
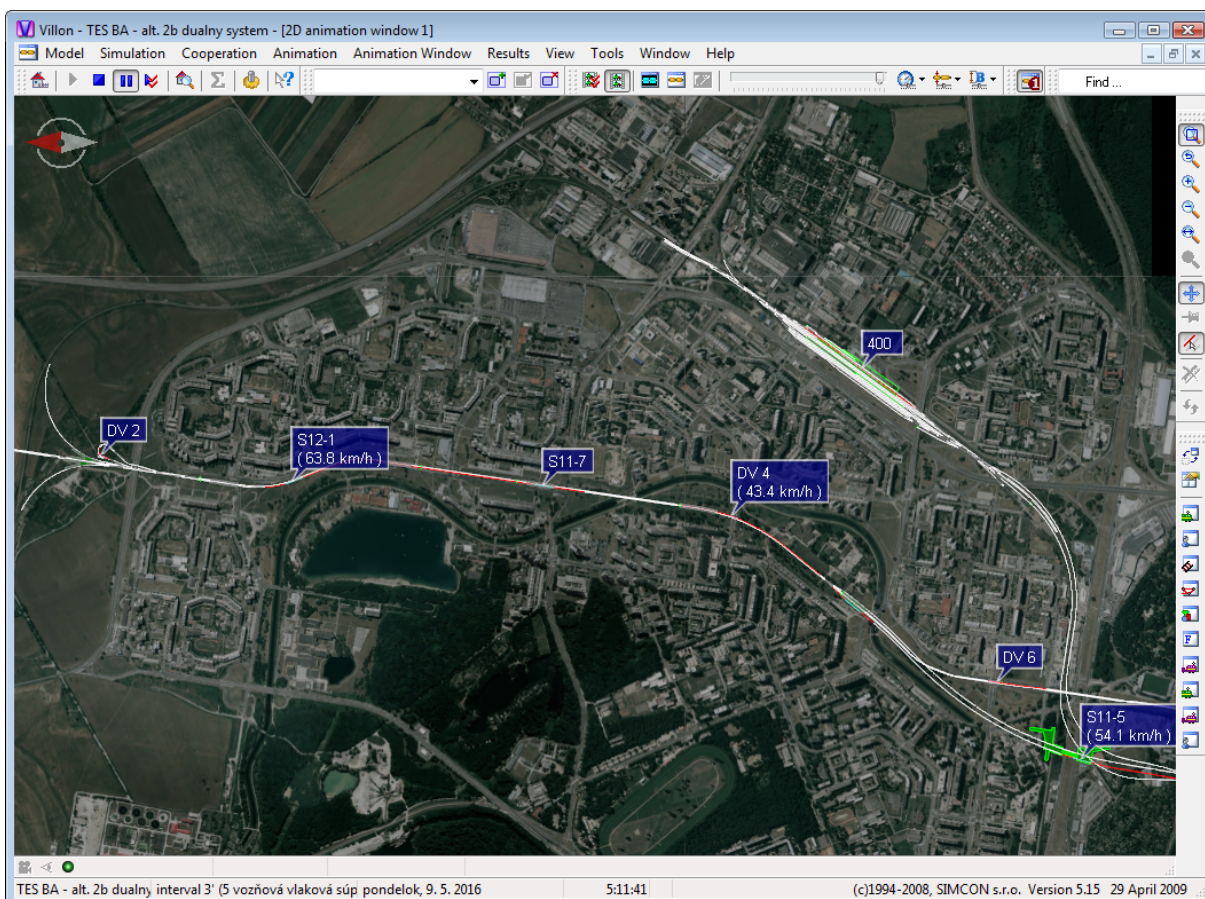


Žilina, Máj 2009

Závěrečná správa – Simulačná štúdiá pre technicko-ekonomickú štúdiu

Riešenie dopravnej technológie pre koľajovú trať na území mestskej časti Bratislava Petržalka pomocou simulácie v simulačnom nástroji 



Zhotoviteľ:



*Simcon, s. r. o.
Nám. L. Fullu 15/105
SK-01008 Žilina
Slovenská republika*

Kontakt:

Ing. Miloš Zát'ko
Tel. +421 41 5655379
Fax +421 41 5655379
E-Mail: Milos.Zatko@simcon.sk

Objednávateľ:



*sudop Trade, s.r.o.
Krivá 21
832 03 Košice
Slovenská republika*

Kontakt:

Ing. Marek Lukáč
Tel. +421 55 6780 493, kl.305
Fax +421 55 6780 493
E-Mail: lukacm@sudoptrd.sk

OBSAH

1. CIEĽ SIMULAČNEJ ŠTÚDIE

2. POSTUP RIEŠENIA

- 2.1. Oblasť použitia simulačného nástroja Villon
- 2.2. Tvorba modelu železničného uzla
- 2.3. Simulačné experimenty

3. TVORBA MODELU

- 3.1. Východiskové podklady
- 3.2. Alternatívy
- 3.3. Fyzická infraštruktúra
- 3.4. Číslovanie vozidiel
- 3.5. Technológia obsluhy vozidiel

Prílohy k tvorbe modelu

4. SIMULAČNÉ EXPERIMENTY

- 4.1. Alternatíva 1 - Prevádzka len električkových vozidiel

Prílohy k alternatíve 1

- 4.2. Alternatíva 2a - Prevádzka len železničných koľajových vozidiel

Prílohy k alternatíve 2a

- 4.3. Alternatíva 2b - Duálna prevádzka

Prílohy k alternatíve 2b

- 4.4. Alternatíva 3 – Integrácia prevádzky nosného systému MHD do prevádzky na trati Bratislava Petržalka - Rusovce
-

5. ZÁVERČNÉ VYHODNOTENIE

Cieľ simulačnej štúdie

1. Cieľ simulačnej štúdie

Cieľom tejto štúdie je:

- vytvoriť simulačný model koľajovej dopravy medzi odbočkou Dunaj a železničnou stanicou Janíkov Dvor pre viacero alternatív prevádzky pri rešpektovaní situácie na TEN-T koridore,
- posúdiť realizovateľnosť prevádzkovania jednotlivých alternatív a poukázať na ich výhody a nevýhody,
- vyhodnotiť prípadné konflikty v simulačnom modeli,
- navrhnúť opatrenia smerujúcich k odstráneniu konfliktov,
- posúdiť možné prepravné kapacity vzhľadom na výhľadové prepravné prúdy cestujúcich pri jednotlivých alternatívach s dostupnými podkladmi.

Objednávateľom tejto štúdie sú Železnice Slovenskej republiky a. s.. Hlavným cieľom je preveriť prevádzku železničných vozidiel (prímestských vlakov), ktoré majú zabezpečiť prevádzku na trase Janíkov Dvor – centrum – Bratislava Rača vo funkcií nosného systému MHD v súlade s územným plánom hlavného mesta Bratislava. Vzhľadom na fakt, že sa predpokladá vybudovanie trati v mestskej časti Bratislava Petržalka skôr oproti TEN-T koridoru, súčasťou štúdie bolo i preverenie dočasnej alternatívy prevádzky, a to: výlučne prevádzky električkových vozidiel (označená ako alternatíva 1) na úseku Janíkov Dvor – Chorvátske Rameno s pokračovaním na zastávku Bosákova a ďalej cez starý most do centra mesta. Dočasná prevádzka električkových vozidiel bude ukončená po vybudovaní infraštruktúry a spustení prevádzky na TEN-T koridore.

Z hľadiska stavebno-technického boli skúmané 4 varianty:

- estakádny,
- povrchový,
- polozapustený,
- podpovrchový.

Spracovateľmi bol v priebehu simulačnej štúdie označený polozapustený variant za najpriateľnejší. Na základe tohto rozhodnutia bol pre simuláciu spracovaný model infraštruktúry len pre polozapustený variant (výškové a smerové pomery) vo všetkých alternatívach prevádzky. Ostatné varianty pre alternatívy prevádzky neboli posudzované vzhľadom na objednaný rozsah štúdie.

Z hľadiska prevádzky boli na zvolenom variante skúmané 2 základné dopravné koncepty:

- železničný (prevádzka mestských železničných vozidiel/vlakov na trase Janíkov Dvor - odbočka Dunaj – ŽST Bratislava Predmesrie), ako základ pre nosný systém MHD,
- duálny, t. z. stav keď sa spustí cieľová prevádzka mestských železničných vozidiel (vlakov) nosného systému MHD a zároveň prevádzka duálnych vozidiel na úseku Chorvátske Rameno – Janíkov Dvor.

Na základe vyššie spomínaných dôvodov, zadania štúdie, dielčích výsledkov simulačnej štúdie a výsledkov pracovných rokovaní boli simuláciou preverené nasledovné alternatívy

prevádzky (a ich scenáre) potrebné pre posúdenie prevádzky počas jednotlivých etáp výstavby nosného systému MHD:

- ALTERNATÍVA 1 – Dočasná prevádzka len električkových vozidiel
 - scenár 1 – 2 min. interval s modelovým vozidlom K2S
 - scenár 2 – 3 min. interval s modelovým vozidlom K2S
 - scenár 3 – 3 min. interval s dvomi spojenými modelovými vozidlami T3
 - scenár 4 – 3 min. interval s tromi spojenými modelovými vozidlami T6

- ALTERNATÍVA 2a - Prevádzka len železničných koľajových vozidiel
 - scenár 1 – nerovnomerný príchod cestujúcich na zastávky v pomere 30%:40%:30% pre každú hodinu špičkovej 3-hodiny s 5 článkovou modelovou elektrickou jednotkou ET 425
 - scenár 2 – nerovnomerný príchod cestujúcich na zastávky v pomere 30%:40%:30% pre každú hodinu špičkovej 3-hodiny so 6 článkovou modelovou elektrickou jednotkou ET 425
 - scenár 3 – rovnomerný príchod cestujúcich na zastávky v pomere 33%:33%:33% pre každú hodinu špičkovej 3-hodiny so 6 článkovou modelovou elektrickou jednotkou ET 425

- ALTERNATÍVA 2b - Duálna prevádzka

- ALTERNATÍVA 3 - Integrácia prevádzky nosného systému MHD do prevádzky na trati Bratislava Petržalka – Rusovce.

