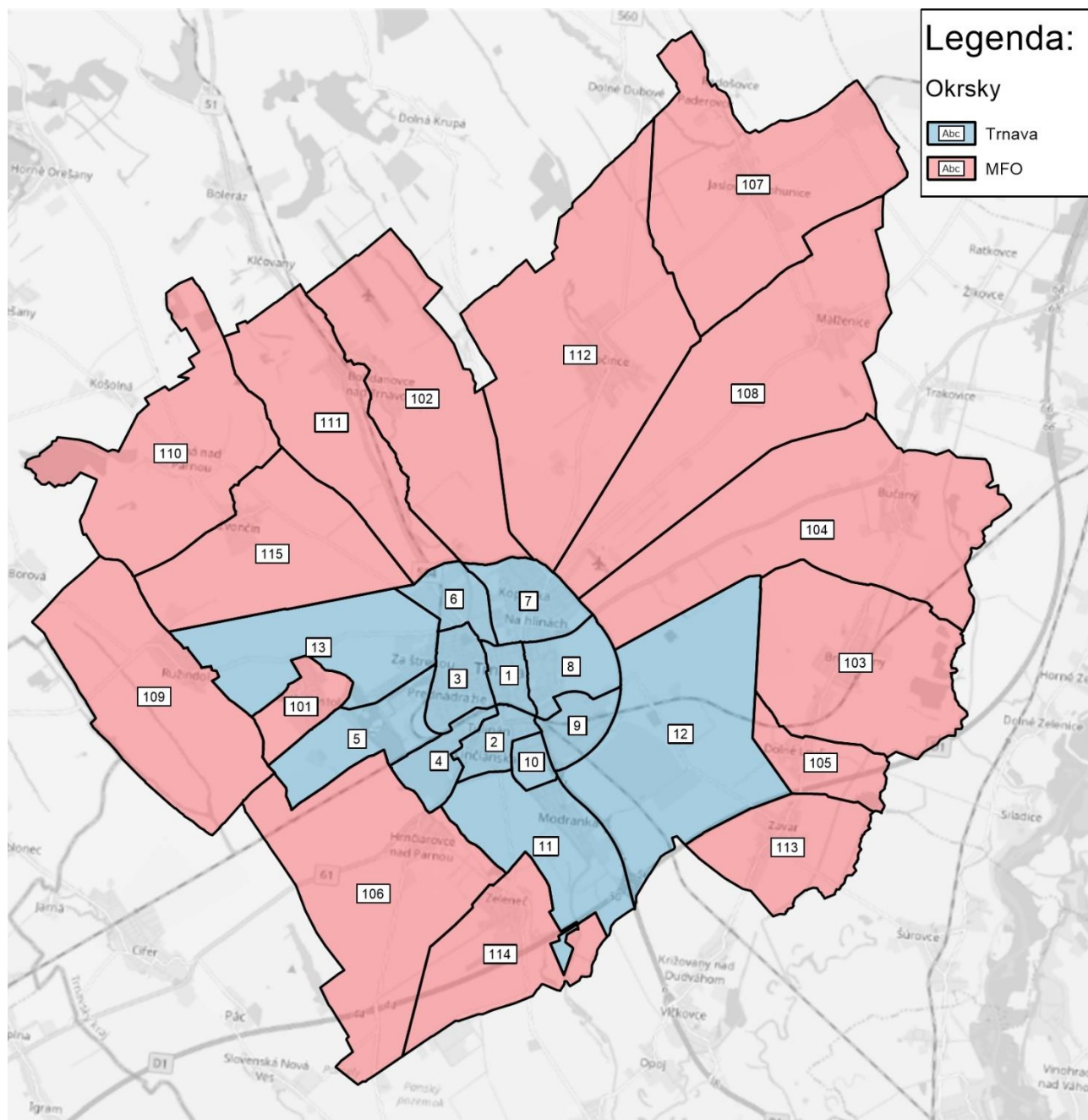
	Č. zóny	Názov zóny	Kód ZUJ	Názov obce
8	2224110	Jaslovce	SK02172224110	Jaslovské Bohunice
9	2331880	Dolné Lovčice	SK02172331880	Dolné Lovčice
10	2331960	Horné Lovčice	SK02172331960	Brestovany
11	2359620	Malženice	SK02172359620	Malženice
12	2449700	Paderovce	SK02172449700	Jaslovské Bohunice
13	2537910	Ružindol	SK02172537910	Ružindol
14	2594200	Ružová Dolina	SK02172594200	Suchá nad Parnou
15	2594380	Suchá nad Parnou	SK02172594380	Suchá nad Parnou
16	2594460	Vlčia dolina	SK02172594460	Suchá nad Parnou
17	2607380	Šelpice	SK02172607380	Šelpice
18	2610410	Špačince	SK02172610410	Špačince
19	2649202	Coburgova - sever	SK02172649202	Hrnčiarovce nad Parnou
20	2649462	Coburgova - juh	SK02172649462	Hrnčiarovce nad Parnou
21	2651282	Kamenný mlyn	SK02172651282	Hrnčiarovce nad Parnou
22	2725740	Prielohy	SK02172725740	Zavar
23	2725820	Zavar	SK02172725820	Zavar
24	2729900	Zeleneč	SK02172729900	Zeleneč
25	2739110	Zvončín	SK02172739110	Zvončín

Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

V dopravnom modeli je k vyššie uvedeným dopravným zónam na území mesta Trnava a MFO ďalej priradený systém nadradených okrskov (tzv. main zones), ktoré slúžia pre prehľadnejšie, agregované vyhodnotenie dopravných charakteristík v riešenom území a pre zachovanie kontinuity výsledkov s predchádzajúcimi projektmi.



Obrázok 4 Členenie územia pre potreby vyhodnotenia



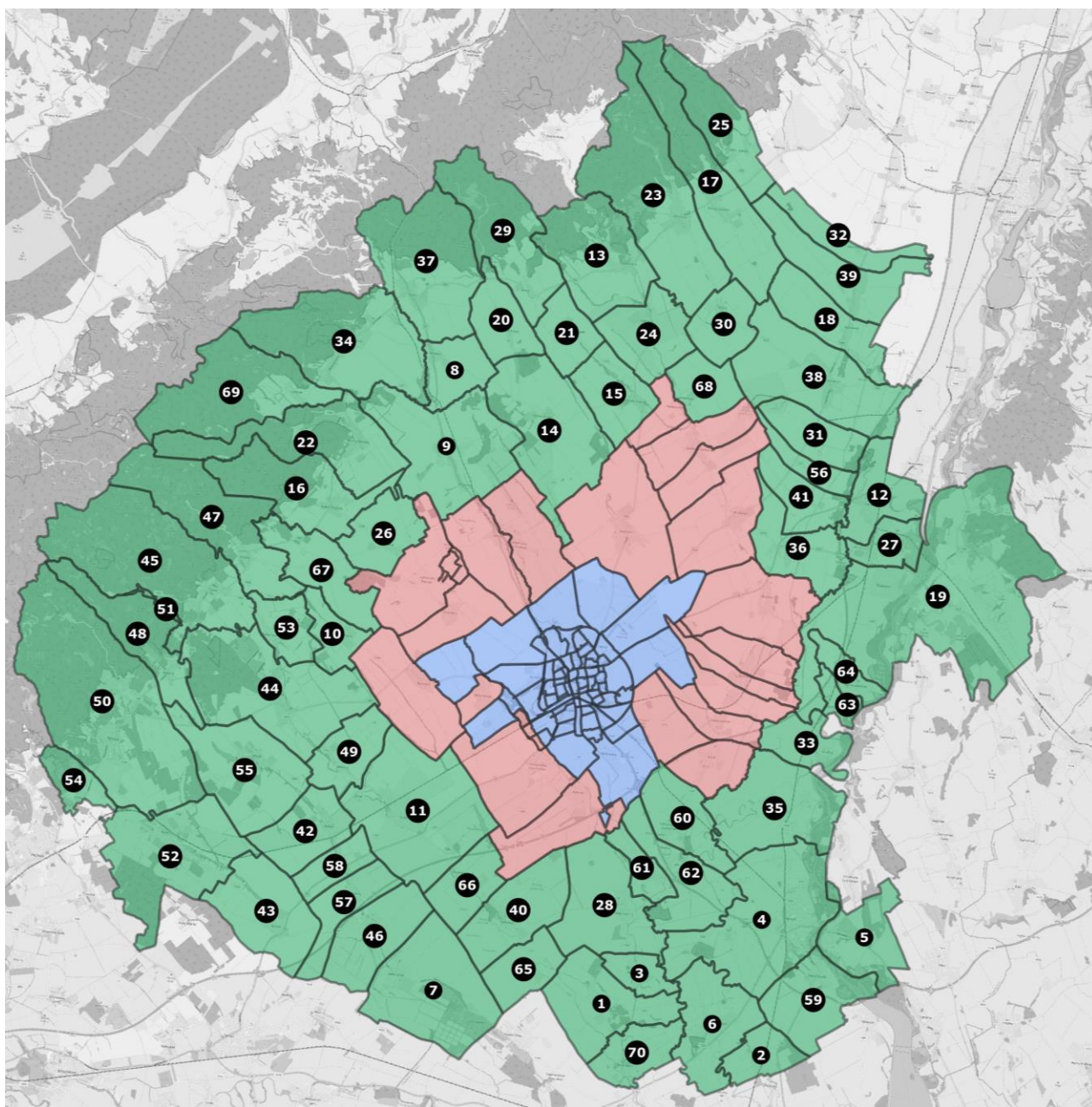
Tabuľka 3 Zoznam dopravných zón v záujmovom území

Č. okrsku	Názov okrsku	Č. okrsku	Názov okrsku
1	Centrum	102	Bohdanovce nad Trnavou
2	Nemocnice	103	Brestovany
3	Nad stanicou	104	Bučany
4	TAZ	105	Dolné Lovčice
5	Kamenný mlyn	106	Hrnčiarovce nad Parnou
6	Farský mlyn	107	Jaslovské Bohunice
7	Kopánka	108	Malženice
8	Tehelne	109	Ružindol
9	Vozovňa	110	Suchá nad Parnou
10	Agrokomplex	111	Šelpice
11	Modranka	112	Špačince
12	PSA	113	Zavar
13	Za štrekou	114	Zeleneč
101	Biely Kostol	115	Zvončín

3.2 ZÁUJMOVÉ ÚZEMIE

Záujmové územie opisuje územie širších vzťahov a zahŕňa územie okresu Trnava ako aj príslušné obce okresov Pezinok, Senec, Galanta, Hlohovec, Piešťany.

Obrázok 5 Dopravné zóny v záujmovom území – vyznačené zelenou farbou



Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

Tabuľka 4 Zoznam dopravných zón v záujmovom území

	Č. zóny	Názov zóny	Kód ZUJ	Názov obce	Názov okresu
1	503673	Abrahám	SK021503673	Abrahám	Galanta
2	503762	Gáň	SK021503762	Gáň	Galanta
3	503789	Hoste	SK021503789	Hoste	Galanta
4	504009	Sereď	SK021504009	Sereď	Galanta
5	504041	Šintava	SK021504041	Šintava	Galanta
6	504122	Veľká Mača	SK021504122	Veľká Mača	Galanta
7	504149	Veľký Grob	SK021504149	Veľký Grob	Galanta



	Č. zóny	Názov zóny	Kód ZUJ	Názov obce	Názov okresu
8	506788	Bíňovce	SK021506788	Bíňovce	Trnava
9	506818	Boleráz	SK021506818	Boleráz	Trnava
10	506826	Borová	SK021506826	Borová	Trnava
11	506877	Cífer	SK021506877	Cífer	Trnava
12	506885	Červeník	SK021506885	Červeník	Hlohovec
13	506893	Dechtice	SK021506893	Dechtice	Trnava
14	506923	Dolná Krupá	SK021506923	Dolná Krupá	Trnava
15	506931	Dolné Dubové	SK021506931	Dolné Dubové	Trnava
16	506940	Dolné Orešany	SK021506940	Dolné Orešany	Trnava
17	506982	Dolný Lopašov	SK021506982	Dolný Lopašov	Piešťany
18	507008	Dubovany	SK021507008	Dubovany	Piešťany
19	507032	Hlohovec	SK021507032	Hlohovec	Hlohovec
20	507041	Horná Krupá	SK021507041	Horná Krupá	Trnava
21	507059	Horné Dubové	SK021507059	Horné Dubové	Trnava
22	507067	Horné Orešany	SK021507067	Horné Orešany	Trnava
23	507121	Chtelnica	SK021507121	Chtelnica	Piešťany
24	507164	Kátlovce	SK021507164	Kátlovce	Trnava
25	507199	Kočín-Lančár	SK021507199	Kočín-Lančár	Piešťany
26	507211	Košolná	SK021507211	Košolná	Trnava
27	507253	Leopoldov	SK021507253	Leopoldov	Hlohovec
28	507296	Majcichov	SK021507296	Majcichov	Trnava
29	507351	Naháč	SK021507351	Naháč	Trnava
30	507369	Nižná	SK021507369	Nižná	Piešťany
31	507431	Pečeňady	SK021507431	Pečeňady	Piešťany
32	507482	Rakovice	SK021507482	Rakovice	Piešťany
33	507539	Siladice	SK021507539	Siladice	Hlohovec
34	507555	Smolenice	SK021507555	Smolenice	Trnava
35	507636	Šúrovce	SK021507636	Šúrovce	Trnava
36	507661	Trakovice	SK021507661	Trakovice	Hlohovec
37	507687	Trstín	SK021507687	Trstín	Trnava
38	507709	Veľké Kostoľany	SK021507709	Veľké Kostoľany	Piešťany
39	507725	Veselé	SK021507725	Veselé	Piešťany
40	507741	Voderady	SK021507741	Voderady	Trnava
41	507792	Žlkovce	SK021507792	Žlkovce	Hlohovec
42	507806	Báhoň	SK010507806	Báhoň	Pezinok
43	507822	Blatné	SK010507822	Blatné	Senec
44	507849	Budmerice	SK010507849	Budmerice	Pezinok
45	507857	Častá	SK010507857	Častá	Pezinok
46	507865	Čataj	SK010507865	Čataj	Senec
47	507873	Doľany	SK010507873	Doľany	Pezinok
48	507881	Dubová	SK010507881	Dubová	Pezinok
49	507946	Jablonec	SK010507946	Jablonec	Pezinok