Simulačné modely všetkých alternatív (okrem alternatívy 1 – dočasnej prevádzky električkových vozidiel) boli integrované do simulačného modelu prevádzky na TEN-T koridore. Simulácia prevádzky na TEN-T koridore bola vykonaná v roku 2008 aj s 3D vizualizáciou prevádzky.

Terminológia

V spracovanej záverečnej správe sú používané skrátené názvy dráhových vozidiel takto:

Skrátený názov	Úplný názov
železničné vozidlo	koľajové vozidlo železničnej dráhy
električkové vozidlo	koľajové vozidlo električkovej dráhy
duálne vozidlo	dvojsystémové koľajové vozidlo električky

Poznámka

duálne vozidlo – vozidlo, ktoré bude prevádzkované na existujúcich povrchových električkových tratiach a v úseku zast. Chorvátske Rameno – Janíkov Dvor bude v cieľovom stave prevádzkované súčasne so železničnými vozidlami na železničnej infraštruktúre

Ďalšie pojmy:

Pojem	Vysvetlenie
duálna (zmiešaná) prevádzka mestské železničné vozidlá (vlaky)	prevádzka koľajových vozidiel odlišných dráh v spoločnej infraštruktúre koľajové vozidlá železničnej dráhy, prevádzkované vo funkcii nosného systému MHD s možnosťou pokračovania mimo hranice mesta ako vlaky regionálne

Postup riešenia

2. Simulačný nástroj Villon

2.1 Oblasti použitia simulačného nástroja Villon

Simulačný nástroj Villon je špecializovaný software vyvíjaný našou spoločnosťou pre tvorbu simulačných modelov železničných uzlov, experimentovanie s týmito modelmi a následné vyhodnotenie vykonaných experimentov. Hlavnými prednosťami je zobrazovanie infraštruktúry tak ako existuje v realite alebo bude existovať (nie je teda použité žiadne schematické znázornenie infraštruktúry), ďalej sú simulačné behy sprevádzané on-line animáciou, ktorá je veľmi podstatná nielen pri tvorbe simulačných modelov, ale i pri prezentácii dôsledkov zmien v prevádzke. Okrem toho simulačný nástroj poskytuje obrovskú flexibilitu pri modelovaní jednotlivých procesov pri optimalizácii jednotlivých železničných uzlov, ktorými sú:

- osobné stanice,
- zriaďovacie stanice,
- údržbové stanice,
- vlečky,
- kontajnerové terminály,

alebo akákoľvek kombinácia uvedených uzlov.

V každom z týchto uzlov je však možné uvažovať o štyroch oblastiach nasadenia simulačného nástroja Villon pri simulácii prevádzky, a to:

- Vo fáze projektovania nového uzla, alebo prestavby existujúceho uzla, kedy je možné ešte pred začiatkom samotnej výstavby, alebo prestavby za pomoci simulácie prevádzky preveriť opodstatnenosť projektu a v neposlednom rade investíciu vyplývajúcu z daného projektu. S prihliadnutím na investičnú náročnosť pripadá v súčasnosti do úvahy najmä prestavba už existujúcich uzlov.
- Racionalizácia samotnej prevádzky železničného uzla, ktorej potreba vyplýva prevažne z poklesu množstva dopravných prúdov. Týka sa najmä mobilných prostriedkov, t.j. personálu a hnacích vozidiel, ale tiež koľajiska, ktoré je investične náročné na údržbu. Nie vždy však musí ísť len o reakciu na zmenu dopravných prúdov. Práve z pohľadu konkurencieschopnosti musí železnica zabezpečiť kvalitnú službu, ktorej ukazovateľom je tiež doba prepravy. Na dĺžku doby prepravy má tiež podstatný vplyv doba pobytu zásielky v stanici. Z tohto dôvodu sa na tomto mieste priamo vyžaduje snaha zlepšiť technologické postupy obsluhy vlakov, ktoré sa spracovávajú s cieľom skrátenia celkového pobytu zásielok v stanici.
- Preverenie vplyvu sieťových zmien vlakovej dopravy na prevádzku stanice.
- Školenie pracovníkov riadiacich prevádzku stanice s cieľom zabránenia vzniku potenciálnych škôd nesprávnym rozhodnutím pri príprave týchto ľudí na riadenie v reálnej prevádzke.

2.2 Tvorba modelu železničného uzla

Úspešné vykonanie simulačných experimentov si vyžaduje vytvorenie dostatočne podrobného modelu železničného uzla a modelovanie vstupného prúdu vlakov.

Údaje pre vytvorenie modelu železničného uzla v simulačnom nástroji Villon je možné rozdeliť do troch skupín:

- údaje o fyzických prostriedkoch stanice - fyzická úroveň
- údaje o funkcii jednotlivých prostriedkov - logická úroveň
- údaje o riešení jednotlivých problémov - riadiaca úroveň

Fyzická úroveň popisuje vlastnosti koľajiska, personálu a hnacích vozidiel, ktoré vychádzajú z ich fyzickej podstaty. Prvky koľajiska sa rozlišujú podľa toho, či sa jedná o koľaj alebo výhybku, okrem toho je pre simuláciu dôležitá ich geometrická poloha, návaznosť na zabezpečovaciu techniku, maximálna rýchlosť a pod. U personálu sa jedná iba o počet zamestnancov, ktorí sú na stanici k dispozícii. A nakoniec u hnacích vozidiel ide najmä o konštrukčné vlastnosti – počet osí, dĺžka, trakcia, maximálna rýchlosť, výkon a pod.

Na logickej úrovni prichádza k popisu funkcie fyzickej úrovne. To znamená, že sa definuje možnosť použitia jednotlivých prostriedkov stanice, tzv. profesia prostriedkov. Konkrétne u koľaj sa definuje, ktoré budú slúžiť ako vchodové, ktoré ako nástupištne, ktoré ako odstavné, po ktorých môžu jazdiť vlaky a po ktorých posunovacie diely a pod. Rovnako tak dostane každá fyzická osoba príslušnú profesiu, prípadne i viac profesií, ktoré bude vykonávať v stanici. Okrem toho sa stanoví kedy sú jednotliví zamestnanci v práci. Podobne ako u personálu sa určí profesia i pre lokomotívy, časový rozvrh a čakacie miesto a prevádzkové ošetrenie.

Riadiaca úroveň zastupuje v simulačnom modeli ľudské rozhodovanie. Vzhľadom ku komplexnosti problému nahradenia ľudského riadenia boli vytipované situácie rozhodovania, ktoré sa bežne vyskytujú v prevádzke stanice ako napr. výber vchodovej koľaje, výber pracovníka danej profesie a pod.

Železničný uzol je nedeliteľnou súčasťou železničnej siete. Vzhľadom k tomu, že sa však jedná o simuláciu prevádzky len v rámci vybranej časti siete, je nutné modelovať vstupný prúd vlakov, ktorý je produktom práve okolitej železničnej siete. Na konečný výsledok simulačných experimentov má vplyv okrem presnosti modelu i vernosť modelovaného vstupného prúdu. Údaje o vstupujúcich vlakoch pre vlakový generátor sa zisťujú zo štatistických vyhodnotení vlakov reálnej prevádzky za určité obdobie alebo je možné modelovať príchody vlakov podľa cestovného poriadku. Okrem modelovania vstupu vlakov do modelu má každý vlak stanovený technologický postup jeho obsluhy vo forme sieťového grafu. Ten popisuje postupnosť činností, ktoré sa musia na vlaku vykonať.

2.3 Simulačné experimenty

Potreba simulačnej štúdie vychádza z nedokonalých znalostí dopravného systému s prihliadnutím k jeho komplexnosti a snahy overiť nové návrhy, ktoré by mohli ovplyvniť prevádzku v železničnom uzle. Takýmto spôsobom vznikajú otázky a hypotézy, na základe

ktorých je možné na začiatku simulačného projektu, ale i počas jeho priebehu, definovať simulačné experimenty. Každý simulačný experiment v podstate poskytuje odpoveď na nejakú otázku. Je zrejme, že na dopracovanie sa k odpovedi na danú otázku je nevyhnutné niekedy vykonať v rámci experimentu mnoho simulačných behov. Ich počet samozrejme závisí jednak od skúsenosti experimentátora, od kvality simulačného modelu, ale tiež od nástrojov na vyhodnotenie simulačných behov. V dnešnej dobe je samozrejmosťou poskytnúť užívateľovi taký simulačný nástroj, aby mohol identifikovať aspoň čiastočne problematické miesta už v priebehu simulácie, a tým samozrejme skrátiť časovú náročnosť celého simulačného experimentu.

Tvorba modelu

3. Tvorba modelu

3.1. Východiskové podklady

Pri spracovaní dopravnej technológie pomocou simulácie boli čerpané relevantné informácie z nasledujúcich podkladov:

- Dopravno-urbanistická štúdia projektu TEN-T, 03.2008
- Plán dopravnej obsluhy bratislavského samosprávneho kraja, 11.2007
- Konceptia bratislavskej integrovanej dopravy, 04.2007
- Návrh infraštruktúry - smerové a výškové vedenie trate na území MČ Petržalka pre zadané alternatívy prevádzky

Niektoré zmeny riešenia dopravnej infraštruktúry, ktoré vyplynuli z procesu postupného spracovania štúdie a vyplývali aj zo záverov pracovných rokovaní a neboli premietnuté ako podklady do simulačného procesu. V zásade neovplyvňujú jeho výsledky a je ich možné akceptovať. V prípade potreby bude po schválení a prijatí jedného z navrhovaných variantov stavebného a dopravného riešenia možné overiť simuláciou konkrétne prijaté riešenie.

3.2. Alternatívy

Na základe zadania TEŠ boli vytvorené simulačné modely a v nich odsimulovaná prevádzka pre nasledujúce alternatívy. V rámci jednotlivých alternatív ďalej vznikli v priebehu simulačnej štúdie scenáre, ktorých úlohou bolo nájsť realizovateľné riešenie:

a) *Alternatíva 1 – Prevádzka len električkových vozidiel*

- scenár 1 – 2 min. interval s modelovým vozidlom K2S
- scenár 2 – 3 min. interval s modelovým vozidlom K2S
- scenár 3 – 3 min. interval s dvomi spojenými modelovými vozidlami T3
- scenár 4 – 3 min. interval s tromi spojenými modelovými vozidlami T6

b) *Alternatíva 2a – Prevádzka len železničných koľajových vozidiel*

- scenár 1 – nerovnomerný príchod cestujúcich na zastávky v pomere 30%:40%:30% pre každú hodinu špičkovej 3-hodiny s 5 článkovou modelovou elektrickou jednotkou EMU ET 425
- scenár 2 – nerovnomerný príchod cestujúcich na zastávky v pomere 30%:40%:30% pre každú hodinu špičkovej 3-hodiny so 6 článkovou modelovou elektrickou jednotkou EMU ET 425
- scenár 3 – rovnomerný príchod cestujúcich na zastávky v pomere 33%:33%:33% pre každú hodinu špičkovej 3-hodiny so 6 článkovou modelovou elektrickou jednotkou EMU ET 425

c) *Alternatíva 2b – Duálna prevádzka*

d) *Alternatíva 3 - Integrácia prevádzky nosného systému MHD do prevádzky na trati Bratislava Petržalka – Rusovce*

Simulačné modely prevádzky v alternatívach 2a, 2b a 3 boli integrované do modelu železničnej prevádzky na TEN-T koridore, ktorý bol vytvorený pre Dopravoprojekt, a.s. v rámci simulačnej štúdie na preverenie dosiahnuteľnosti 3-minútového intervalu následného medzičasia spolu s 3D vizualizáciou železničnej prevádzky v roku 2008.

3.3. Fyzická infraštruktúra

Infraštruktúry jednotlivých alternatív v modeli obsahujú nasledovné železničné stanice, odbočky a zastávky.

Alternatíva 1:

Železničné stanice

- *neobsahuje železničné stanice*

Odbočky

- *neobsahuje odbočky*

Zastávky v rámci NS MHD

- *Janíkov Dvor*
- *Juh*
- *Veľký Draždiak*
- *Stred*
- *Zrkadlový Háj*
- *Chorvátske Rameno*

Zastávky na prepojení Šafárikovo nám. - infraštruktúra 1. etapy prevádzky električkových vozidiel NS MHD

- *Bosákova*
- *Einsteinova (zast. električkových vozidiel)- infraštruktúra 1.etapy električkovej prevádzky*
- *Viedenská*
- *Štúrova*

Alternatíva 2a:

Železničné stanice

- *Janíkov Dvor*

Odbočky

- *odb. Dunaj – súčasť infraštruktúry projektu TEN-T*

Zastávky

- *Juh*
- *Veľký Draždiak*
- *Stred*
- *Zrkadlový Háj*
- *Chorvátske Rameno*
- *Einsteinova*

Model tiež obsahuje i infraštruktúru plánovaného TEN-T koridoru medzi stanicami Bratislava predmestie, resp. Bratislava Nové Mesto a Bratislava Petržalka. Detailný popis simulačného modelu sa nachádza v záverečnej správe “Kapacitná simulácia železničnej dopravy na traťovom prepojení Bratislava predmestie – Petržalka”.

Alternatíva 2b:

Železničné stanice

- *Janíkov Dvor* - (osobitne umiestnené nástupištia pre železničné koľajové vozidlá a duálne vozidlá podľa pôvodného návrhu situovania otočky pre duálne vozidlá – výsledný návrh infraštruktúry z mája 2009 prezentovaný v situácii koľajového riešenia nebol z pohľadu termínového plnenia odsimulovaný. V prípade doporučenia tejto alternatívy prevádzky bude potrebné v rámci spracovania úvodnej projektovej dokumentácie preveriť možné kolízie a potrebný počet nástupištných hrán.

Odbočky

- *odb. Dunaj – súčasť infraštruktúry projektu TEN-T*
- *odb. Chorvátske Rameno zastávka*

Zastávky v rámci NS MHD

- *Juh* - (spoločná zastávka pre žel. koľajové vozidlá a duálne vozidlá)
- *Veľký Draždiak* - (spoločná zastávka pre žel. koľajové vozidlá a duálne vozidlá)
- *Stred* - (spoločná zastávka pre žel. koľajové vozidlá a duálne vozidlá)
- *Zrkadlový Háj* - (spoločná zastávka pre žel. koľajové vozidlá a duálne vozidlá)
- *odb. Chorvátske Rameno zastávka* - (spoločná zastávka pre žel. koľajové vozidlá a duálne vozidlá)
- *Einsteinova* - (zastávka žel. koľajových vozidiel)

Zastávky na prepojení Šafárikovo nám. - infraštruktúra NS MHD :

- *Bosákova* - (zastávka duálnych vozidiel)

- *Einsteinova* - (zastávka duálnych vozidiel)
- *Viedenská* - (zastávka duálnych vozidiel)
- *Štúrova* - (zastávka duálnych vozidiel)

Model tiež obsahuje i infraštruktúru plánovaného TEN-T koridoru medzi stanicami Bratislava predmestie, resp. Bratislava Nové Mesto a Bratislava Petržalka. Detailný popis simulačného modelu sa nachádza v záverečnej správe “*Kapacitná simulácia železničnej dopravy na traťovom prepojení Bratislava predmestie – Petržalka*“.

Alternatíva 3:

Železničné stanice

- *Janíkov Dvor*
- *Bratislava Petržalka*
- *Rusovce (čiastočne)*

Odbočky

- *odb. Dunaj – súčasť infraštruktúry projektu TEN-T*

Zastávky

- *Juh*
- *Veľký Draždiak*
- *Stred*
- *Zrkadlový Háj*
- *Chorvátske Rameno*
- *Einsteinova*

Model tiež obsahuje i infraštruktúru plánovaného TEN-T koridoru medzi stanicami Bratislava predmestie, resp. Bratislava Nové Mesto a Bratislava Petržalka. Detailný popis simulačného modelu sa nachádza v záverečnej správe “*Kapacitná simulácia železničnej dopravy na traťovom prepojení Bratislava predmestie – Petržalka*“. Okrem toho do simulačného modelu bol doplnený návrh integrácie jednokoľajnej elektrifikovanej trate Bratislava Petržalka – Rusovce do plánovanej infraštruktúry. Pôvodný návrh obsahoval dvojkoľajnú trať, čo ale pri tvorbe modelu infraštruktúry bolo zredukované na jednokoľajnú trať vzhľadom na predpoklad, že jednokoľajné spojenie Bratislava Petržalka – Rusovce s dvomi priestorovými oddielmi by malo byť z kapacitného hľadiska pre výhľadovú dopravu postačujúce.

Podkladové plány infraštruktúr v jednotlivých alternatívach pre všetky simulačné modely vychádzajú z elektronických podkladov v mierke 1:1000 (zdroj: objednávateľ).. Z pohľadu výškového vedenia trate bol v celej simulačnej štúdii uvažovaný len polozapustený variant ako vhodný (platný) model pre všetky výškové varianty. Ostatné varianty výškového vedenia trate (estakádny, povrchový a zapustený) neboli predmetom simulačnej štúdie.

Pre jednotlivé alternatívy a v rôznych častiach infraštruktúry sa uvažovala nasledujúca najväčšia traťová rýchlosť:

- Alternatíva 1
 - Úsek Štúrova – Chorvátke Rameno 50 km/h
 - Úsek Chorvátke Rameno – Janíkov Dvor 70 km/h
 - Otočka Janíkov Dvor 20 km/h
- Alternatíva 2a
 - Úsek odb. Dunaj – Janíkov Dvor 80 km/h
- Alternatíva 2b
 - Úsek odb. Dunaj – Chorvátke Rameno (železničné vozidlo) 80 km/h
 - Úsek Štúrova – Chorvátke Rameno (duálne vozidlo) 50 km/h
 - Úsek Chorvátke Rameno – Janíkov Dvor (železničné i duálne vozidlo) 80 km/h
 - Otočka Janíkov Dvor (duálne vozidlo) 20 km/h
- Alternatíva 3
 - Úsek odb. Dunaj – Janíkov Dvor 80 km/h
 - Trať Bratislava Petržalka - Rusovce 80 km/h

Na úseku Štúrova – Chorvátke Rameno v alternatíve 1 a 2b sa nachádzajú krátke úseky, ktoré je možné vzhľadom na smerové pomery prechádzať rýchlosťou maximálne 40 resp. 30 km/h. Tieto obmedzenia boli samozrejme v modeloch tiež rešpektované.

Všetky vyobrazenia použitých návrhov infraštruktúry v simulačných modeloch sa nachádzajú v prílohách. Môžu sa mierne odlišovať od výslednej podoby ostatných zainteresovaných subjektov na TEŠ, čo je spôsobené tým, že pre splnenie zadaných časových termínov bolo nevyhnutné v istom okamihu uzavrieť navrhovaný stav výškových a smerových pomerov tratí ako vstupný podklad pre vytvorenie modelov.

3.4. Číslovanie vozidiel

Jednotlivé súpravy električkových, železničných alebo duálnych vozidiel boli jednoznačne očíslované, pričom sa rešpektoval páry a nepáry smer. Ku zmene čísla vo väčšine prípadov dochádza pri zmene smeru jazdy, resp. pri otočení súpravy na Janíkovom Dvore.