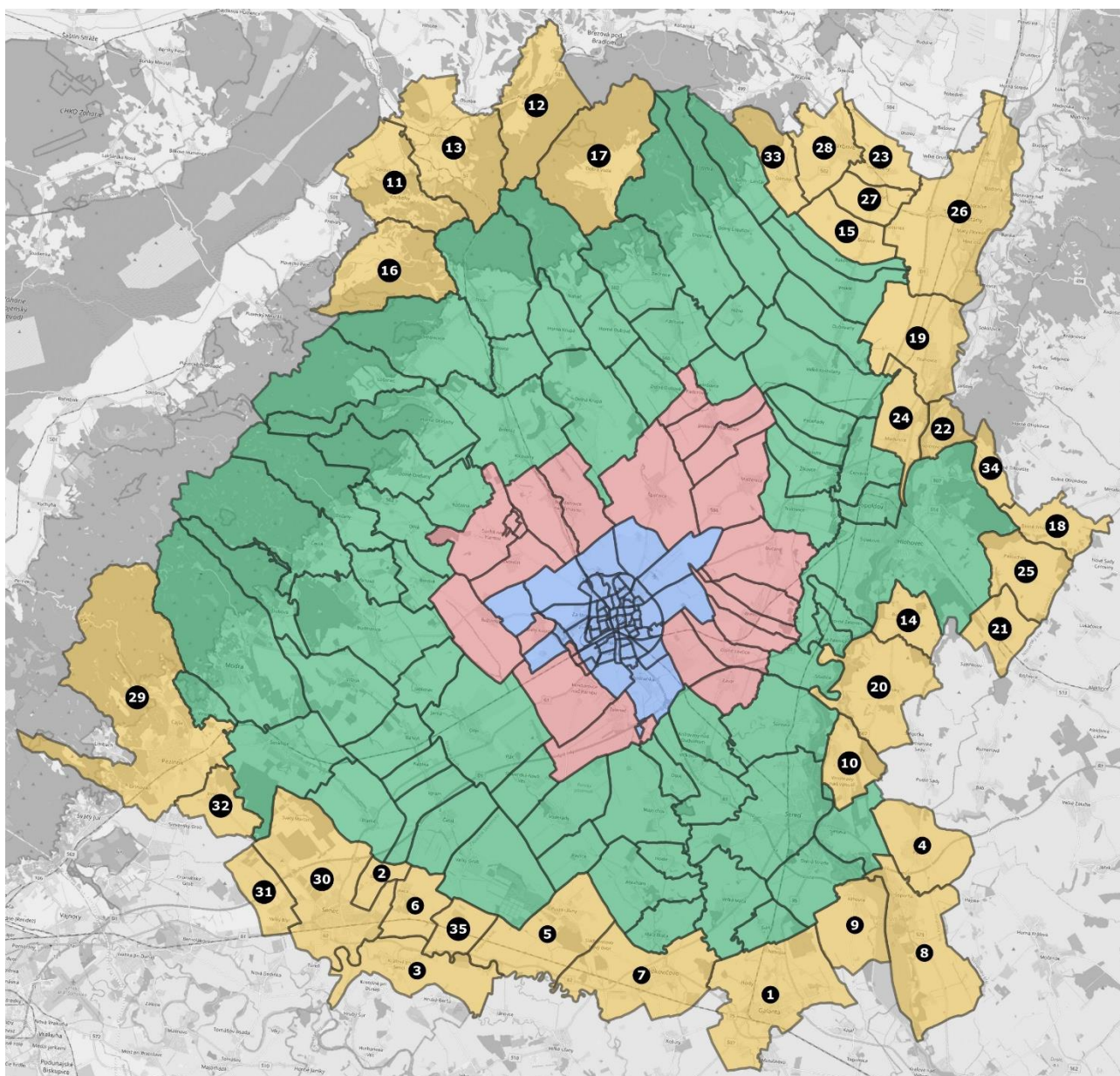
	Č. zóny	Názov zóny	Kód ZUJ	Názov obce	Názov okresu
50	508101	Modra	SK010508101	Modra	Pezinok
51	508187	Píla	SK010508187	Píla	Pezinok
52	508250	Šenkvice	SK010508250	Šenkvice	Pezinok
53	508268	Štefanová	SK010508268	Štefanová	Pezinok
54	508314	Vínosady	SK010508314	Vínosady	Pezinok
55	508322	Vištuk	SK010508322	Vištuk	Pezinok
56	518620	Ratkovce	SK021518620	Ratkovce	Hlohovec
57	555487	Igram	SK010555487	Igram	Senec
58	555495	Kaplňa	SK010555495	Kaplňa	Senec
59	555789	Dolná Streda	SK021555789	Dolná Streda	Galanta
60	556483	Križovany nad Dudváhom	SK021556483	Križovany nad Dudváhom	Trnava
61	556491	Opoj	SK021556491	Opoj	Trnava
62	556513	Vičkovce	SK021556513	Vičkovce	Trnava
63	556521	Dolné Zelenice	SK021556521	Dolné Zelenice	Hlohovec
64	556530	Horné Zelenice	SK021556530	Horné Zelenice	Hlohovec
65	556556	Pavlice	SK021556556	Pavlice	Trnava
66	556564	Slovenská Nová Ves	SK021556564	Slovenská Nová Ves	Trnava
67	556599	Dlhá	SK021556599	Dlhá	Trnava
68	556653	Radošovce	SK021556653	Radošovce	Trnava
69	556688	Lošonec	SK021556688	Lošonec	Trnava
70	582638	Malá Mača	SK021582638	Malá Mača	Galanta

Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

Okolité obce okresov Pezinok, Senec, Galanta, Hlohovec a Piešťany tvoria vstupné zóny na hraniciach dopravného modelu. Zároveň slúžia k prevedeniu dopravy z významných lokalít, ktoré nadväzujú na modelované územie, vrátane Bratislavského, Nitrianskeho a Trenčianskeho kraja.



Obrázok 6 Vstupné dopravné zóny – vyznačené oranžovou farbou



Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

Tabuľka 5 Zoznam vstupných dopravných zón

	Č. zóny	Názov zóny	Kód ZUJ	Názov obce	Názov okresu
1	503665	Galanta	SK021503665	Galanta	Galanta
2	503681	Boldog	SK010503681	Boldog	Senec
3	503894	Kráľová pri Senci	SK010503894	Kráľová pri Senci	Senec
4	503959	Pata	SK021503959	Pata	Galanta
5	503975	Pusté Úľany	SK021503975	Pusté Úľany	Galanta
6	503983	Reca	SK010503983	Reca	Senec
7	504017	Sládkovičovo	SK021504017	Sládkovičovo	Galanta
8	504050	Šoporňa	SK021504050	Šoporňa	Galanta
9	504114	Váhovce	SK021504114	Váhovce	Galanta

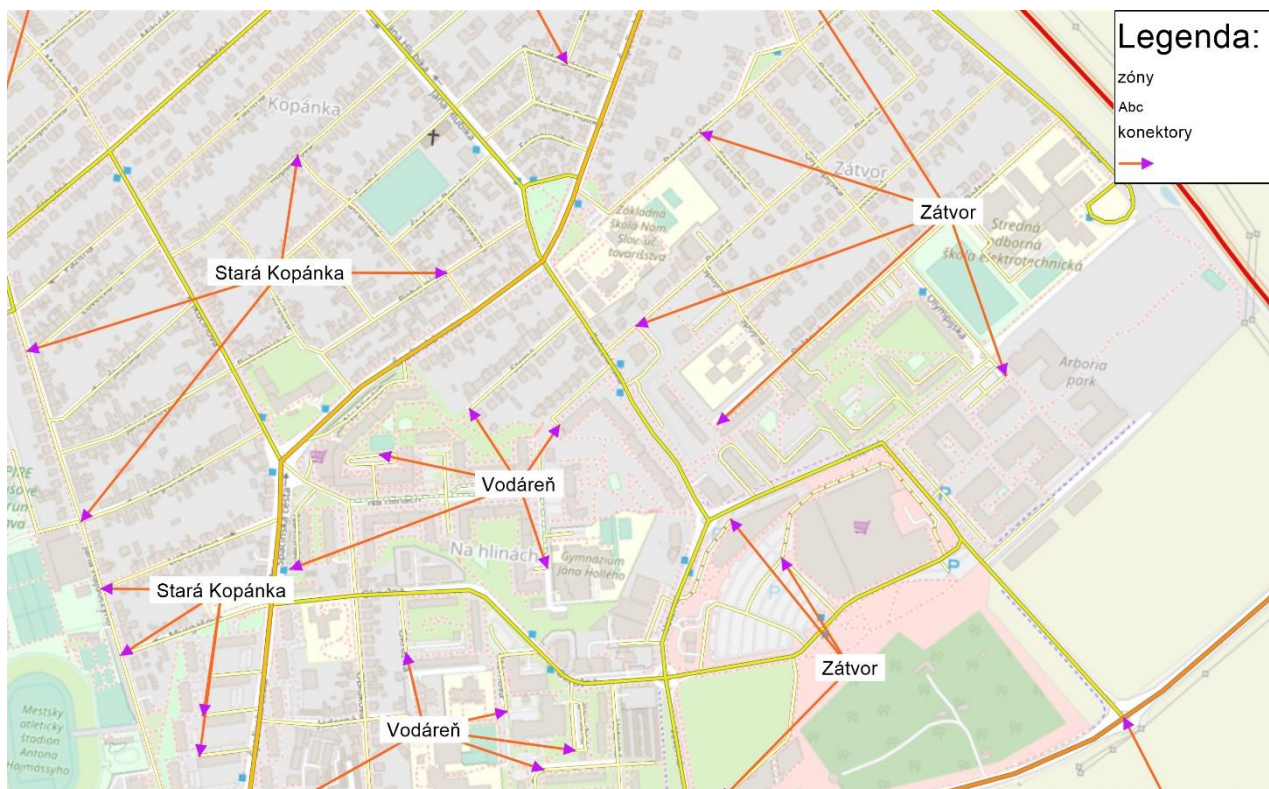
	Č. zóny	Názov zóny	Kód ZUJ	Názov obce	Názov okresu
10	504157	Vinohrady nad Váhom	SK021504157	Vinohrady nad Váhom	Galanta
11	504297	Cerová	SK021504297	Cerová	Senica
12	504386	Hradište pod Vrátnom	SK021504386	Hradište pod Vrátnom	Senica
13	504416	Jablonica	SK021504416	Jablonica	Senica
14	506800	Bojničky	SK021506800	Bojničky	Hlohovec
15	506834	Borovce	SK021506834	Borovce	Piešťany
16	506869	Buková	SK021506869	Buková	Trnava
17	506915	Dobrá Voda	SK021506915	Dobrá Voda	Trnava
18	506966	Dolné Trhovište	SK021506966	Dolné Trhovište	Hlohovec
19	506991	Drahovce	SK021506991	Drahovce	Piešťany
20	507024	Dvorníky	SK021507024	Dvorníky	Hlohovec
21	507172	Kľačany	SK021507172	Kľačany	Hlohovec
22	507202	Koplotovce	SK021507202	Koplotovce	Hlohovec
23	507229	Krakovany	SK021507229	Krakovany	Piešťany
24	507288	Madunice	SK021507288	Madunice	Hlohovec
25	507415	Pastuchov	SK021507415	Pastuchov	Hlohovec
26	507440	Piešťany	SK021507440	Piešťany	Piešťany
27	507679	Trebatice	SK021507679	Trebatice	Piešťany
28	507750	Vrbové	SK021507750	Vrbové	Piešťany
29	508179	Pezinok	SK010508179	Pezinok	Pezinok
30	508217	Senec	SK010508217	Senec	Senec
31	508292	Veľký Biel	SK010508292	Veľký Biel	Senec
32	508306	Viničné	SK010508306	Viničné	Pezinok
33	556548	Šterusy	SK021556548	Šterusy	Piešťany
34	556645	Tepličky	SK021556645	Tepličky	Hlohovec
35	582549	Nový Svet	SK010582549	Nový Svet	Senec

Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

3.3 NAPOJENIE ZÓN NA DOPRAVNÚ SIŤ

Pridelenie dopravného dopytu na sieť (dopravná ponuka) prebieha pomocou špeciálnych spojníč – konektorov. Každá zóna musí byť na sieť napojená aspoň jedným konektorom. Všetky zóny dopravného modelu mesta Trnava sú napojené jedným až ôsmimi konektormi podľa typu zóny, čím dochádza k spresneniu distribúcie dopytu na sieť. Druhým opatrením spresňujúcim výsledky zaťaženia na dopravne významných komunikáciách, je napojenie konektorov na komunikácie nižšieho významu. Príklad napojenia vybranej zóny na dopravnú sieť prostredníctvom viacerých konektorov je znázornený nižšie.

Obrázok 7 Príklad napojenia zóny na sieť



Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

4 MODEL DOPRAVNEJ PONUKY

Dopravná ponuka je predstavovaná dopravnou sieťou, ktorá je tvorená uzlami a spojnicami. Dopravný model zahŕňa cestnú, železničnú, cyklistickú a pešiu dopravu. Stav dopravnej siete sa vzťahuje k východiskovému roku 2019. Dopravná sieť obsahuje aj väzby na okolité územie.

Pre každú spojnicu sú zadané nasledujúce parametre:

- o **typ spojnice,**
- o **prípustné dopravné systémy,**
- o **maximálna rýchlosť,**
- o **kapacita / 24 hod.**

Uzly predstavujú križovatky, miesta napojenia dopravných zón alebo zastávky verejnej dopravy. Križovatky majú nasledovné parametre:

- o **typ križovatky (svetelne riadená, neriadená s/bez prednosti v jazde, mimoúrovňová),**
- o **zakázané pohyby v križovatkách,**
- o **zdržanie pri prejazde križovatkou.**

V dopravnom modeli je zadaných spolu viac ako 14 tisíc spojnic a viac ako 5 tisíc uzlov.

Komunikácie v dopravnom modeli sú rozdelené podľa základných typov na:

- o **cestnú sieť,**
- o **železničné trate,**
- o **pešie cesty,**
- o **cyklistické cesty.**

4.1 CESTNÁ SIEŤ

Sieť automobilovej dopravy obsahuje kompletnú cestnú sieť do podrobnosti miestnych komunikácií. Dopravná sieť cestnej dopravy slúži ako na modelovanie automobilovej dopravy, tak aj na modelovanie verejnej autobusovej dopravy. Sieť zahŕňa limity pre ťažké nákladné vozidlá.

Vstupom na tvorbu cestnej siete bol Dopravný model SR, ktorý vychádzal z databázy Cestnej databanky Slovenskej správy ciest. Miestne komunikácie boli do modelu zadané na základe mapových a inžinierskych podkladov.

Cestná sieť je členená podľa typu na:

- **diaľnice,**
- **rýchlostné cesty,**
- **cesty I. triedy,**
- **cesty II. triedy,**
- **cesty III. triedy,**
- **miestne komunikácie.**

Pre každý typ spojnice je určená základná kapacita, počet jazdných pruhov a maximálna rýchlosť. Nižšie je znázornená kompletná súčasná dopravná sieť v záujmovom území dopravného modelu.

Obrázok 8 Cestná sieť v záujmovom území dopravného modelu



Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

Križovatky sú členené podľa typu na:

- **mimoúrovňové križovatky,**
- **úrovňové križovatky riadené svetelnou signalizáciou,**
- **úrovňové križovatky s určením prednosti v jazde,**
- **úrovňové križovatky bez určenia prednosti v jazde,**
- **okružné križovatky.**

Pre každý typ križovatky sú preddefinované zdržania pre jednotlivé smery prejazdu križovatkou.

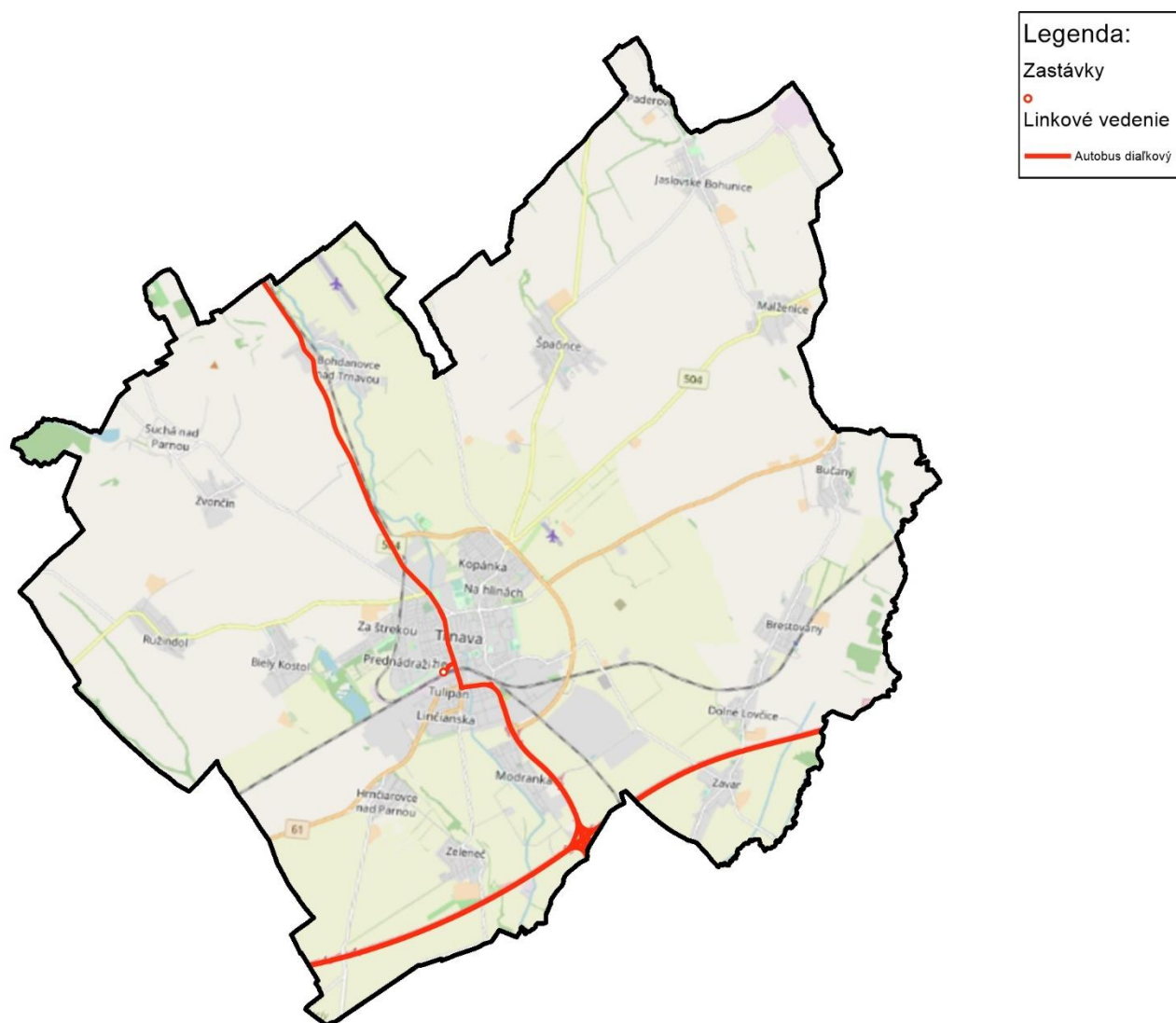
4.2 VEREJNÁ AUTOBUSOVÁ DOPRAVA

Na účely verejnej dopravy je cestná sieť doplnená o zastávky a linky autobusov hromadnej dopravy. Každá autobusová linka je určená sledom zastávok a cestovným poriadkom. Linkové vedenie a cestovné poriadky v modeli odpovedajú stavu v roku 2019. Model ponuky autobusovej

dopravy zahŕňa konkrétne všetkých 13 liniek MHD Trnava, a ďalej 104 regionálnych a 25 diaľkových autobusových liniek relevantných z hľadiska záujmového územia.

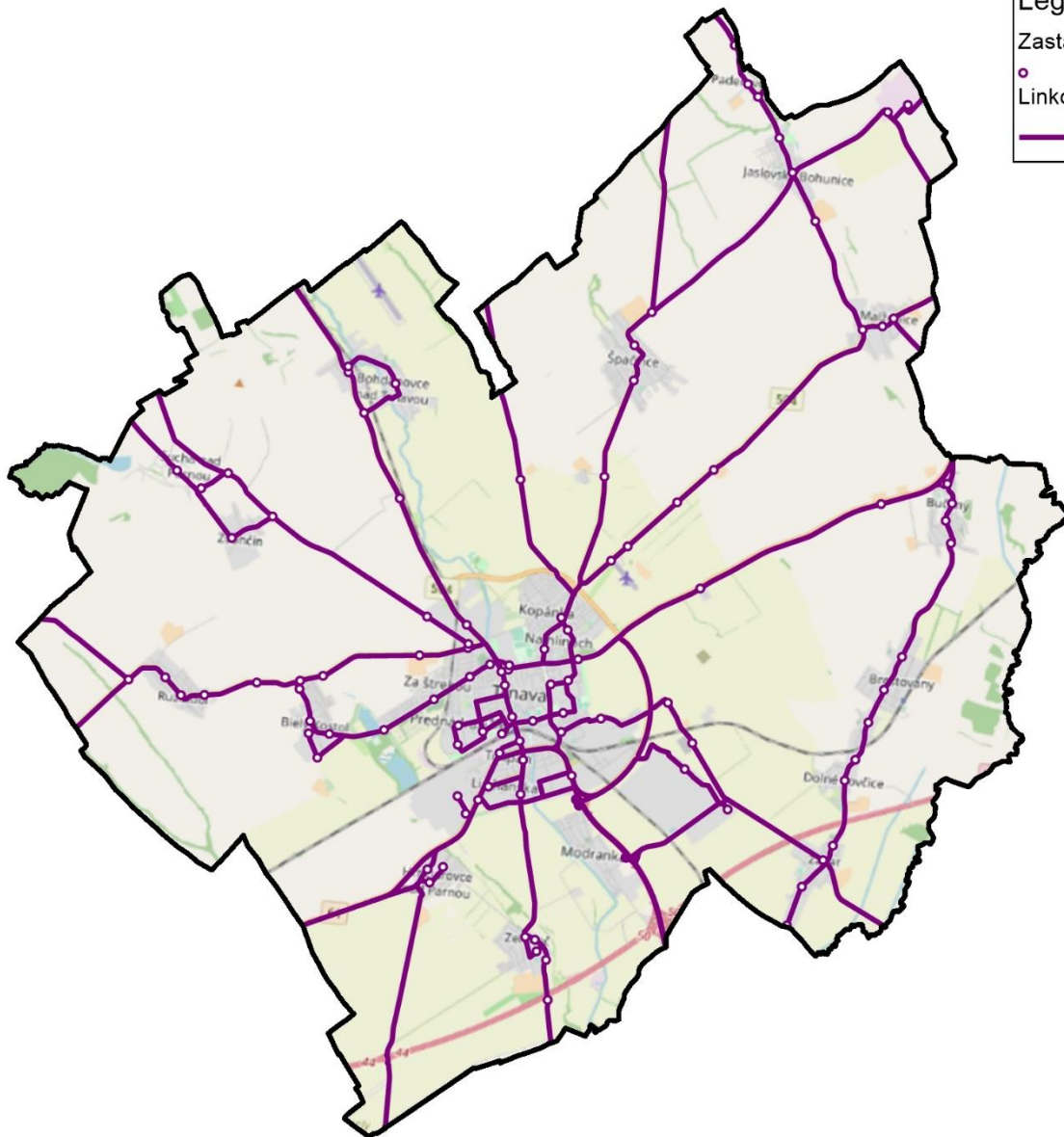
Linkové vedenie liniek MHD bolo vzhľadom ku kompatibilitě s dopravnými prieskumami do dopravného modelu zadané v cestovnom poriadku, ktorý bol platný na jeseň 2019 s prihliadnutím na aktuálne výluky liniek. Jedná sa o technické riešenie za zadaných podmienok optimálne pre zostavenie modelu jestvujúceho stavu. Použitie tohto cestovného poriadku nemá negatívny vplyv na kvalitu dopravného modelu ako celku, ani na jeho použiteľnosť pre tvorbu a použiteľnosť výhľadových scenárov.

Obrázok 9 Linky a zastávky verejnej autobusovej dopravy – diaľkové autobusy

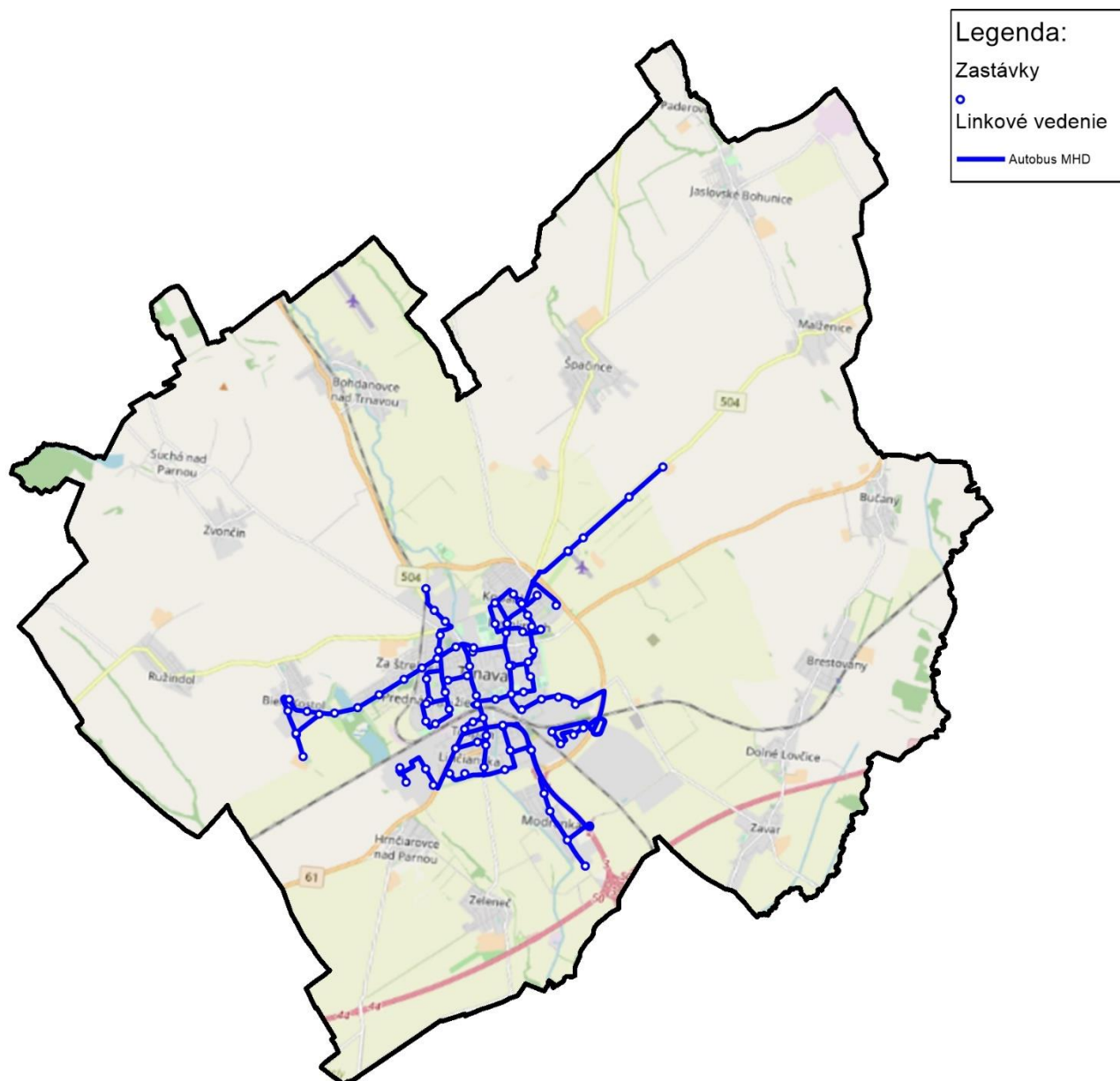


Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

Legenda:
Zastávky
○
Linkové vedenie
— Autobus regionálny



Obrázok 11 Linky a zastávky verejnej autobusovej dopravy - MHD



Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

4.3 ŽELEZNIČNÁ DOPRAVA

Sieť železničnej dopravy obsahuje kompletnú železničnú sieť v záujmovom území vrátane tratí aktuálne nevyužívaných pre osobnú dopravu.