Alternatíva 1:

- Číslovanie električkových vozidiel – E+ poradové číslo v danom smere – Janíkov Dvor – Štúrova a späť

Alternatíva 2a:

- Číslovanie IC,R, REX a ER vlakov – vychádza z navrhovaného GVD pre TEN-T koridor,
- Číslovanie železničných vozidiel – S1 + poradové číslo v danom smere – Janíkov Dvor – Filiálka a späť,
- Číslovanie železničných vozidiel – S11 + poradové číslo v danom smere – Janíkov Dvor – predmestie a späť,
- Číslovanie železničných vozidiel – S12 + poradové číslo v danom smere – Janíkov Dvor – Letisko a späť

Alternatíva 2b:

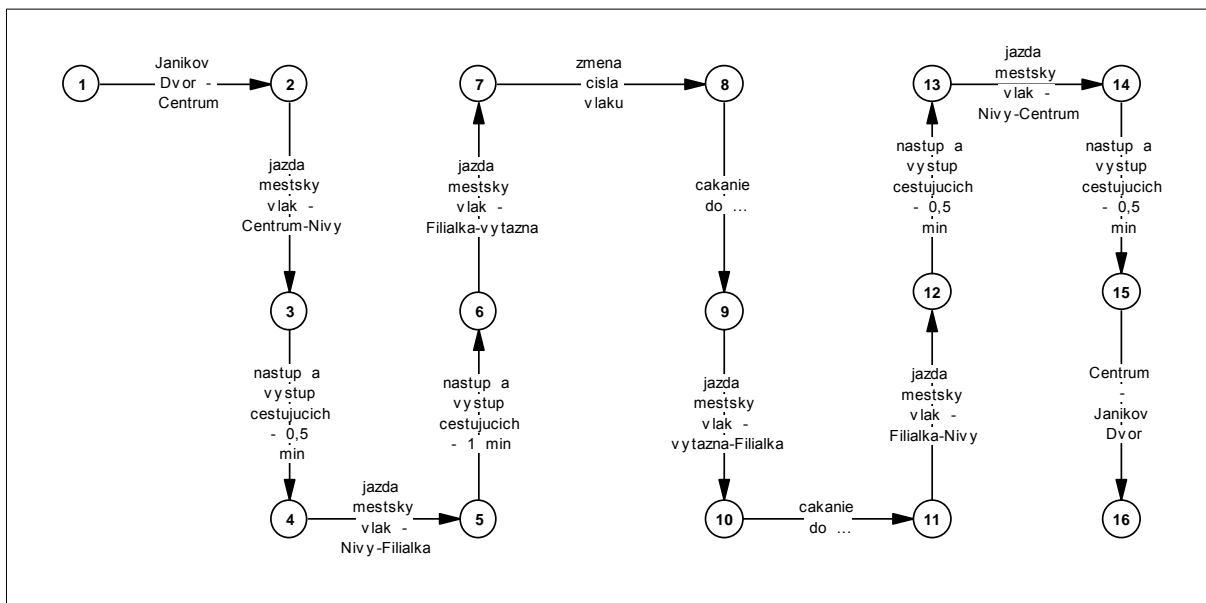
- Číslovanie IC,R, REX a ER vlakov – vychádza z navrhovaného GVD pre TEN-T koridor,
- Číslovanie železničných vozidiel – S1 + poradové číslo v danom smere – Janíkov Dvor – Filiálka a späť,
- Číslovanie železničných vozidiel – S11 + poradové číslo v danom smere – Janíkov Dvor – Bratislava predmestie a späť,
- Číslovanie železničných vozidiel – S12 + poradové číslo v danom smere – Janíkov Dvor – Letisko a späť,
- Číslovanie duálnych vozidiel – DV+ poradové číslo v danom smere – Janíkov Dvor – Štúrova a späť

Alternatíva 3:

- Číslovanie IC,R, REX a ER vlakov – vychádza z navrhovaného GVD pre TEN-T koridor,
- Číslovanie R a nákladných vlakov – vychádza z aktuálneho GVD pre trať Bratislava Petržalka – Rusovce,
- Číslovanie železničných vozidiel– S1 + poradové číslo v danom smere – Janíkov Dvor – Filiálka a späť,
- Číslovanie železničných vozidiel– S11 + poradové číslo v danom smere – Janíkov Dvor – Bratislava predmestie a späť,
- Číslovanie železničných vozidiel– S12 + poradové číslo v danom smere – Janíkov Dvor – Letisko a späť

3.5. Technológia obsluhy vozidiel

Pre každé vozidlo alebo skupinu vozidiel je zadefinovaná technológia obsluhy, aby bola pre simulačný model zrejماً postupnosť realizácie technologických procesov a možné paralelizmy. Technológia obsluhy vozidiel je zadaná formou sieťového grafu, pričom sa sieťový graf skladá z jednotlivých hrán a vrcholov. Hrany predstavujú jednotlivé technologické aktivity. V technologických grafoch prevládajú dva typy aktivít, a to jazdy vozidiel medzi dvomi miestami pravidelného zastavenia a nástup a výstup cestujúcich. V prípade obratu súprav je zakomponovaný aj čas na výmenu stanovišťa rušnovodiča a jednotlivé potrebné posuny z prevádzkových dôvodov. Zvyšné aktivity sú systémového významu..



Technologický graf obsluhy mestského vlaku (vozidla) v simulačnom modeli

Jednotlivé aktivity sú parametrizované v závislosti od toho aké technologické procesy predstavujú. Napríklad:

- Nástup/ výstup cestujúcich 0,5 Min
- Min. pobyt železničných vozidiel na Janíkovom Dvore 5 Min
- Min. pobyt električkových, resp. duálnych vozidiel na obočke Janíkov Dvor 4 Min

Pohybové aktivity obsahujú parametre, ktoré rámcovo definujú podmienky pre on-line výpočet dynamiky jazdy vozidiel počas simulačného behu rešpektujúc traťové pomery, vlastnosti vozidiel.

Prílohy k tvorbe modelu

Zoznam príloh

Infraštruktúra pre alternatívu 1

Infraštruktúra pre alternatívu 1 s ortofotomapou

Infraštruktúra pre alternatívu 2a

Infraštruktúra pre alternatívu 2a s ortofotomapou

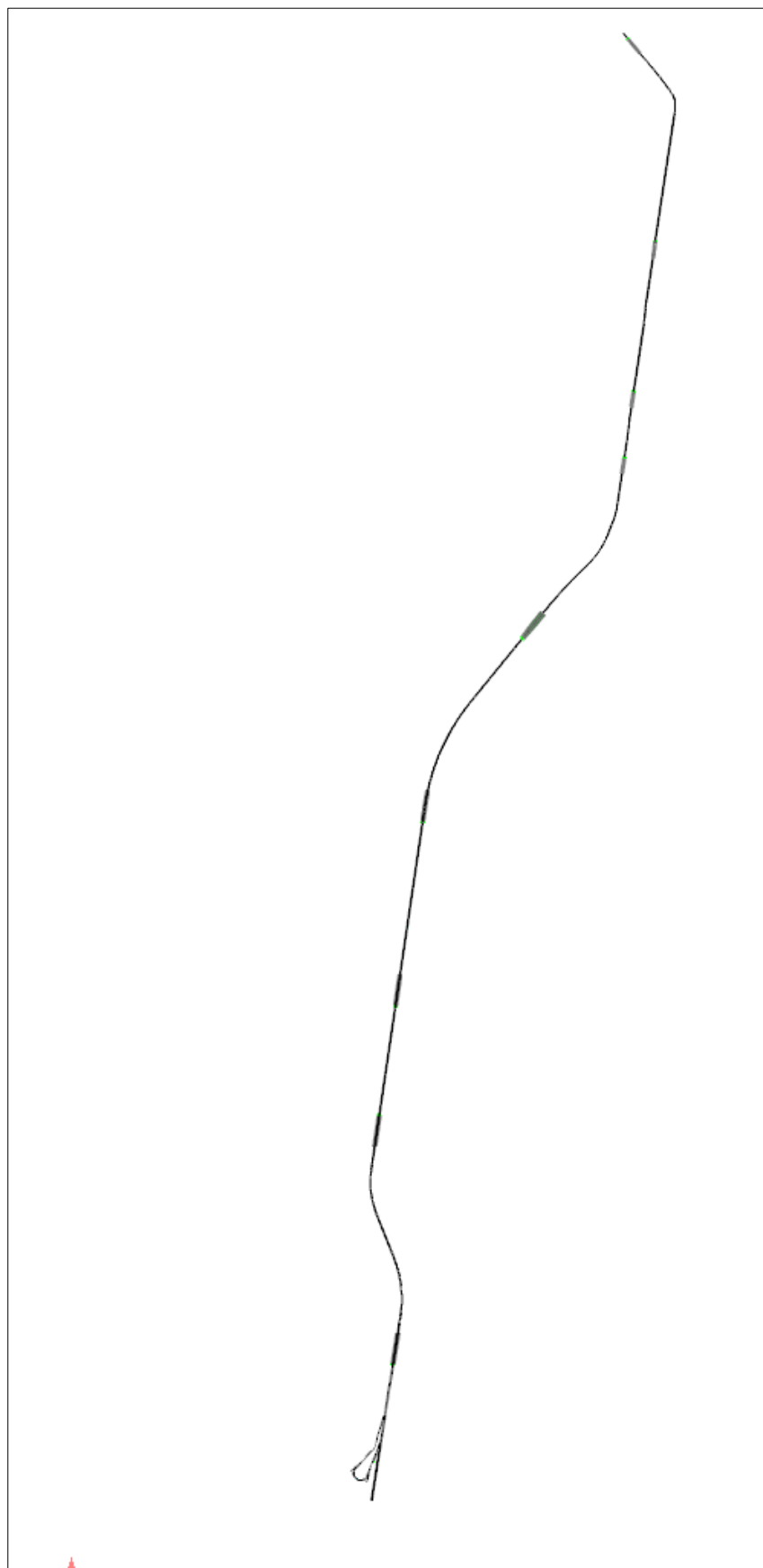
Infraštruktúra pre alternatívu 2b

Infraštruktúra pre alternatívu 2b s ortofotomapou

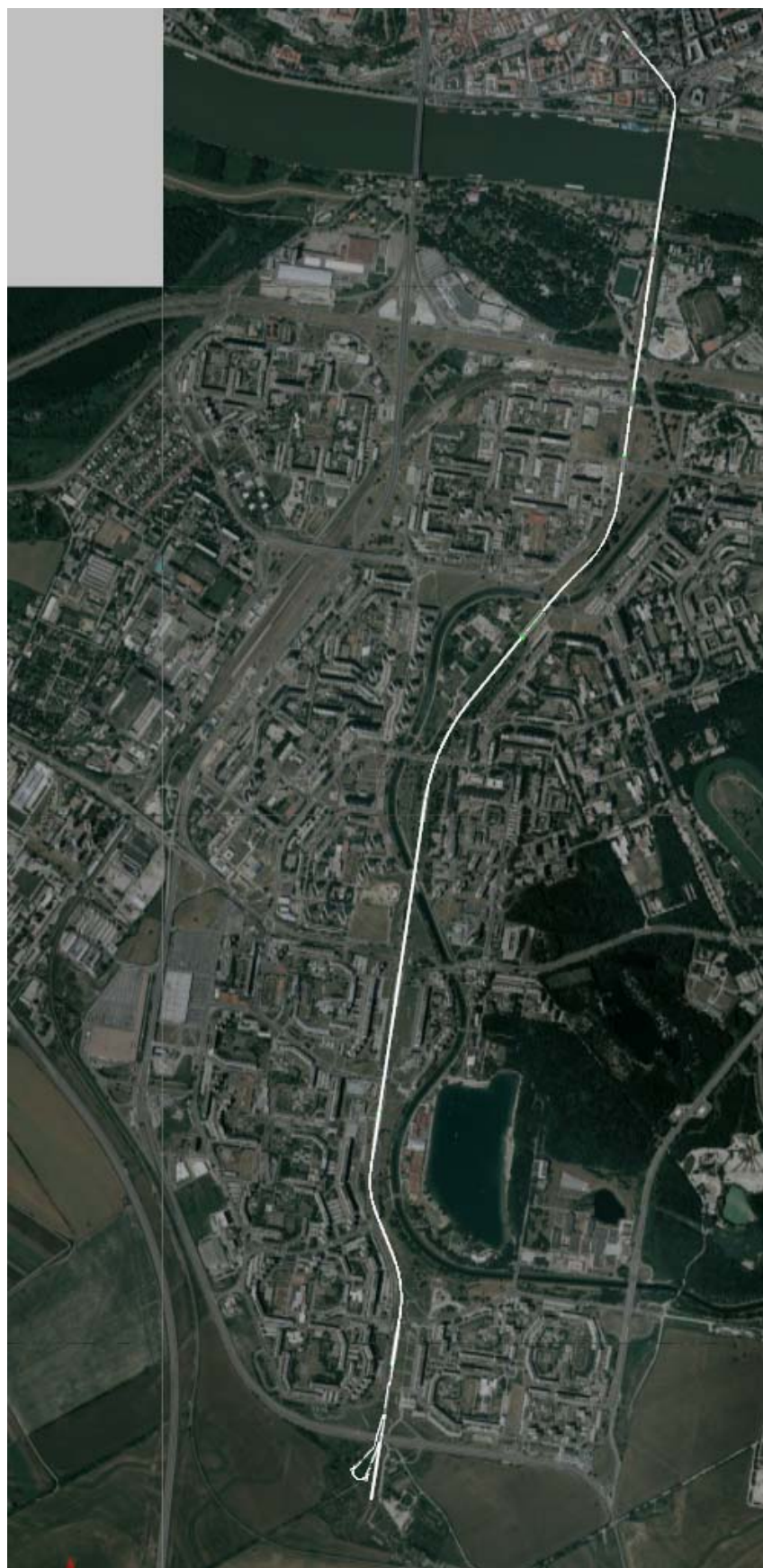
Infraštruktúra pre alternatívu 3

Infraštruktúra pre alternatívu 3 s ortofotomapou

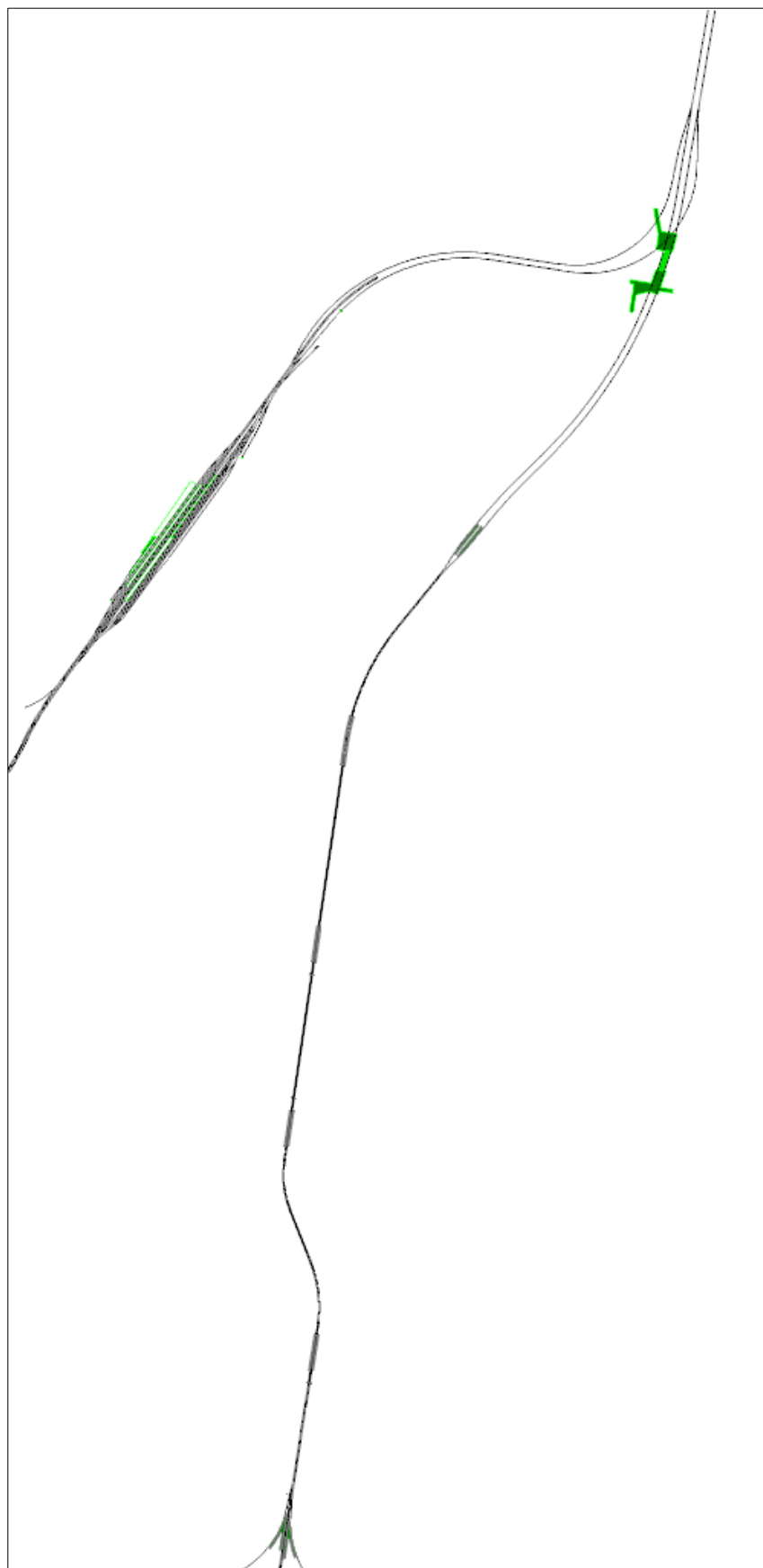
Koľajová schéma železničného uzla Bratislava po realizácii projektu TEN-T a trate MČ Petržalka