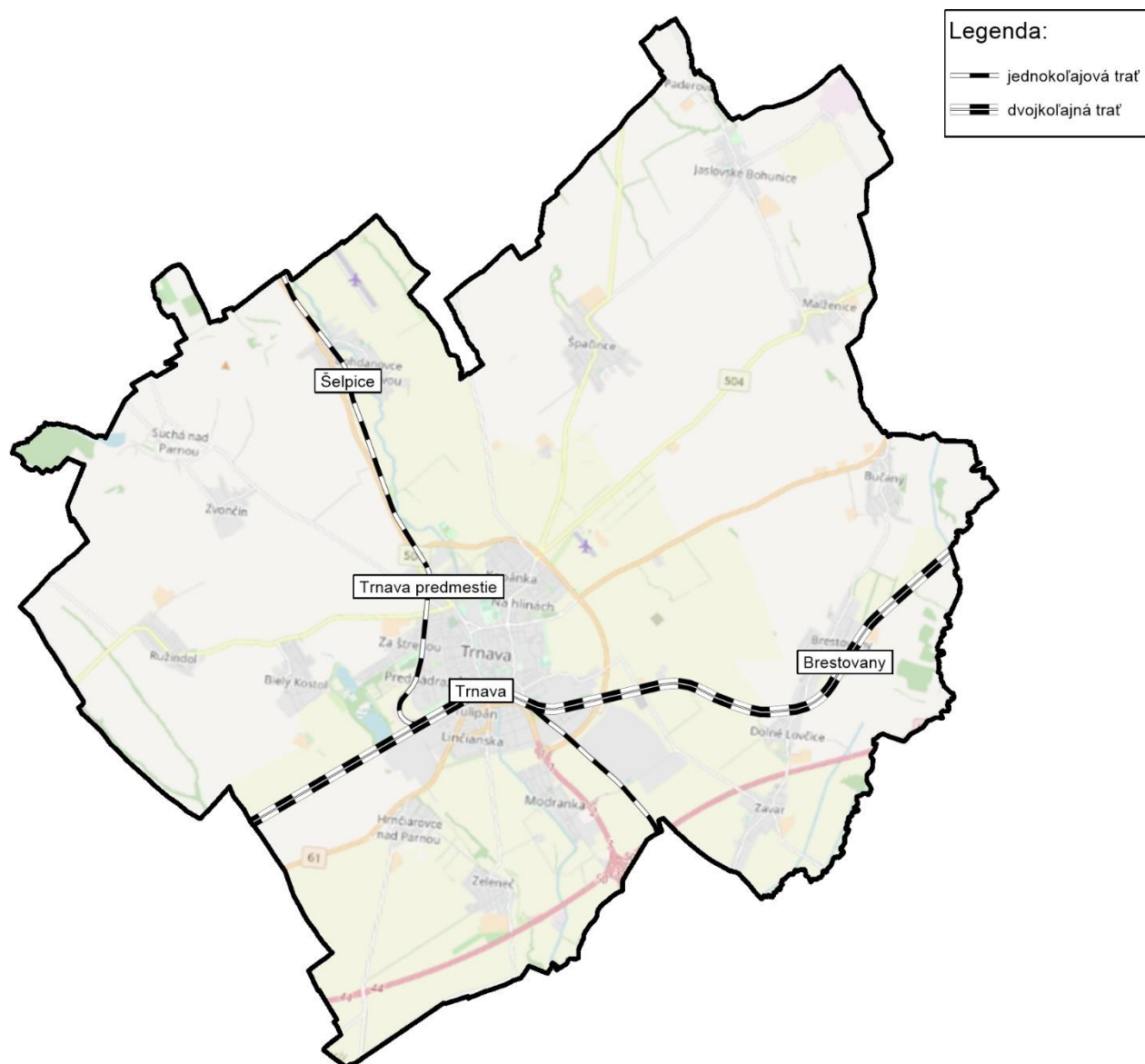
Na účely modelovania verejnej dopravy je železničná sieť popri zastávkach doplnená o jestvujúce vlakové linky. Železničné linkové vedenie v záujmovom území je zadane podľa cestovných poriadkov pre rok 2019 v členení na linky vlakov kategórií IC, R, REx, RR a Os. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené vlakové linky vrátane denného počtu spojov, ktoré sú zadane v dopravnom modeli. Z hľadiska presnosti výsledkov boli do dopravného modelu zahrnuté i vlakové linky a spoje, ktoré neobsluhujú mesto Trnava a jeho mestskú funkčnú oblasť, ale zasahujú do oblasti dopravným modelom definovanej ako okolie (viď obrázok 5). Výsledkom je ucelená sieť železničnej dopravy, ktorá umožní vysokú presnosť výstupov dopravného modelu v riešenom území mesta Trnavy a MFO.

Tabuľka 6 Zoznam vlakových liniek vedených v záujmovom území

Kategória vlaku	Linka	Počet spojov
Os	Os-Bratislava-Leopoldov	26
Os	Os-Bratislava-Trnava	21
Os	Os-Kúty-Leopoldov	1
Os	Os-Kúty-Trnava	20
Os	Os-Leopoldov-Nitra-Nové Zámky	21
Os	Os-Leopoldov-Žilina	2
Os	Os-Malacky-Leopoldov	5
Os	Os-Senica-Trnava	2
Os	Os-Trnava-Galanta	16
Os	Os-Trnava-Leopoldov	1
R	R-Bratislava-Humenné	2
R	R-Bratislava-Košice	14
REx	REx-Bratislava-Prievidza	8
REx	REx-Bratislava-Trenčín	7
REx	REx-Bratislava-Trnava	1
RR	RR-Bratislava-Trenčín	3
RR	RR-Bratislava-Žilina	16
IC	IC-Bratislava-Košice	8

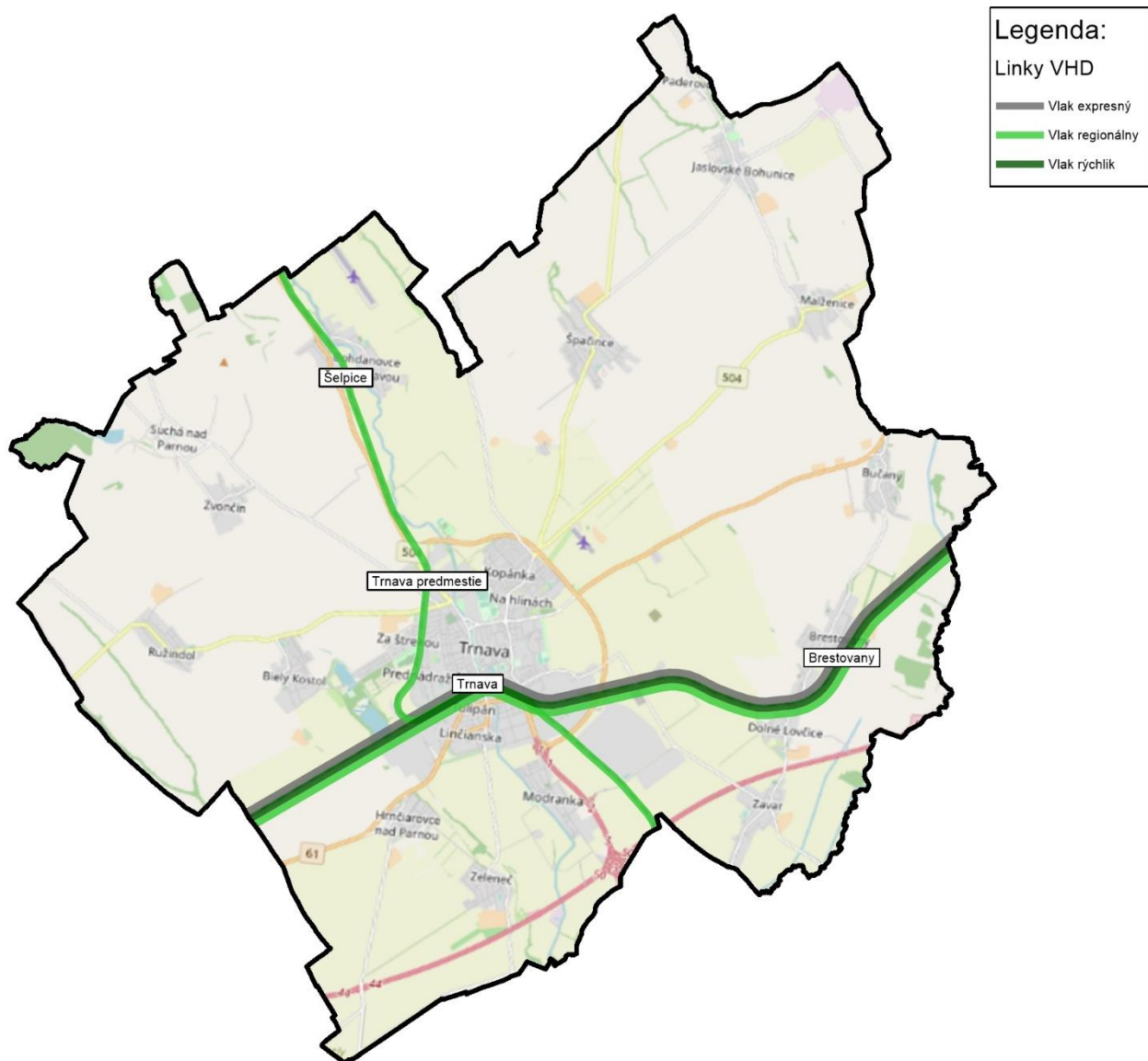
Komunikačná sieť je ďalej doplnená o pešie spojnice, ktoré fungujú v rámci prestupných väzieb medzi jednotlivými druhmi verejnej dopravy.

Obrázok 12 Železničná sieť v záujmovom území



Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

Obrázok 13 Vlakové linky v záujmovom území



Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

5 MODEL DOPRAVNÉHO DOPYTU

Model dopravného dopytu sa skladá z radu prvkov, ktoré obsahujú všetky dôležité dáta:

- **skupiny obyvateľov,**
- **aktivity, páry aktivít,**
- **atraktivity zón,**
- **dopravné módy,**
- **dopravné systémy,**
- **dopytové segmenty,**
- **dopytové vrstvy.**

Na vypracovanie modelu súčasného stavu boli použité nasledujúce vstupné údaje o obyvateľoch a atraktivitách území:

1. Údaje o obyvateľoch:

- ekonomická aktivita obyvateľov,
- vekové zloženie obyvateľov,
- počet registrovaných vozidiel na území mesta Trnavy a MFO,

2. Údaje o atraktivitách území:

- **Počty ekonomických subjektov a pracovných príležitostí,**
- **Údaje o školských zariadeniach (základné, stredné aj vysoké školy),**
- **Údaje o úradoch a inštitúciách**
- **Údaje o kultúrnych a športových zariadeniach.**

Dôležitým vstupom na získanie údajov o dopravnom správaní obyvateľov bol prieskum mobility. Na jeho základe boli vytvorené:

- **hybnosti skupín obyvateľov,**
- **distribučné krivky pre väčšinu dopytových vrstiev,**
- **parametre voľby dopravného módu,**
- **distribúcie ciest v čase.**

Dopravný model sleduje 7 socioekonomických skupín obyvateľstva, 10 aktivít obyvateľov, ktoré tvoria páry (pár aktivít = cesta) a 5 dopravných módov.

5.1 SKUPINY OBYVATEĽOV

Obyvateľstvo žijúce v modelovanom území sa rozdeľuje do tzv. homogénnych skupín obyvateľov, ktorých dopravné správanie sa medzi sebou výrazne odlišuje a naopak v rámci jednej skupiny je čo najviac homogénne.

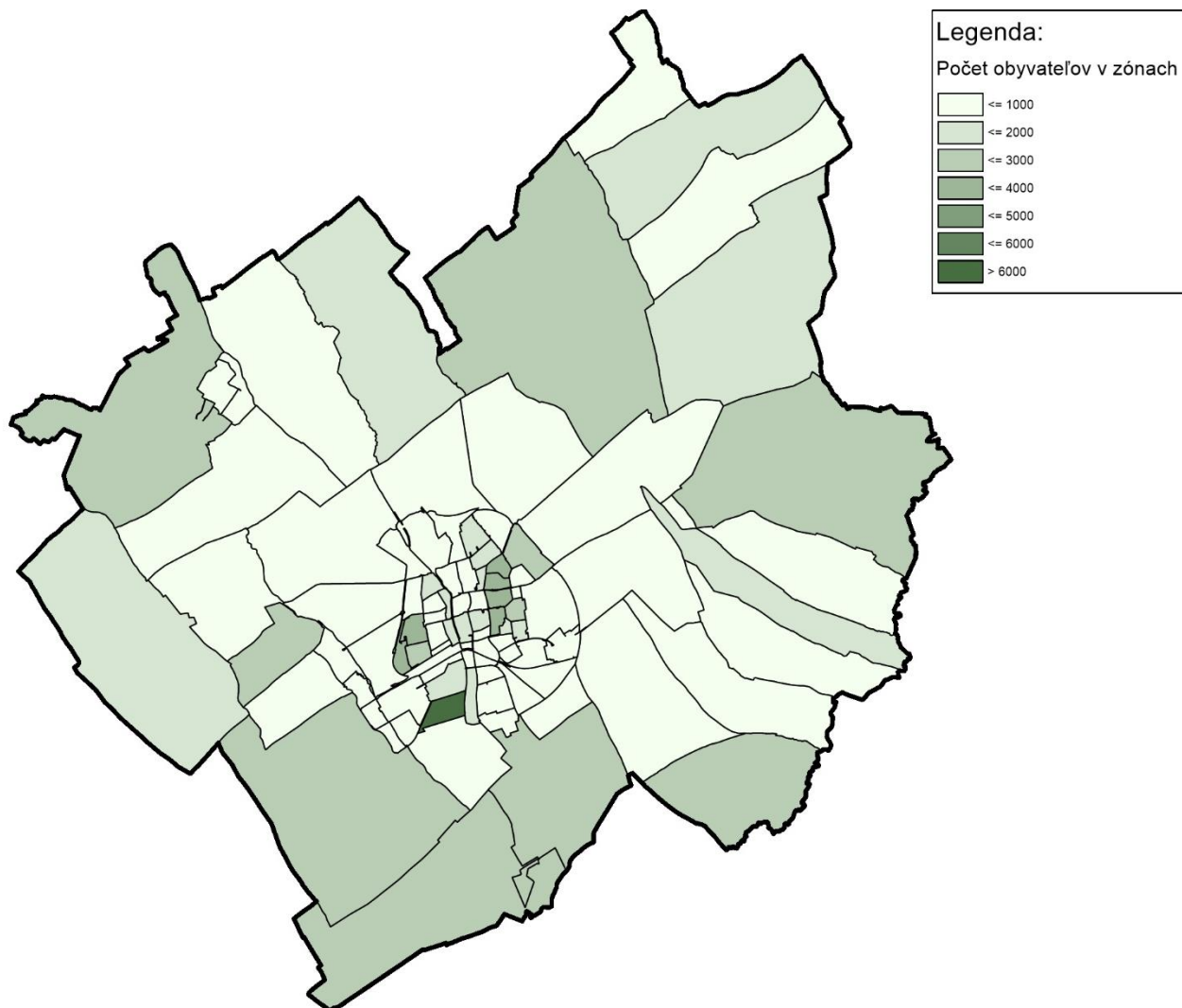
Obyvateľstvo záujmového územia bolo rozdelené do nasledujúcich homogénnych skupín:

- **E+C – ekonomicky aktívni s automobilom,**
- **E-C – ekonomicky aktívni bez automobilu,**
- **NE+C – ekonomicky neaktívni s automobilom,**
- **NE-C – ekonomicky neaktívni bez automobilu,**
- **Stud – študenti vysokých škôl,**
- **Pup – študenti stredných škôl,**
- **Epup – žiaci základných škôl.**

Rozdelenie obyvateľov do vyššie uvedených homogénnych skupín je vykonané na základe údajov Štatistického úradu SR o ekonomickej aktivite obyvateľov, vekového zloženia obyvateľov,

počte osobných automobilov a údajov z prieskumu mobility. Do uvedených skupín nie je započítaná kategória obyvateľov vo veku 0 až 5 rokov, pretože netvorí samostatnú homogénnu skupinu obyvateľov z hľadiska dopravy. Znázornenie celkového počtu obyvateľov v zónach dopravného modelu je na nasledujúcom obrázku.