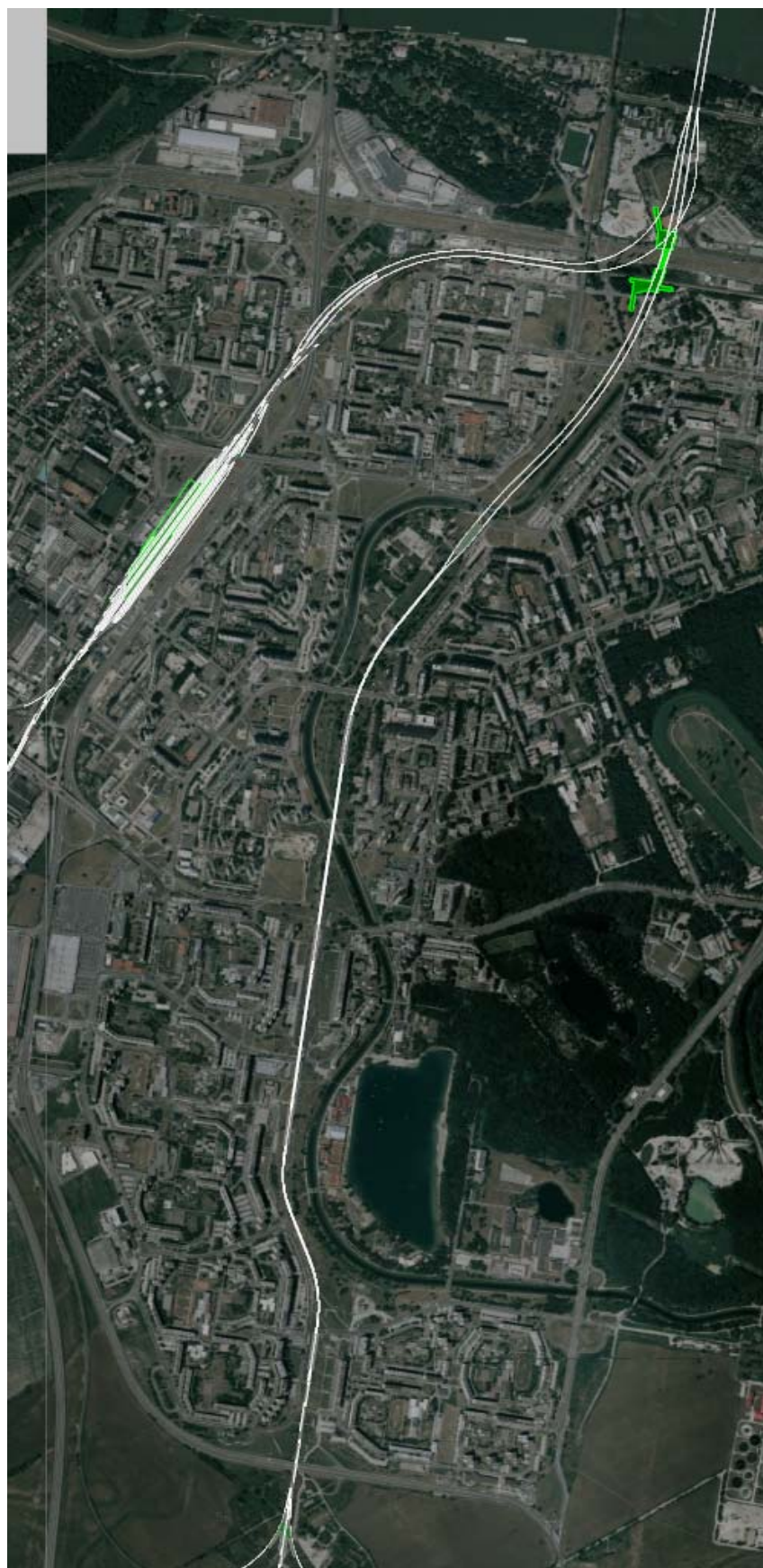
Infraštruktúra pre alternatívu 1



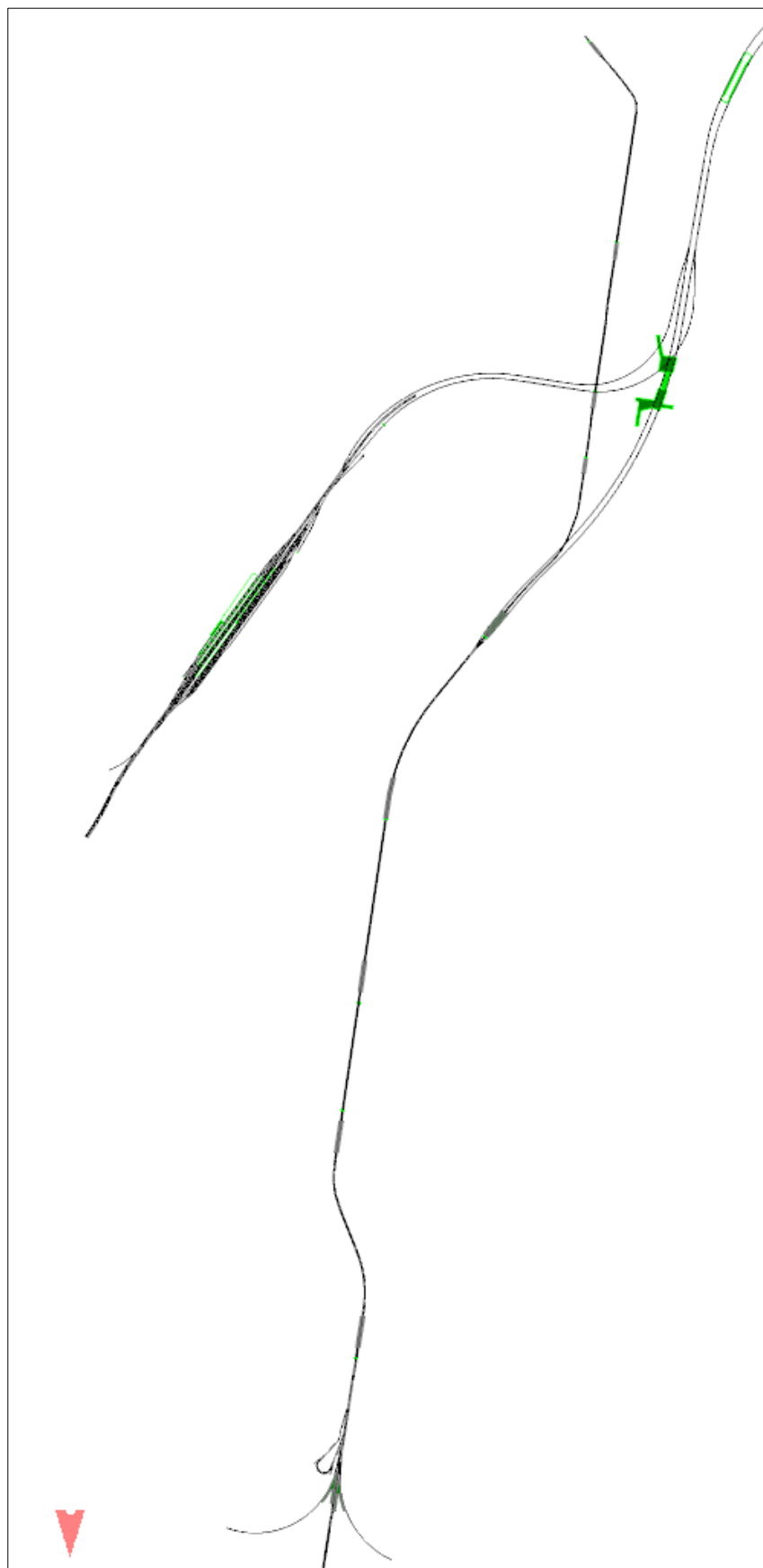
Infraštruktúra pre alternatívu 1 s ortofotomapou