Obrázok 14 Počet obyvateľov v zónach dopravného modelu



Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

5.2 AKTIVITY, PÁRY AKTIVÍT

Dopravné modely sú založené na predpoklade, že účel cesty (aktivita) spôsobuje mobilitu (pohyb). Páry aktivít predstavujú cestu medzi dvoma cieľmi za určitým účelom. Účely ciest (aktivity) rozlíšujeme nasledovne:

- **H** – bydlisko,
- **J** – zamestnanie,
- **S** – nákupy,
- **A** – úrad, administratíva,
- **B** – pracovné aktivity, biznis,
- **L** – voľný čas,
- **Pr** – osobitné aktivity,
- **U** – vysoká škola,

- **Y – stredná škola,**
- **E – základná škola.**

5.3 ATRAKTIVITA ZÓN

Každá aktivita je určená zdrojom a cieľom. Pretože v dopravnom modeli sú zisťované cesty medzi zónami, boli stanovené atribúty zón, ktoré určujú atraktivitu zón z hľadiska uvedených aktivít.

Tabuľka 7 Definícia atribútov zón

Účel	Skratka	Atribút
Bydlisko	H	Počet obyvateľov
Zamestnanie	J	Počet pracovných miest
Nákupy	S	Nákupné príležitosti
Úrad	A	Atraktivita úradov
Pracovné aktivity	B	Parameter obchodných ciest
Voľný čas	L	Počet miest vo voľnočasových zariadeniach
Osobitné aktivity	Pr	Parameter osobitných aktivít
Vysoká škola	U	Počet miest na vysokých školách
Stredná škola	Y	Počet miest na stredných školách
Základná škola	E	Počet miest na základných školách

Počet pracovných miest vychádza najmä z registra firiem a z údajov o počtoch zamestnancov inštitúcií na území Trnavského kraja (úrady, školy, kultúrne zariadenia) a príslušných obcí Bratislavského a Nitrianskeho kraja.

Hodnoty nákupných príležitostí sú pre dopravné zóny stanovené na základe koncentrácie obchodov v dopravných zónach. Relatívny význam jednotlivých obchodov je vo výslednej atraktivite nákupov taktiež zohľadnený.

Atraktivita úradov zahŕňa počet úradov, ich významnosť (miestne, okresné, krajské).

Parameter obchodných ciest vychádza zo súčtu počtu firiem a inštitúcií v danej zóne.

Počet miest vo voľnočasových zariadeniach vychádza z údajov o počtoch divadiel, kín a ostatných kultúrnych a športových zariadení (múzeá, galérie, kultúrno-osvetové zariadenia, zariadenia pre voľný čas, ZOO, botanické záhrady, kúpaliská, bazény, telocvične, štadióny, ihriská, športové haly, ostatné športové zariadenia).

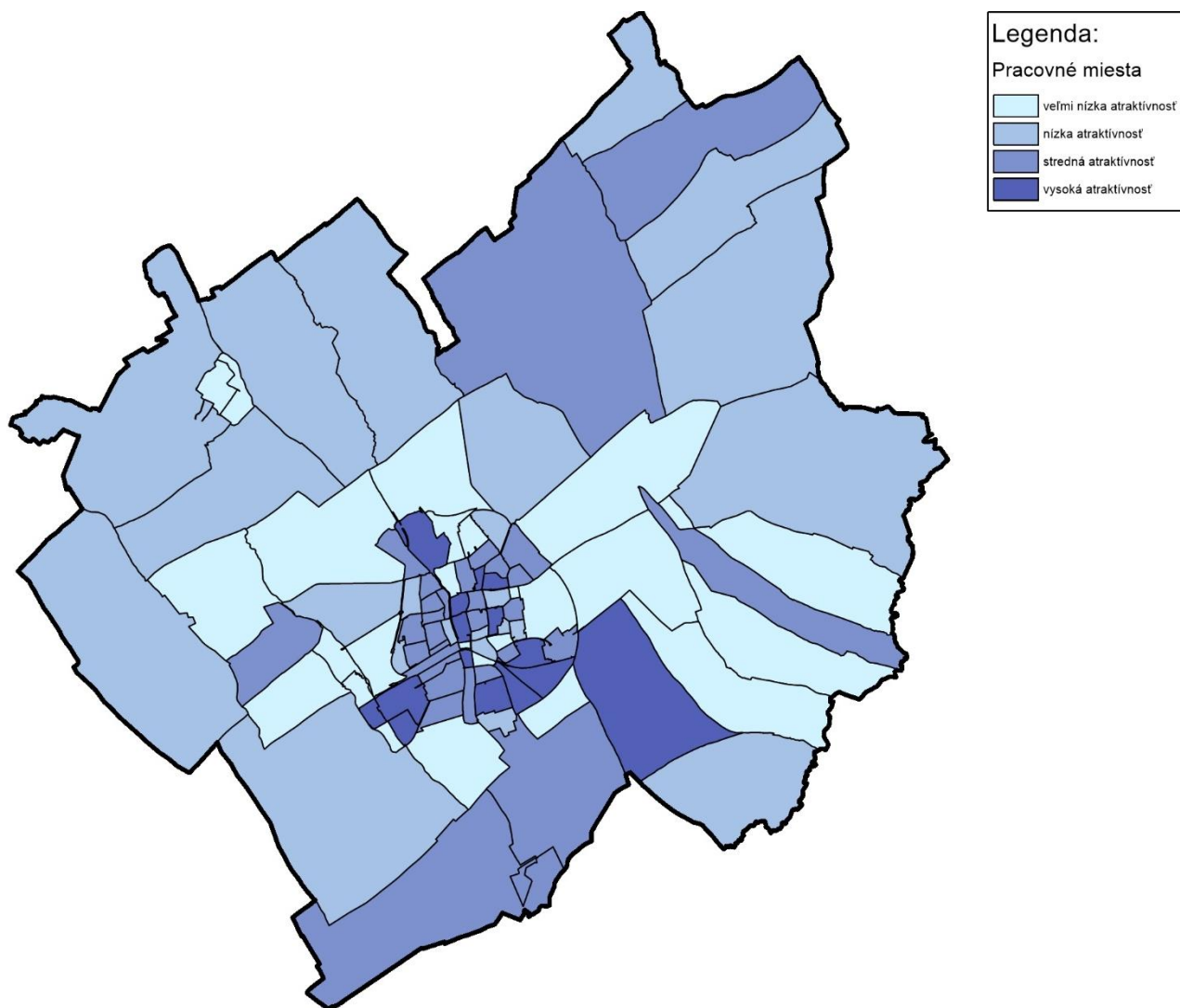
Parameter osobitných aktivít zahŕňa návštevu lekára, návštevu v súkromnom byte a vyzdvihovanie predškolských detí. Odráža sa od prítomnosti zdravotníckeho zariadenia v príslušnej zóne a počtu miest v materských školách.

Počet miest v jednotlivých typoch škôl vychádza z dostupných údajov o kapacitách školských zariadení.

Všetky uvedené štatistické údaje v modeli sú k roku 2019 (prípadne 2018).

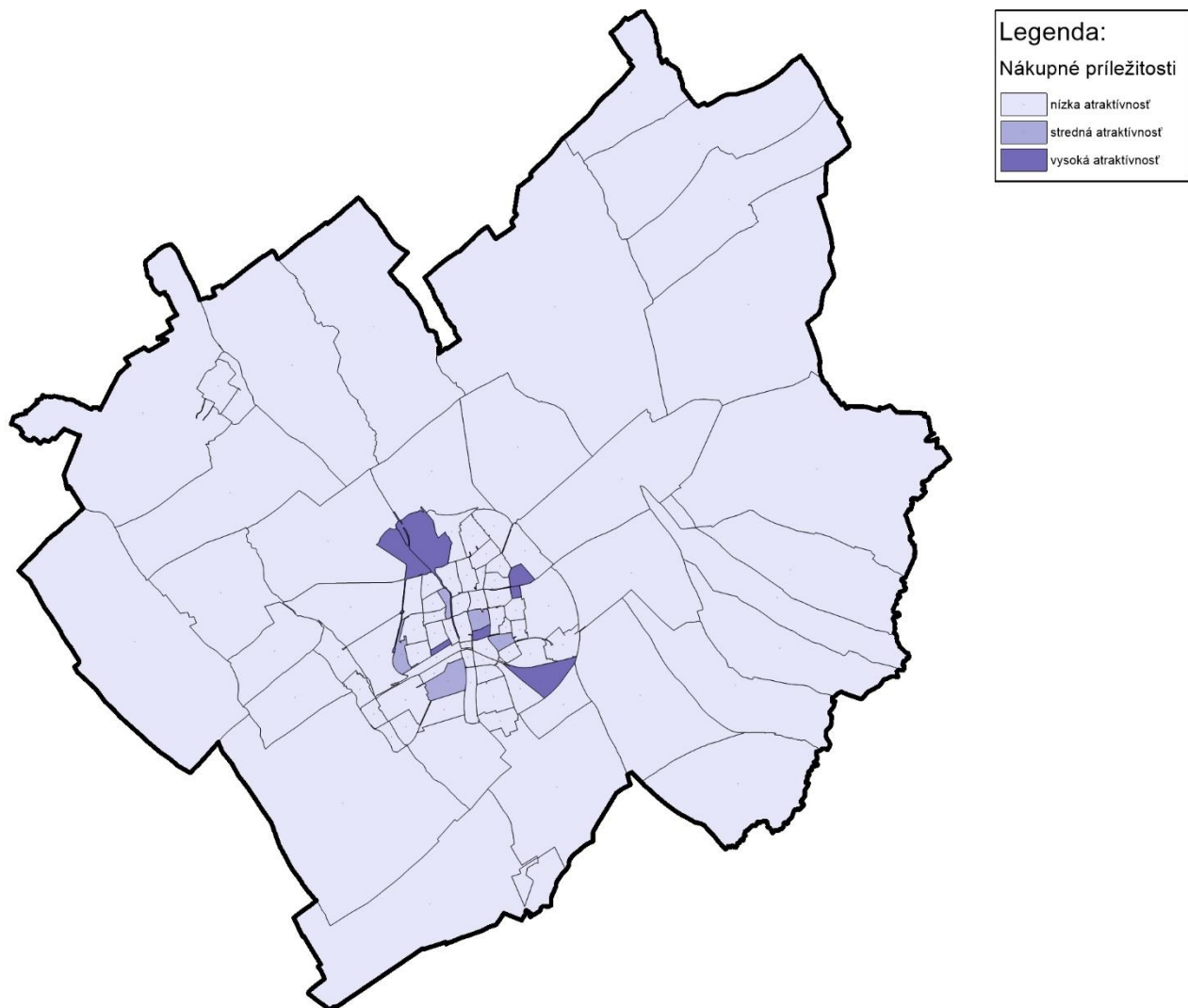
Rozloženie atraktivít v zónach dopravného modelu z hľadiska pracovných miest, nákupných príležitostí, základných, stredných a vysokých škôl znázorňujú nasledujúce obrázky.

Obrázok 15 Počet pracovných miest v zónach dopravného modelu



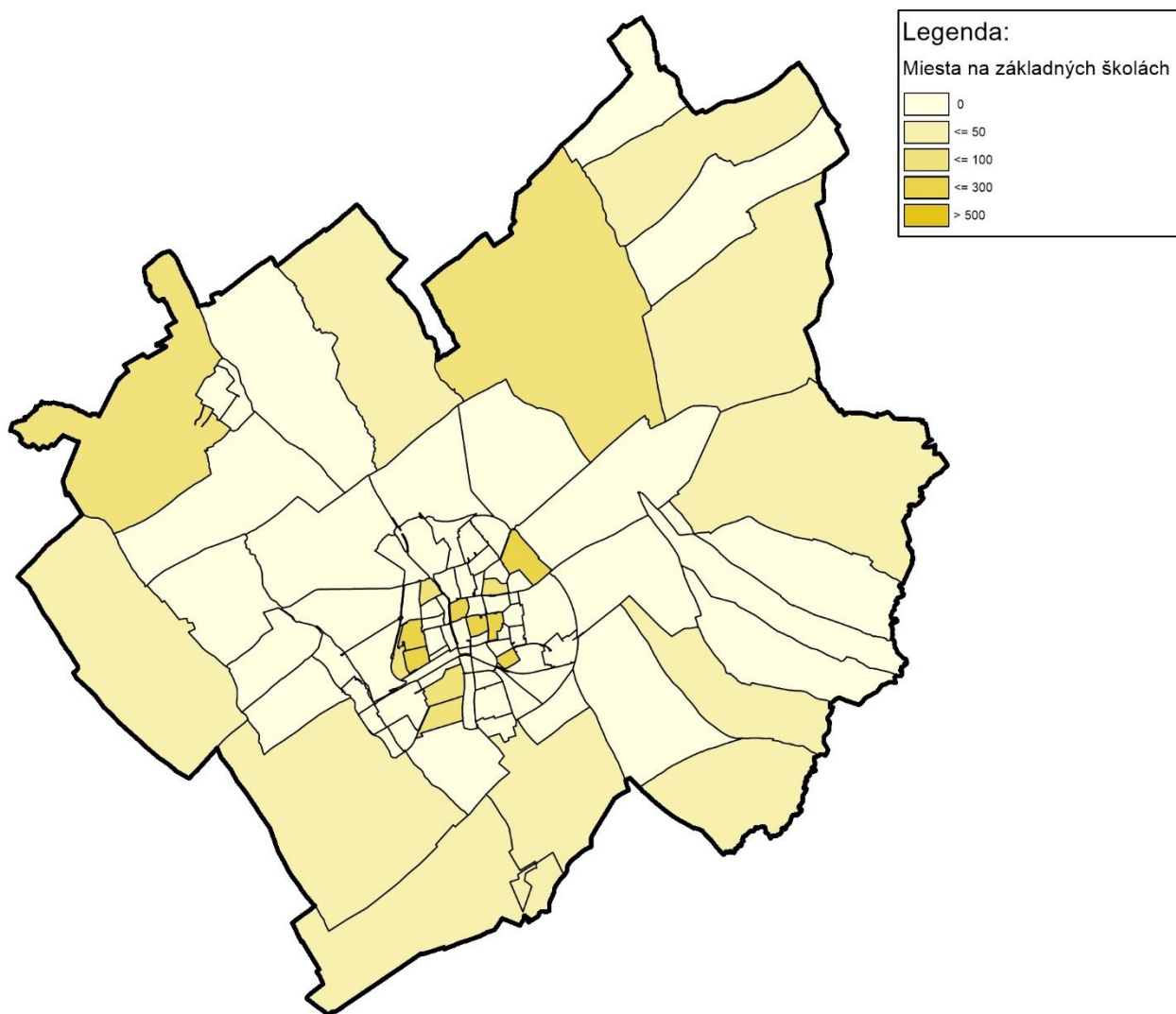
Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

Obrázok 16 Nákupné príležitosti v zónach dopravného modelu



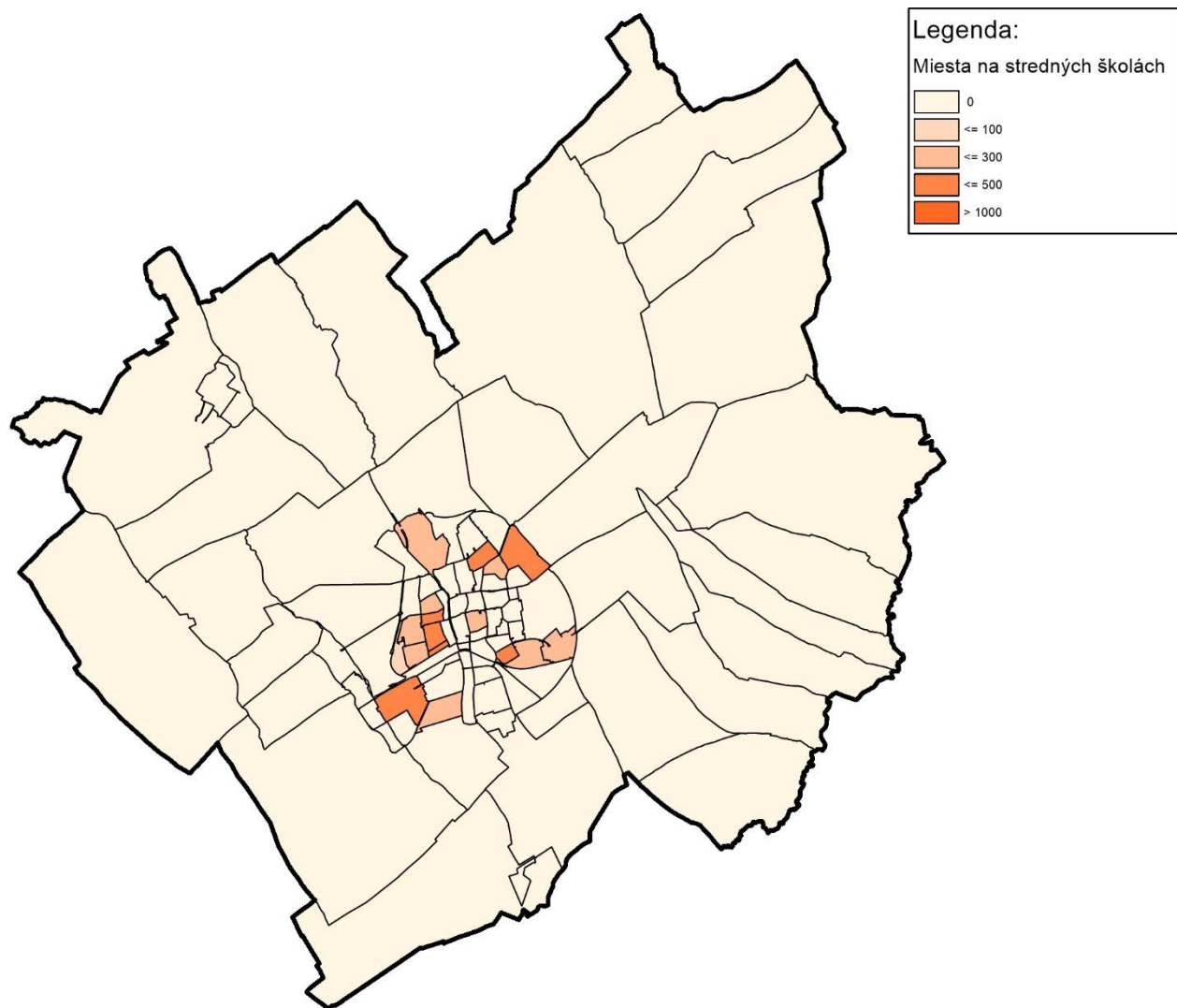
Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

Obrázok 17 Miesta na základných školách v zónach dopravného modelu



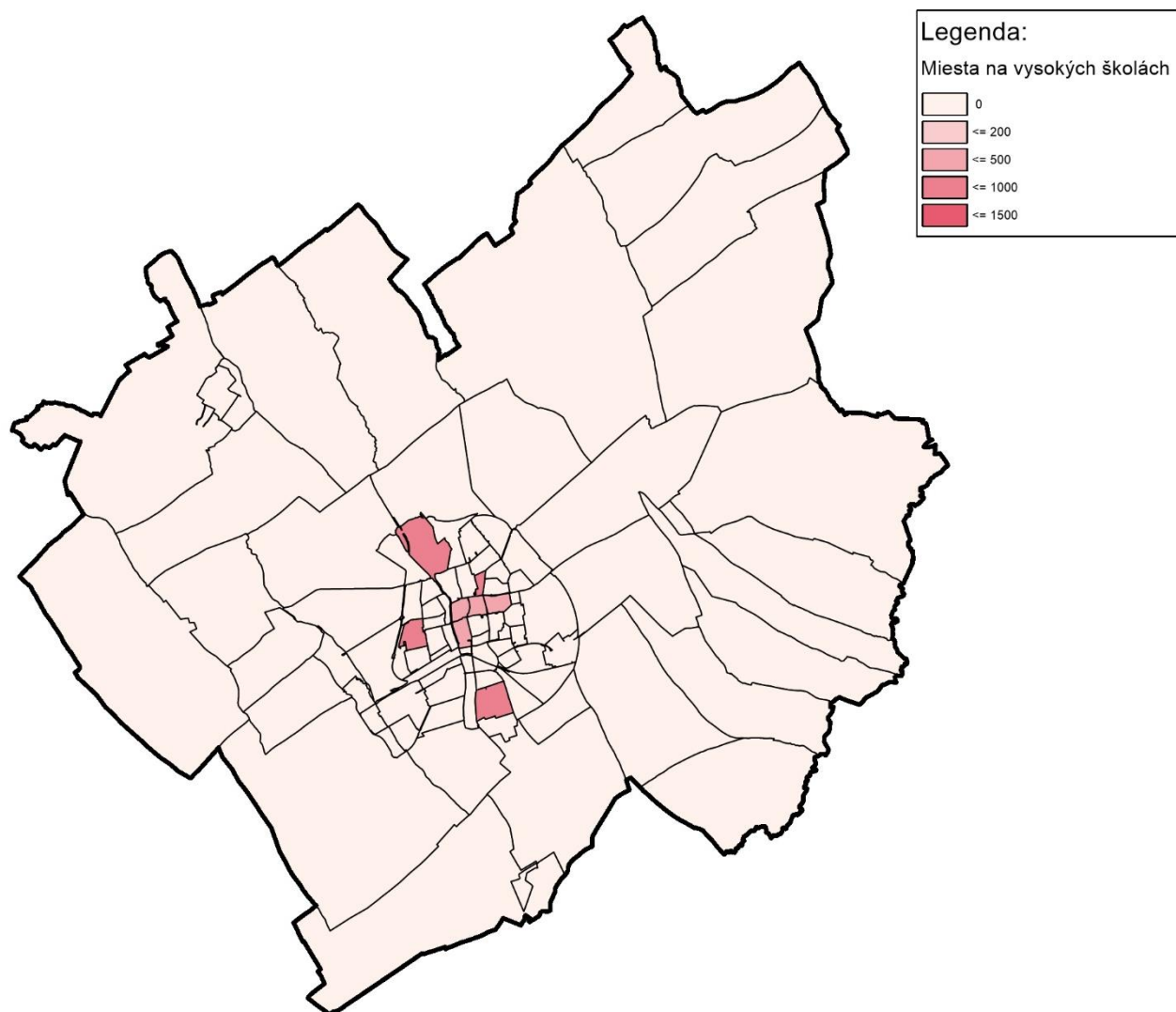
Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

Obrázok 18 Miesta na stredných školách v zónach dopravného modelu



Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

Obrázok 19 Miesta na vysokých školách v zónach dopravného modelu



Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

5.4 DOPRAVNÉ SYSTÉMY, DOPRAVNÉ MÓDY, DOPYTOVÉ VRSTVY

Dopravná ponuka sa skladá z niekoľkých dopravných systémov. Dopravné módy a dopytové segmenty sa používajú na prepojenie dopravnej ponuky s dopravným dopytom. Pre všetky prvky dopravnej ponuky (uzly, spojnice) musí byť určené, či daný dopravný systém môže daný prvok použiť. Dopravné systémy majú tieto parametre:

- **typ dopravného systému,**
- **dopravný prostriedok (napr. typ vozidla).**

V dopravnom modeli je pre osobnú dopravu použitých 11 dopravných systémov:

- **súkromná doprava**
 - **OV – osobný automobil,**
 - **F – chôdza,**
 - **I – bicykel;**
- **verejná doprava**
 - **B – autobus mestský,**
 - **DB – autobus diaľkový,**
 - **MB – autobus medzinárodný,**
 - **RB – autobus regionálny,**
 - **V-Ex – vlak expresný,**
 - **V-R – vlak rýchlik,**
 - **V-Os – vlak osobný,**
 - **W – peší prestup.**

Dopravný mód môže obsahovať buď jeden dopravný systém súkromnej dopravy alebo niekoľko systémov verejnej dopravy. V dopravnom modeli je pre osobnú dopravu použitých 5 štandardných dopravných módov:

- **F – chôdza,**
- **I – bicykel,**
- **C – automobil - vodič,**
- **P – automobil - spolujazdec,**
- **X – verejná doprava.**

Pre účely modelovania zaťaženia cestnej siete sú do modelu zahrnuté ďalšie 2 doplnkové módy nákladnej dopravy:

- **LNV – ľahké nákladné vozidlá (hmotnosť do 3,5 t)**
- **NV – ostatné nákladné vozidlá (hmotnosť nad 3,5 t).**

Z hľadiska TP 102 patrí kategória LNV medzi osobné vozidlá a všetky kategórie nákladných vozidiel definované v zmienených TP (nákladné vozidlá a ťažké nákladné vozidlá) sú súčasťou modelovanej kategórie NV.

Dopytové vrstvy sú kombinácie párov aktivít a socioekonomických skupín, pre ktoré je možné určiť frekvenciu ciest a distribučné krivky. Na účely dopravného modelu bolo vytvorených 189 dopytových vrstiev. Z celkového možného počtu vrstiev boli vylúčené tie kombinácie, pri ktorých bol mobilitným prieskumom zistený nízky počet ciest (menej ako 1,25 promile zo všetkých ciest v prieskume pre konkrétny pár aktivít).

6 ČIASTKOVÝ MODEL VZNIKU JAZDY

Výstupom z tejto procedúry sú počty ciest vznikajúce a končiace v zónach, a to vo forme atribútov zón production rate a attraction rate (miera produkcie a miera príťažlivosti) s rozlíšením pre každú dopytovú vrstvu. Množstvo generovaných ciest zo zóny je dané funkciou

$$Q_i = \sum_g \alpha_g \cdot SG_g(i),$$

kde SG je hodnota príslušného atribútu zóny z hľadiska účelu cesty, α je koeficient zohľadňujúci hybnosť skupiny obyvateľov (špecifická hybnosť). Rovnakým princípom je vypočítaný aj počet ciest, ktoré v zónach končia, pričom platí, že celkový počet vznikajúcich ciest musí byť zhodný s celkovým počtom končiacich ciest.

Hybnosti pre jednotlivé skupiny obyvateľov a účely cesty (dopytové vrstvy) boli získané z vykonaného prieskumu mobility v domácnostiach a zodpovedajú priemernému pracovnému dňu. Prehľad agregovaných špecifických hybností (počet ciest za deň) jednotlivých skupín obyvateľov je uvedený v tabuľke.

Tabuľka 8 Špecifické hybnosti

Skupina obyvateľov	Špecifická hybnosť [cesty / deň]
Ekonomicky aktívni s automobilom (E+C)	3,15
Ekonomicky aktívni bez automobilu (E-C)	2,87
Ekonomicky neaktívni s automobilom (NE+C)	2,70
Ekonomicky neaktívni bez automobilu (NE-C)	1,83
Študenti vysokých škôl (Stud)	2,61
Študenti stredných škôl (Pup)	3,17
Žiaci základných škôl (Epup)	2,67
Spolu	2,79

Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

7 ČIASTKOVÝ MODEL ROZDELENIA JAZDY

Výsledkom tohto kroku štvorstupňového modelu je matica prepravných vzťahov medzi zónami modelu. Do výpočtu vstupujú výsledky z vyššie uvedených procedúr, konkrétne teda production rate, attraction rate a matice vzdialeností. Pre výpočet distribúcie ciest sa používa gravitačný model, ktorý je založený na predpoklade, že cesty sú priamo úmerné zdrojovému a cieľovému dopytu v zónach a hodnotám úžitkovej funkcie medzi zónami.

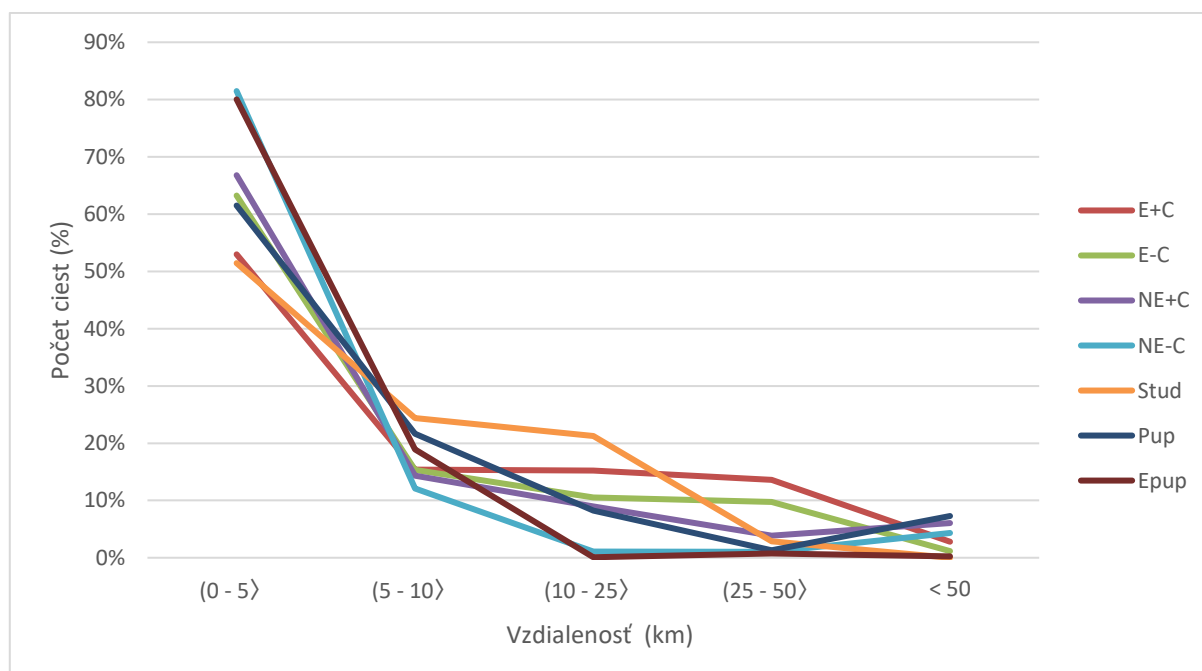
Všeobecná rovnica gravitačného modelu:

$$F_{ij} = k_{ij} \cdot Q_i \cdot Z_j \cdot f(U_{ij}),$$

kde U_{ij} je úžitková funkcia medzi zónami, Q_i je zdroj zóny i , Z_j je cieľ zóny j a k_{ij} predstavuje mieru atraktivity pre dané spojenie.