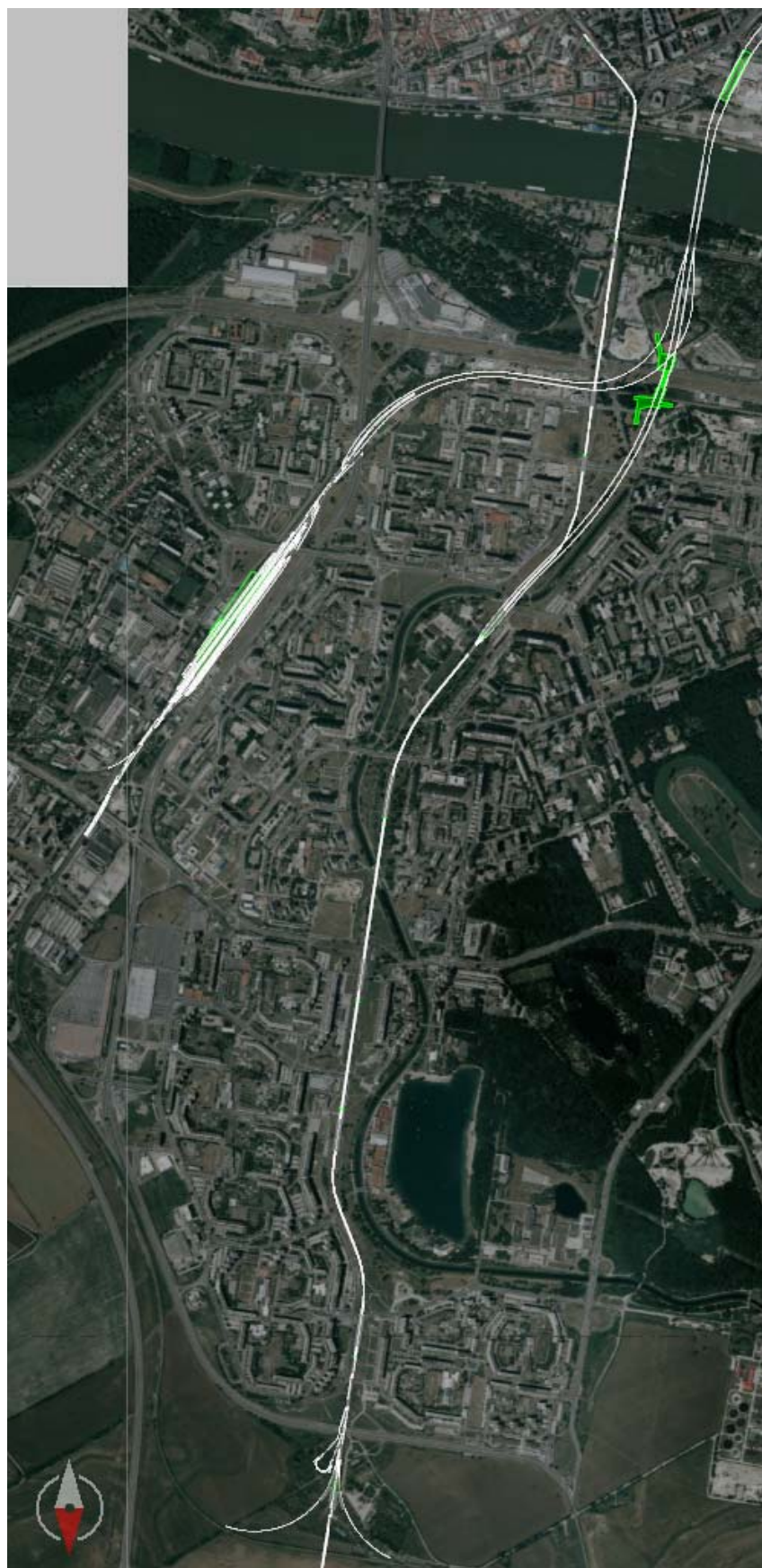
Infraštruktúra pre alternatívu 2a



Infraštruktúra pre alternatívu 2a s ortofotomapou



Infraštruktúra pre alternatívu 2b



Infraštruktúra pre alternatívu 2b s ortofotomapou

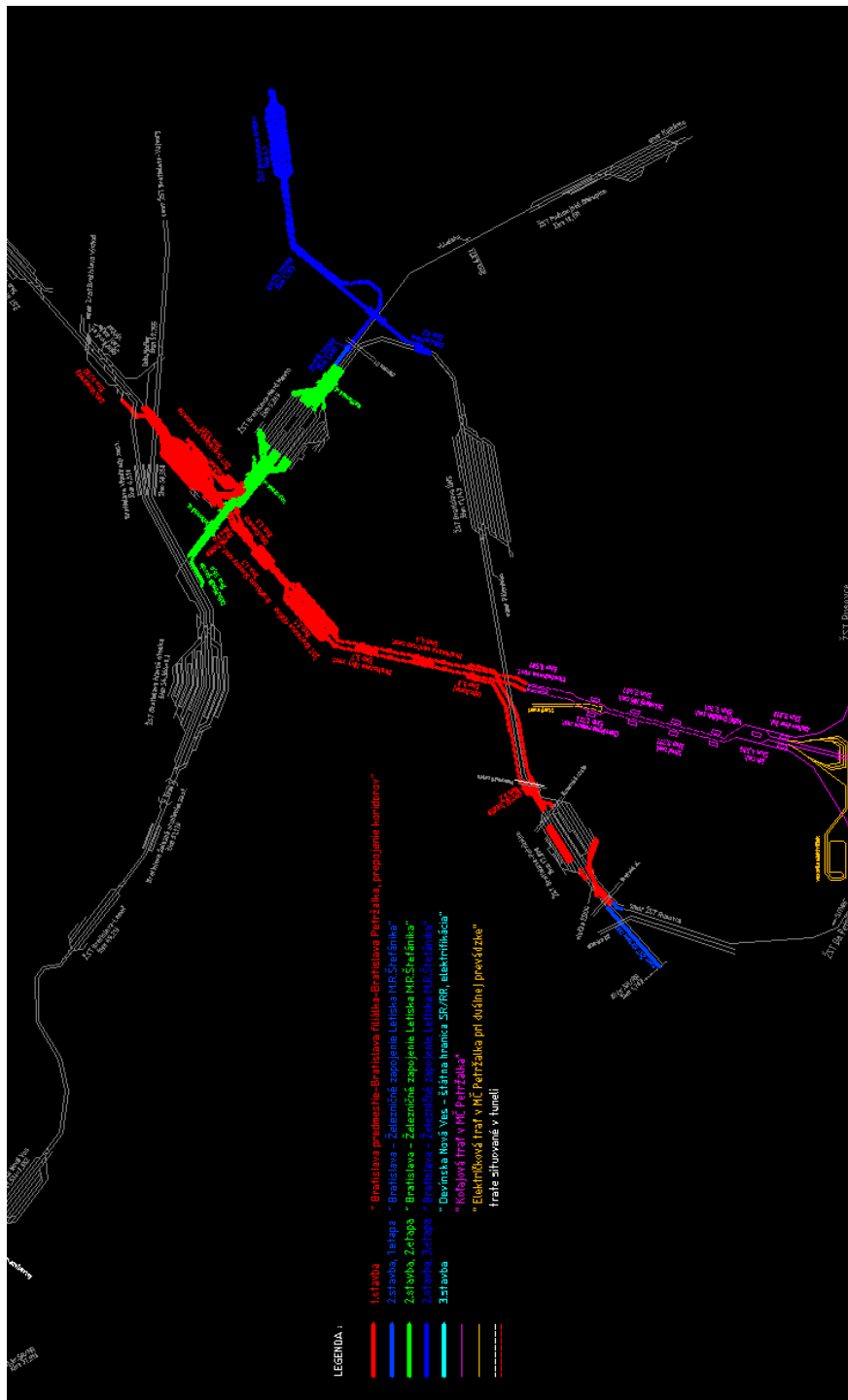
|



Infraštruktúra pre alternatívu 3



Infraštruktúra pre alternatívu 3 s ortofotomapou



Koľajová schéma železničného uzla Bratislava po realizácii projektu TEN-T a trate MČ Petržalka

Simulačné experimenty

Alternatíva 1
Prevádzka len električkových vozidiel

4.1. Prevádzka len električkových vozidiel

Cieľ

- preveriť dosiahnuteľnosť 2-minútového intervalu medzi spojmi na modelovanom úseku električkových vozidiel v 3-hodinovej dopravnej špičke
- zistiť maximálne možnú prepravnú kapacitu cestujúcich v 3-hodinovej dopravnej špičke

Vstupné údaje pre všetky scenáre

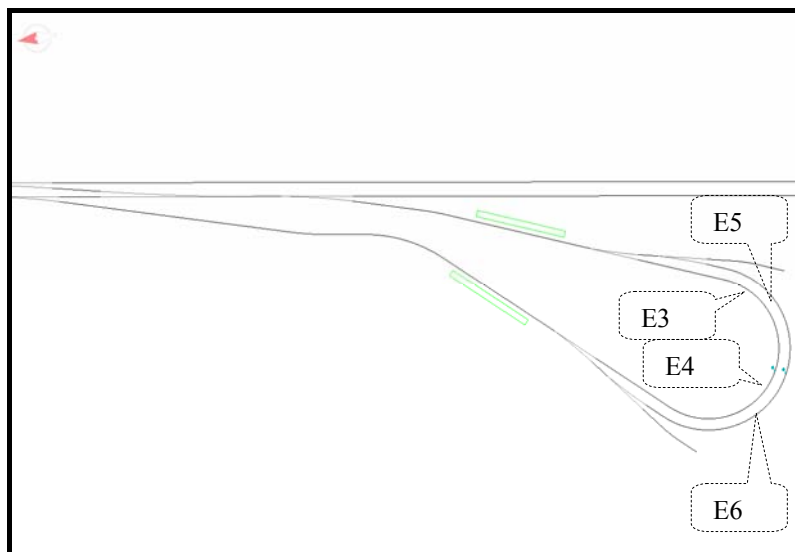
- podklady z kapitoly „Tvorba modelu“,
- električkové vozidlá sa v oboch smeroch riadia pravostrannou prevádzkou,
- tabuľka vybraných vstupných parametrov modelových električkových vozidiel,

Scenár Zloženie súpravy typ električk. vozidla	1 a 2	3		4		jednotka
	K2S*1 K2S	T3	T3*2 T3x2	T6*3 T6	T6x3	
kapacita súpravy	153	164	328	164	492	cest.
dĺžka cez spriahadlá	21,5	15,1	30,2	15,6	46,9	m
šírka	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	m
hmotnosť súpravy	23,87	18,1	36,2	18,7	56,1	t
max. hmotnosť cestujúcich (80 kg/osoba)	12,24	13,12	26,24	13,1	39,36	t
max. celková hmotnosť	36,11	31,22	62,44	31,8	95,46	t
maximálna rýchlosť	65	65	65	65	65	km/h
stredné brzdné spomalenie	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	m/s ²

K2S = Tatra - ČKD K2; T3 = Tatra - ČKD T3; T6 = Tatra - ČKD T6

- pri modelových električkových vozidlách boli použité príslušné trakčné charakteristiky, okrem vozidla T3, pri ktorom je použitá trakčná charakteristika vozidla K2S (neboli dostupné príslušné údaje),
- v úseku Štúrova – Bosákova a späť vozidlá jazdia na dohľad a v úseku Bosákova – Janíkov Dvor a späť jazdia podľa návestných znakov platných v podmienkach ŽSR s priestorovými oddielmi dlhými minimálne 700 m,
- návestné znaky sú umiestňované bezprostredne za nástupište v danom smere, resp. na dohľadnú vzdialenosť kvôli dodržaniu dĺžky priestorových oddielov 700 m,
- výhľadové prepravné prúdy pre alternatívu 1 v roku 2020 a pre profil „Starý most“ sú nasledovné: 23 021 cestujúcich v smere Janíkov Dvor – mesto a 12 853 cestujúcich v smere mesto – Janíkov Dvor (zdroj IR DATA),
- modelová 3-hodinová dopravná špička trvá od 5:30 – 8:30,
- minimálny pobyt električkových vozidiel na odstavných koľajach na „otočke“ v Janíkovom Dvore je 4 minúty,

Infraštruktúra koľajiska „otočky“ na Janíkovom Dvore obsahuje dve odstavné koľaje pre čakanie pred ďalšou jazdou smerom do mesta. Model bol navrhnutý tak, aby bolo možné na každej koľaji odstaviť dve súpravy električkových vozidiel (vznikli 4 logické úseky označené ako E3, E4, E5 a E6). Z kapacitného hľadiska je samozrejme možné odstaviť na otočke i viac súprav električkových vozidiel (závisí od dĺžky).



Zobrazenie koľajiska „otočky“ na Janíkovom Dvore s označením odst. Koľají (alternatívne koľajisko použité pre simuláciu)

Prvou úlohou simulácie bolo overiť 2-minútový interval medzi spojmi električkových vozidiel. Ako alternatívne riešenie 2-minútového intervalu sa neskôr odporučil 3-minútový interval. Následne vznikla požiadavka overiť možnosti rôznych prevedení súprav električkových vozidiel vzhľadom na ich trakčnú charakteristiku a možnú prepravnú kapacitu. Z uvedených dôvodov boli v rámci alternatívy 1 odsimulované nasledujúce 4 scenáre:

- scenár 1 – 2 min. interval s modelovým vozidlom K2S,
- scenár 2 – 3 min. interval s modelovým vozidlom K2S,
- scenár 3 – 3 min. interval s dvomi spojenými modelovými vozidlami T3,
- scenár 4 – 3 min. interval s tromi spojenými modelovými vozidlami T6.

Vyhodnotenie

scenár 1 – 2-min. interval s modelovým vozidlom K2S

Z priebehu simulácie a jej vyhodnotenia vyplýva, že prevádzka súprav električkových vozidiel s 2-minútovým intervalom medzi spojmi na modelovanom úseku počas 3-hodinovej dopravnej špičky je kritická, resp. nereálna. Dôvodom je príliš vysoké obsadenie priestorových oddielov. Obsadenie začína postavením cesty z miesta zastavenia (odchod zo zastávky) do nasledujúceho priestorového oddielu a končí uvoľnením priestorového oddielu jazdou električkového vozidla.