Pre každú dopytovú vrstvu boli vytvorené osobitné parametre gravitačného modelu na základe údajov o distribučných krivkách z prieskumu mobility. Graf súhrnných distribučných funkcií pre jednotlivé skupiny obyvateľov je uvedený nižšie.

Obrázok 20 Distribučné krivky



Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

8 ČIASTKOVÝ MODEL VÝBERU DOPRAVNÉHO PROSTRIEDKU

Matice prepravných vzťahov medzi zónami získané pomocou procedúry „trip distribution“ boli v tomto kroku rozdelené medzi módy dopravy, ktoré sú zadane v modeli. Pravdepodobnosť voľby dopravného módu riadi logitová funkcia v tvare:

$$P(m) = \frac{e^{c \cdot U(m)}}{\sum_i e^{c \cdot U(i)}},$$

kde $P(m)$ je pravdepodobnosť voľby dopravného módu m , U je úžitková funkcia a c parameter homogenity.

Úžitková funkcia U predstavuje lineárnu kombináciu veličín ovplyvňujúcich voľbu dopravného módu. Premenné úžitkové funkcie sú cena cesty, cestovná doba a binárna premenná zachytávajúca, či človek vlastní vozidlo.

Úžitková funkcia pre voľbu medzi osobným vozidlom (U_{IAD}) a hromadnou dopravou (U_{VHD}) vyzerá potom takto:

$$U_{IAD} = (1 - IAD_{av}) \cdot M + \alpha_1 + \beta_1 \cdot t_{IAD} + \gamma_1 \cdot C_{OV}$$

$$U_{VHD} = (1 - VHD_{av}) \cdot M + \alpha_2 + \beta_2 \cdot t_{VHD} + \gamma_2 \cdot C_{PUT},$$

kde t_{IAD} a t_{VHD} sú cestovné doby a C_{IAD} resp. C_{VHD} sú cestovné náklady. Veličiny IAD_{av} a VHD_{av} predstavujú dostupnosť dopravného módu a nadobúdajú binárne hodnoty 0 alebo 1. M je dostatočne veľké číslo tak, aby v prípade nedostupnosti dopravného módu minimalizovalo pravdepodobnosť jeho pridelenia. Parametre α , β a γ sú odhadované parametre skúmaných veličín (váhy jednotlivých veličín úžitkovej funkcie). Odhad bol vykonaný metódou maximálnej vierohodnosti (maximum likelihood) na údajoch z prieskumu mobility (pravdepodobnosť použitia dopravného módu pre danú cestu). Porovnanie výsledných modelovaných hodnôt modal splitu s hodnotami uvažovanými na základe mobilitného prieskumu, vždy pre jednotlivé skupiny, je uvedený v nasledujúcej tabuľke. Hodnoty označené ako prieskum reprezentujú výsledky dopravného správania sa zistené mobilitným prieskumom. Pre potreby modelovania bolo uvažované zjednodušenie, že študenti stredných škôl nemajú možnosť využívať osobný automobil ako vodič. Jedná sa o modelové zjednodušenie reálnej situácie, kde väčšina študentov stredných škôl nesplňuje vekovú hranicu pre vlastníctvo vodičského oprávnenia na osobný automobil. Naopak nulový podiel voľby dopravného módu bicykel skupinou študentov vysokých škôl bol v rámci mobilitného prieskumu takto zistený.

Tabuľka 9 Modal split

Podiel dopravných módov na celkovom počte ciest danej skupiny obyvateľov		Chôdza	Bicykel	Auto - vodič	Auto - spolujazdec	Verejná doprava
Ekonomicky aktívni s automobilom	MODEL	14,0%	3,5%	68,6%	7,1%	6,8%
	PRIESKUM	14,4%	3,5%	67,7%	7,4%	7,0%
Ekonomicky aktívni bez automobilu	MODEL	39,3%	8,6%	0,0%	18,2%	34,0%
	PRIESKUM	39,4%	8,6%	0,0%	17,8%	34,2%
Ekonomicky neaktívni s automobilom	MODEL	31,5%	7,3%	49,6%	8,7%	2,9%
	PRIESKUM	31,7%	7,1%	49,3%	9,0%	2,9%
Ekonomicky neaktívni bez automobilu	MODEL	50,3%	12,1%	0,0%	17,3%	20,2%
	PRIESKUM	50,6%	12,5%	0,0%	16,3%	20,6%
Študenti vysokých škôl	MODEL	20,4%	0,0%	30,3%	14,4%	34,9%
	PRIESKUM	20,6%	0,0%	31,1%	13,8%	34,5%
Študenti stredných škôl	MODEL	40,8%	8,9%	0,0%	17,5%	32,8%
	PRIESKUM	41,2%	8,7%	0,0%	18,3%	31,8%
Žiaci základných škôl	MODEL	44,4%	7,0%	0,0%	34,8%	13,8%
	PRIESKUM	44,4%	7,2%	0,0%	34,4%	14,1%

Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

Z porovnania vyplýva dostatočná zhoda údajov v jednotlivých skupinách obyvateľov.

Výstupom kroku voľby dopravného módu sú matice dopravných vzťahov pre každý mód dopravy a dopytovú vrstvu. Voľba trasy v sieti a konkrétneho prostriedku hromadnej dopravy je vykonaná až pri pridelení dopravy na sieť.

9 PRIDELLENIE DOPYTU NA DOPRAVNÚ SIEŤ

Pridelenie ciest z matice prepravných vzťahov, vypočítaných v predchádzajúcom kroku štvorstupňového modelu, na dopravnú sieť sa vykonáva samostatne pre individuálnu a verejnú dopravu a jeho hlavným výstupom sú hodnoty intenzity dopravy (počty vozidiel, počty cestujúcich) na konkrétnych uzloch a spojniciach modelovej siete.

Na pridelenie prepravných vzťahov individuálnej dopravy na sieť bola použitá procedúra *Equilibrium assignment*, ktorej výpočtový algoritmus je založený na Wardropovom prvom princípe: „Každý užívateľ si vyberá takú trasu, že zmena trasy by mu priniesla predĺženie cestovnej doby.“ Rovnovážny stav je dosiahnutý viacstupňovým iteračným procesom založeným na postupnom priradovaní dopytu na sieť v rámci tzv. vnútorných a vonkajších krokov. Vo vnútorných krokoch sú vzájomným presunom vozidiel dávane do rovnováhy dve najvýhodnejšie trasy, vo vonkajších krokoch prebieha kontrola možnosti nájdenia nových trás s nižším odporom (impedanciou). Výška odporu trasy pritom vychádza z kombinácie odporu jednotlivých spojníc, uzlov a napojenia zón. Všetky odpory možno rozdeliť na závislé na intenzite a nezávislé. Odpor závislý na intenzite dopravy vychádza z tzv. VD (volume-delay) funkcií, vyjadrujúcich funkčnú závislosť medzi zdržaním a intenzitou. Odpor spojnice je tu určený aktuálnou jazdnou dobou t_{cur} , ktorá vychádza z počiatočnej jazdnej doby t_0 a z jej navýšenia odvodeného z príslušnej VD funkcie. Odpor uzlov je daný zdržaním v každom smere pohybu a odpor napojenia zóny je takisto závislý na VD funkcii. Parametre VD funkcií zahŕňajú koeficienty a , b , c , ktoré sú definované samostatne pre jednotlivé typy komunikácií.

Pri verejnej hromadnej doprave bola na priradenie cestujúcich na sieť použitá metóda timetable-based. Metóda využíva presné cestovné poriadky a prideľuje na sieť každý vzťah zdroj – cieľ samostatne.

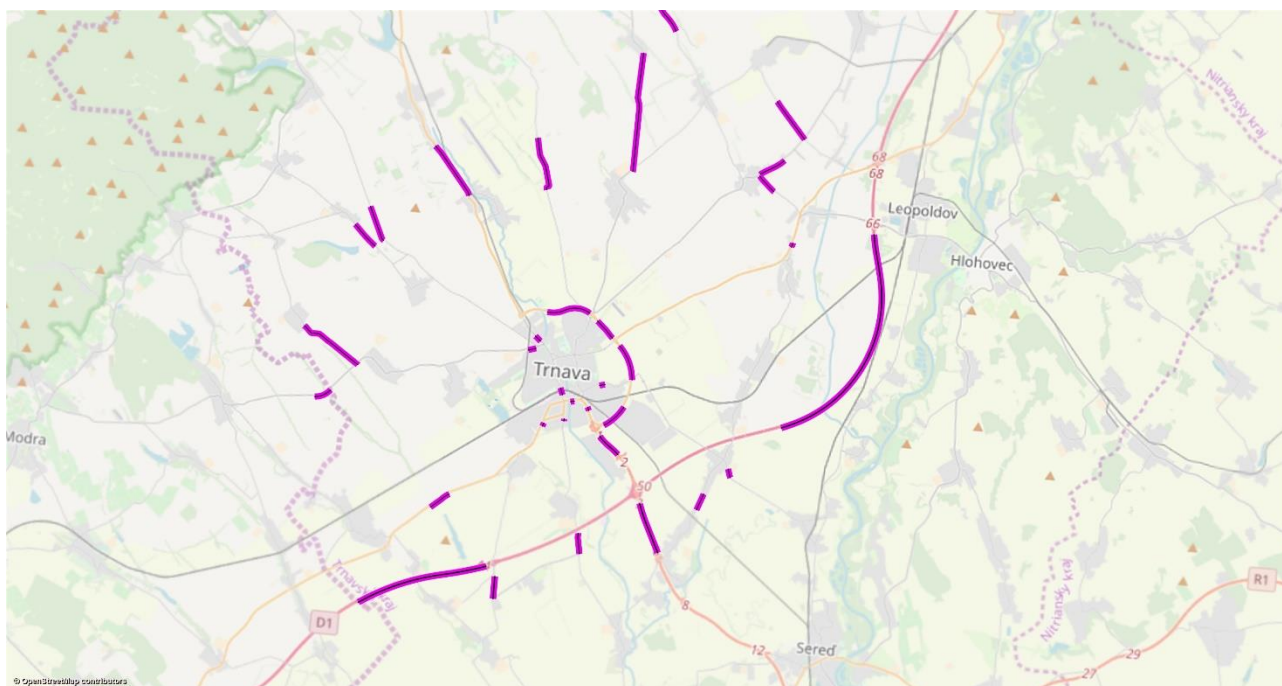
Behom výpočtu sú vzťahy medzi jednotlivými zónami prideľované na sieť hromadnej dopravy na základe impedancie trasy, ktorá je daná kapacitou vozidla a tzv. „vnímanou cestovnou dobou“. Tá závisí na niekoľkých faktoroch, ako sú pešie presuny, doba čakania na prvý spoj, doba čakania na prestup, počet prestupov a doba strávená vo vozidle (podľa cestovného poriadku). Každá zo zložiek vnímanej cestovnej doby je zohľadňovaná určitou váhou, tzn. jednotlivé zložky sú v celkovej vnímanej cestovnej dobe násobené určitým koeficientom:

Vnímaná cestovná doba = 1 x čistá doba strávená vo všetkých vozidlách VHD + 1,5 x doba napojenia počiatočnej dopravnej zóny na modelovú sieť + 1,5 x doba napojenia cieľovej dopravnej zóny na modelovú sieť + 1,5 x suma všetkých peších ciest + 1,5 x doba čakania na prvý spoj + 1,5 x doba čakania na spoj pri prestupe + 5 min x počet prestupov.

Doba čakania na prvý spoj vychádza z údajov používaných v britských štúdiách a je daná vzorcom $2,2 \times (\text{interval})^{0,64}$, pričom maximálna doba čakania je uvažovaná vo výške 100 minút.

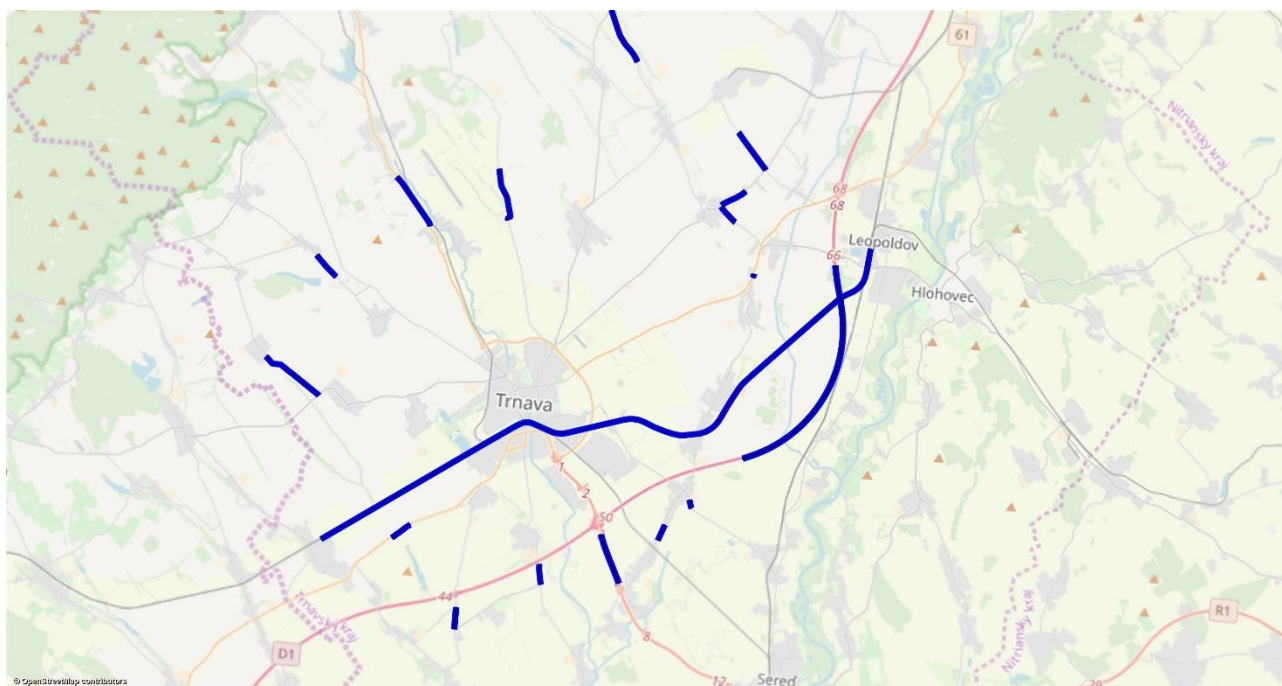
Parametre dopravného modelu sú kalibrované na hodnoty celodenných intenzít IAD a počtov cestujúcich VHD zistených z prieskumov a sčítania dopravy. Grafický prehľad kalibračných profilov (úsekov) je spracovaný nižšie.

Obrázok 21 Kalibračné profile IAD



Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

Obrázok 22 Kalibračné profile VHD



Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

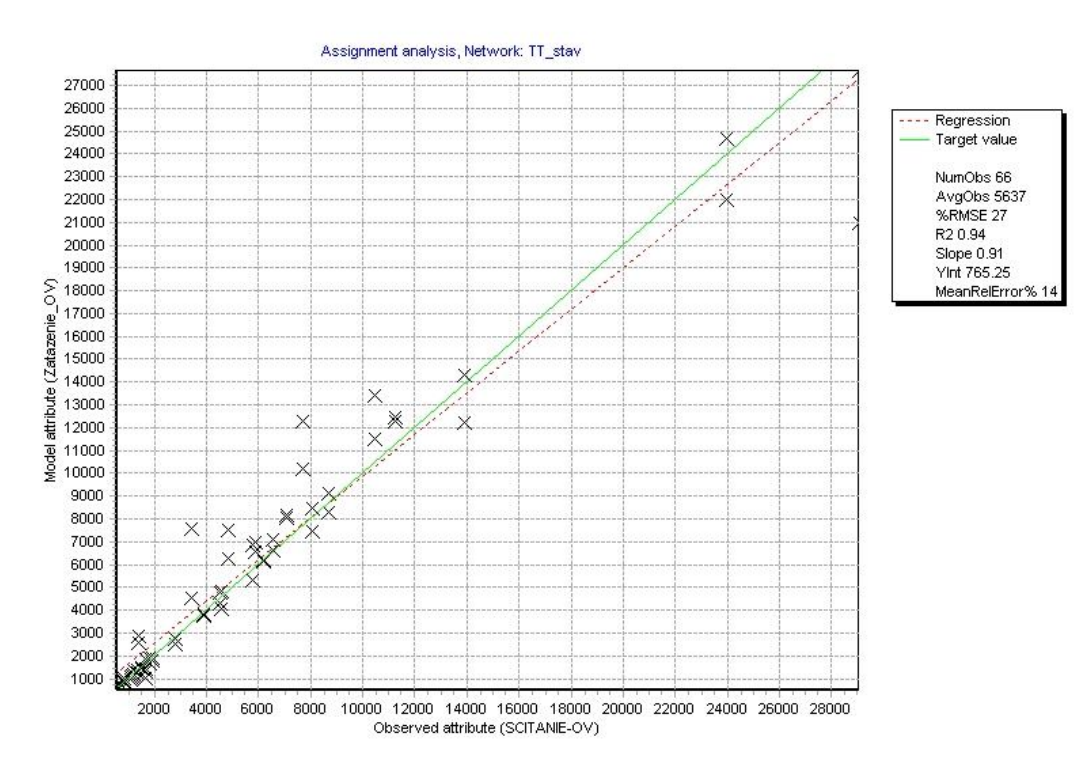
Vyhodnotenie výsledkov kalibrácie formou porovnania dosiahnutých hodnôt prepravného zaťaženia v dopravnom modeli s dostupnými dátami zo sčítania je spracované samostatne pre individuálnu a verejnú dopravu, a to s využitím nasledujúcich štatistických ukazovateľov:

- **Parametre regresnej priamky – sklon (*Slope*), priesečník so zvislou osou (*Yint*)**

- **Koeficient determinancie (R^2)**
- **Relatívna smerodajná chyba odhadu – Relative root of mean square error (%RMSE)**
- **Stredná absolútna percentuálna chyba – Mean absolute percentage error (MeanRelError)**
- **Štatistika GEH – hodnoteným kritériom je percentuálny podiel sčítacích profilov, pre ktoré je hodnota štatistiky GEH < 5 (hranica pre prijatie je obvykle volená medzi 60 a 85 %)**

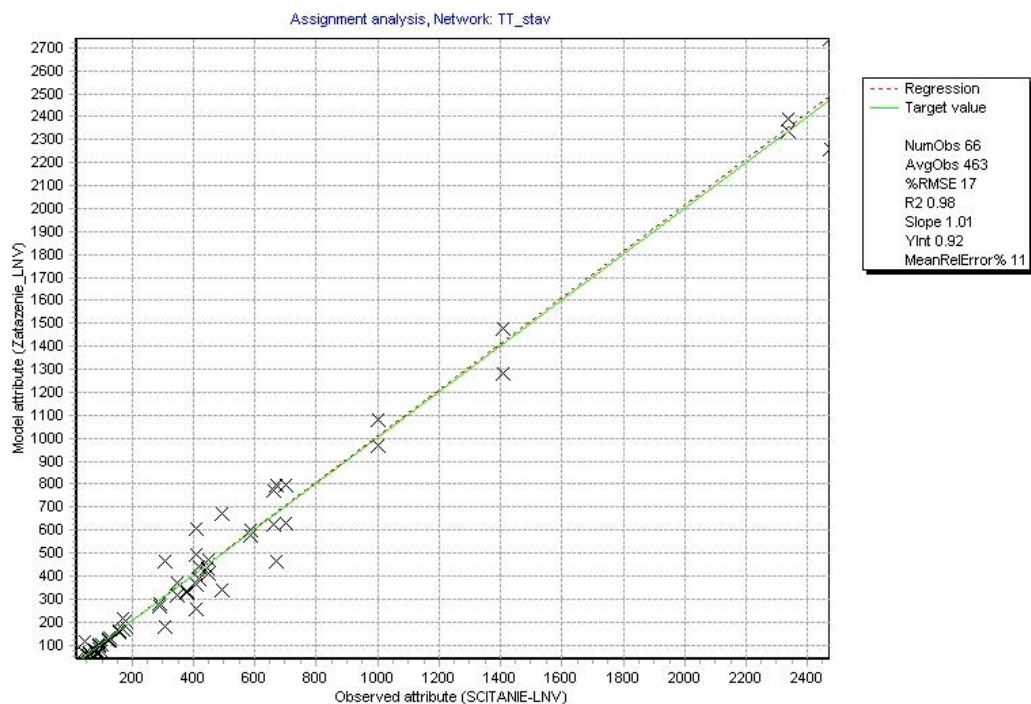
Štatistické vyhodnotenie výsledkov kalibrácie dopravného modelu súčasného stavu je znázornené na nasledujúcich grafoch samostatne pre individuálnu automobilovú dopravu a verejnú dopravu. Vyhodnotenie je vykonané celkom pre 98 kalibračných profilov v riešenom území, z toho 66 profilov pre individuálnu automobilovú dopravu a 32 profilov pre verejnú dopravu. Hodnota koeficientu R^2 určená na základe regresnej analýzy v tomto prípade dosahuje úrovne 0,94 až 0,98 a sklon regresnej priamky sa pohybuje v rozmedzí hodnôt 0,91 až 1,05. Výsledný podiel posudzovaných profilov spĺňajúcich podmienku GEH < 5 predstavuje 82 % z celkového počtu 66 sčítacích profilov pre IAD a 95 % z celkového počtu 32 sčítacích profilov pre VHD, a leží teda v pásme prijateľných hodnôt.

Obrázok 23 Vyhodnotenie kalibrácie zaťaženia OV



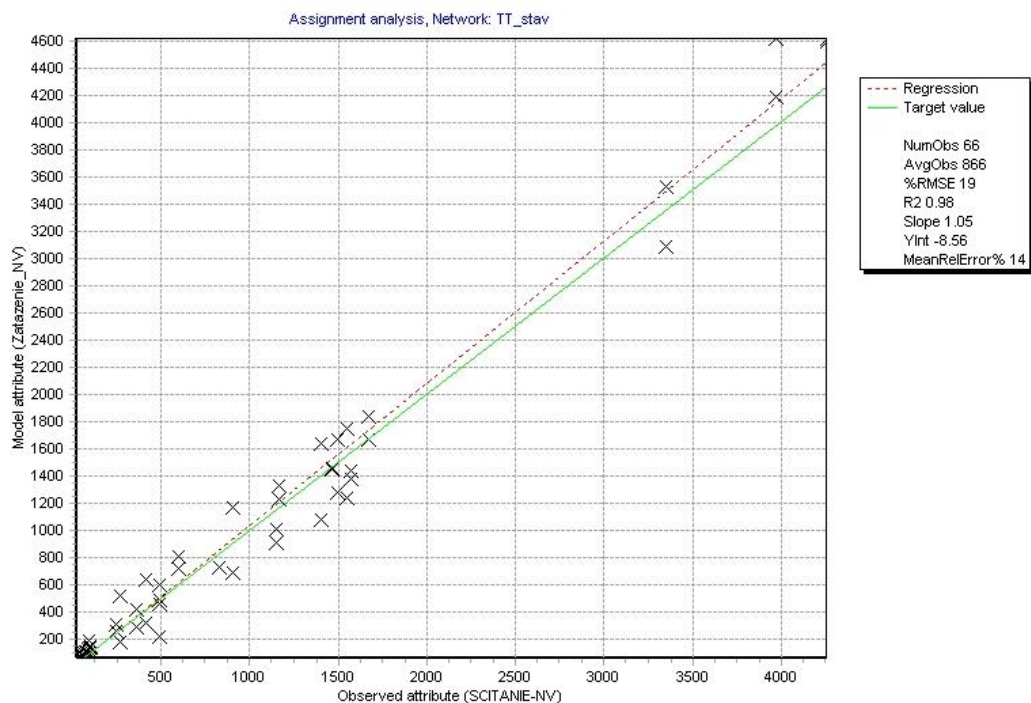
Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

Obrázok 24 Vyhodnotenie kalibrácie zaťaženia LNV



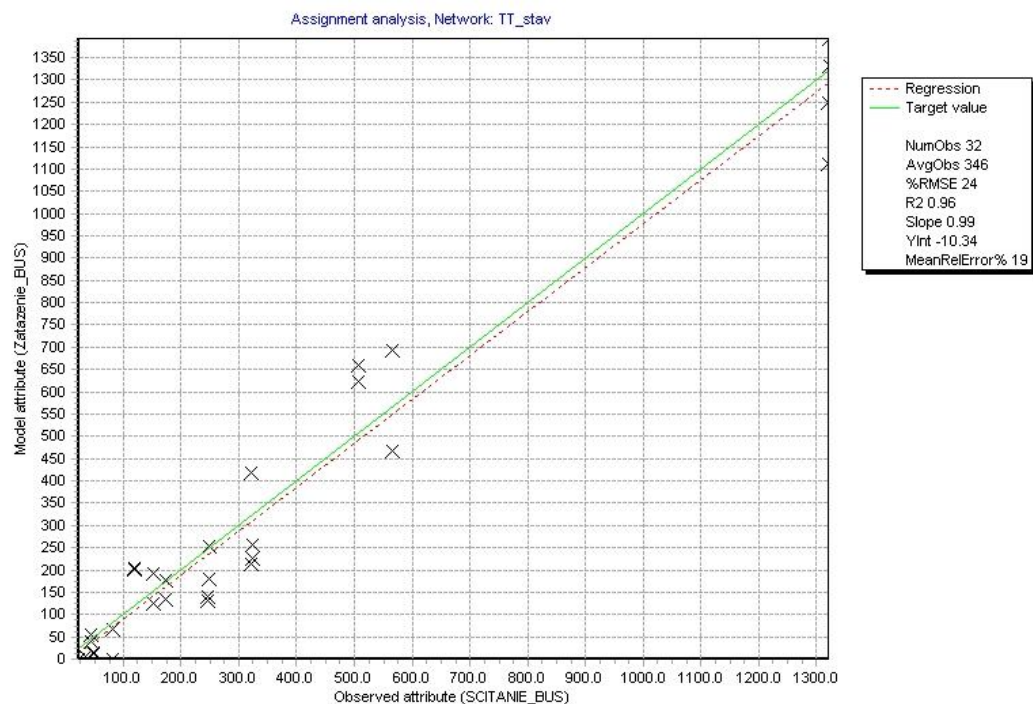
Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

Obrázok 25 Vyhodnotenie kalibrácie zaťaženia NV



Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

Obrázok 26 Vyhodnotenie kalibrácie zaťaženia VHD



Zdroj: AFRY CZ s.r.o.

10 VÝSTUPY DOPRAVNÉHO MODELU

Výstupom z dopravného modelu súčasného stavu, spracovaného pre účely Plánu udržateľnej mobility krajského mesta Trnava a jeho funkčného územia, sú jednak kartogramy OD vzťahov zobrazujúce modelovaný počet ciest medzi riešenými okrskami (prílohy 2.1.1 až 2.1.16) a matice v tabuľkovej podobe, ktorá zahrňuje dáta zo všetkých kartogramov (príloha 2.1.17). Tieto prílohy znázorňujú:

- **kartogram s počtom ciest medzi okrskami mesta Trnava,**
- **kartogram s počtom ciest medzi obcami v MFO a riešenými okrskami mesta Trnava –pre každú obec samostatná príloha,**
- **matice obsahujúce celkový počet ciest medzi riešenými okrskami mesta Trnava a obcami MFO.**

Uvedené prílohy sú spracované vo formáte A3.

Ďalším typom výstupov sú podrobné kartogramy intenzít dopravy v riešenom území (prílohy 2.1.18, 2.1.19), ktoré znázorňujú:

- **súčasných počty vozidiel na komunikačnej sieti za priemerný pracovný deň**
 - **súčet všetkých osobných automobilov za 24 hodín (osobné + ľahké nákladné + ostatné nákladné)**
- **súčasných počty cestujúcich na sieti verejnej dopravy za priemerný pracovný deň**
 - **cestujúci vo vlakoch, regionálnych autobusoch, autobusoch MHD a diaľkových autobusoch za 24 hodín**

Uvedené grafické prílohy sú spracované vo formáte A2 pre celé riešené územie (mesto Trnava a príslušné obce).

Vytvorený dopravný model je jedným z podkladov pre analýzu súčasnej situácie z hľadiska mobility obyvateľov na území mesta Trnava a jeho okolia. Na základe tejto analýzy budú v ďalšej časti Plánu udržateľnej mobility navrhnuté koncepčné opatrenia a projekty, ktoré budú následne preverené a posúdené dopravným modelom v rámci definovaných výhľadových scenárov.