Priestorový oddiel	Vyt'aženie (%)
Bosákova – Chorvátske Rameno	100,00
Chorvátske Rameno – Zrkadlový Háj	91,76
Zrkadlový Háj - Stred	84,34
Stred – Veľký Draždiak	83,67
Veľký Draždiak - Juh	92,67
Juh – Veľký Draždiak	94,72
Veľký Draždiak - Stred	97,80
Stred – Zrkadlový Háj	100,00
Zrkadlový Háj – Chorvátske Rameno	100,00
Chorvátske Rameno - Bosákova	100,00

Vyt'aženie priestorových oddielov v 3-hodinovej dopravnej špičke v scenári 1

Z uvedenej tabuľky vyplýva, že 4 priestorové oddiely sú dokonca vyt'ažené na 100 %, čo v reálnej prevádzke nie je možné. Takéto vyt'aženie znamená, že každé električkové vozidlo čaká nejaký čas na uvoľnenie nasledujúceho priestorového oddielu aj keď je už pripravená na odchod zo zastávky. **Maximálne vyt'aženie týchto priestorových oddielov je spôsobené krátkym 2-minútovým intervalom medzi spojmi vzhľadom na dĺžku priestorových oddielov na úseku Bosákova – Janíkov Dvor.** Ostatné priestorové oddiely vykazujú vysoké obsadenie. **Z tohto dôvodu sa ďalej nevyhodnocovali možné prepravné kapacity.** Ako alternatívne riešenie je navrhnutý 3-minútový interval medzi spojmi električkových vozidiel.

Vyhodnotenie

scenár 2 – 3-min. interval s modelovým vozidlom K2S

Z vyhodnotenia scenára 2 je zrejmé, že prevádzka električkových vozidiel pri 3-minútovom intervale medzi spojmi na modelovanom úseku je realizovateľná. Animácia priebehu prevádzky a ani ostatné faktory (ako napr. koľaje na „otočke“, výhybky, atď.) nevykazujú problémy/konflikty, ktoré by mohli narušiť plynulosť prevádzky. Vysoké obsadenie priestorových oddielov v predchádzajúcom scenári, ktoré bolo nevyhovujúce, sa v scenári 2 odstránilo zmenou intervalu medzi spojmi z 2 na 3 minúty.

Priestorový oddiel	Vyťaženie (%)
Bosákova – Chorvátske Rameno	67,78
Chorvátske Rameno – Zrkadlový Háj	62,22
Zrkadlový Háj - Stred	57,23
Stred – Veľký Draždiak	56,66
Veľký Draždiak - Juh	62,78
Juh – Veľký Draždiak	60,56
Veľký Draždiak - Stred	58,61
Stred – Zrkadlový Háj	65,00
Zrkadlový Háj – Chorvátske Rameno	62,78
Chorvátske Rameno - Bosákova	68,05

Vyťaženie priestorových oddielov v 3-hodinovej dopravnej špičke v scenári 2

Z uvedeného vyhodnotenia vyplýva, že obsadenie priestorových oddielov sa pohybuje v prípustných hodnotách (0,5-0,67) okrem úsekov Bosákova – Chorvátske Rameno a späť. Interval prípustných hodnôt je prekročený minimálne. Príčiny sú:

- v priestorovom oddieli Bosákova – Chorvátske Rameno dĺžka oddielu (853 m),
- v priestorovom oddieli Chorvátske Rameno – Bosákova sklonové pomery (stúpanie 52 ‰),
- celková hmotnosť vozidla,
- trakčná charakteristika vozidla K2S.

Aj napriek týmto príčinám plynulosť prevádzky nie je narušená.

Pri intervale 3 min. je možné dosiahnuť 60 spojov v oboch smeroch. Z dôvodu, že nebolo známe rozdelenie prúdov cestujúcich v čase, v jednotlivých smeroch a na jednotlivých zastávkach pre túto alternatívu prevádzky, možná prepravná kapacita pri modelovanej prevádzke je vypočítaná len na základe vzorca (z rovnakých dôvodov je daný výpočet uplatnený i v scenári 3 a 4):

$$K_{\text{§ 3-hod.}} = N_{\text{§ 3-hod.}} \cdot k \text{ [cestujúci]}$$

$K_{\text{§ 3-hod.}}$ – maximálne možná dosiahnuteľná kapacita počas špičkovej 3-hodiny

$N_{\text{§ 3-hod.}}$ – počet spojov počas špičkovej 3-hodiny

k – kapacity súpravy

Pre smer Janíkov Dvor – mesto:

$K_{\text{§ 3-hod.}} = 60 \cdot 153 = 9\,180$ cestujúcich => **nepostačujúca** kapacita vzhľadom na výhľadový prepravný prúd v danom smere (požiadavka = 23 021)

Pre smer mesto – Janíkov Dvor:

$K_{\xi \text{ 3-hod.}} = 60 \cdot 153 = 9\,180$ cestujúcich => **nepostačujúca** kapacita vzhľadom na výhľadový prepravný prúd v danom smere (požiadavka = 12 853)

Vyhodnotenie

scenár 3 – 3-min. interval s dvomi spojenými modelovými vozidlami T3

V scenári 3 je vykonaná iba jediná zmena oproti scenáru 2. Namiesto jedného vozidla K2S v modeli jazdia dve spojené vozidlá T3. Napriek tomu, že pri vozidle T3 máme použitú trakčnú charakteristiku vozidla K2S, tak vyťaženie priestorových oddielov oproti scenáru 2 je iné (pohybuje sa v intervale prípustných hodnôt 0,5 – 0,67). Príčinou tohto javu je to, že každé vozidlo súpravy (T3*2) je zároveň hnacie vozidlo. **Pri súprave K2S (21,5 m) zo 6 osí sú 4 hnané. V prípade zdvojenej súpravy T3*2 (30,2 m) je hnaná každá os, t. j. 8 osí. Z pohľadu výkonu to spôsobilo kratšie jazdné doby medzi zastávkami.**

Priestorový oddiel	Vyťaženie (%)
Bosákova – Chorvátske Rameno	66,11
Chorvátske Rameno – Zrkadlový Háj	58,61
Zrkadlový Háj - Stred	54,45
Stred – Veľký Draždiak	54,44
Veľký Draždiak - Juh	59,44
Juh – Veľký Draždiak	57,78
Veľký Draždiak - Stred	56,11
Stred – Zrkadlový Háj	61,95
Zrkadlový Háj – Chorvátske Rameno	61,11
Chorvátske Rameno - Bosákova	65,84

Vyťaženie priestorových oddielov v 3-hodinovej dopravnej špičke v scenári 3

V scenári 3 je počas špičkovej 3-hodiny takisto reálnych 60 spojov v oboch smeroch.

Z pohľadu prepravnej kapacity je možné v tejto alternatíve prepraviť v smere Janíkov Dvor – mesto:

$K_{s\ 3-hod.} = 60 \cdot 328 = 19\ 680$ cestujúcich => **nepostačujúca** kapacita vzhľadom na výhľadový prepravný prúd v danom smere (požiadavka = 23 021)

V smere mesto – Janíkov Dvor:

$K_{s\ 3-hod.} = 60 \cdot 328 = 19\ 680$ cestujúcich => **postačujúca** kapacita vzhľadom na výhľadový prepravný prúd v danom smere (požiadavka = 12 853)

Vyhodnotenie

scenár 4 – 3-min. interval s tromi spojenými modelovými vozidlami T6

V scenári 4 v rámci jedného spoja jazdia tri spojené vozidlá T6. Vyššie vyťaženie priestorových oddielov oproti scenáru 3 je spôsobené celkovou dĺžkou súpravy (46,9 m). Na druhej strane vozidlá T6 disponujú lepšou trakčnou charakteristikou, čo spôsobilo len minimálne rozdiely v jazdných časoch oproti predchádzajúcim scenárom.

Priestorový oddiel	Vyťaženie (%)
Bosákova – Chorvátske Rameno	66,11
Chorvátske Rameno – Zrkadlový Háj	58,61
Zrkadlový Háj - Stred	54,17
Stred – Veľký Draždiak	54,44
Veľký Draždiak - Juh	59,72
Juh – Veľký Draždiak	56,06
Veľký Draždiak - Stred	56,11
Stred – Zrkadlový Háj	62,23
Zrkadlový Háj – Chorvátske Rameno	61,66
Chorvátske Rameno - Bosákova	66,39

Vyťaženie priestorových oddielov v 3-hodinovej dopravnej špičke v scenári 4

Aj v scenári 4 je možné počas špičkovej 3-hodiny realizovať 60 spojov v oboch smeroch.

Nasadené súpravy 3xT6 môžu prepraviť v smere Janíkov Dvor – mesto:

$K_{s\ 3-hod.} = 60 \cdot 492 = 29\ 520$ cestujúcich => **postačujúca** kapacita vzhľadom na výhľadový prepravný prúd v danom smere (požiadavka = 23 021)

V smere mesto – Janíkov Dvor:

$K_{s\ 3-hod.} = 60 \cdot 492 = 29\ 520$ cestujúcich => **postačujúca** kapacita vzhľadom na výhľadový prepravný prúd v danom smere (požiadavka = 12 853)

Celkové vyhodnotenie alternatívy 1

Ciele Scenáre	Prevádzka je reálna		Splnená výhľadová prepravná požiadavka vzhľadom na výhľadové prepravné prúdy v smere Janíkov Dvor - mesto		Splnená výhľadová prepravná požiadavka vzhľadom na výhľadové prepravné prúdy v smere mesto – Janíkov Dvor	
	áno	nie	áno	nie	áno	nie
Scenár 1 (2-min. interval, K2S)		x	-	-	-	-
Scenár 2 (3-min. interval, K2S)	x			x		x
Scenár 3 (3-min. interval, T3*2)	x			x	x	
Scenár 4 (3-min. interval, T6*2)	x		x		x	

Zhrnutie výsledkov alternatívy 1

Pri posudzovaní 2-minutového intervalu medzi spojmi z využitia priestorových oddielov vyplýva, že prevádzka s takýmito parametrami nie je realizovateľná. Ostatné scenáre sú vzhľadom na kapacitu infraštruktúry reálne. Grafické znázornenie obsadenia traťových úsekov sa nachádza v prílohe.

Obmedzujúcim prvkom sa však stáva požiadavka na prepravné kapacity pre cestujúcich. Maximálne možná dosiahnuteľná prepravná kapacita splňa výhľadové prepravné prúdy v oboch smeroch len v scenári 4. K tomu, aby sa tento scenár mohol zrealizovať, je potrebné preveriť aký vplyv by mala celková dĺžka súpravy (3xT6) na prevádzku v meste (46,9 m).

Z vyhodnotenia dynamiky jazdy električkových vozidiel vyplýva, že vozidlá dosiahli svoju maximálnu konštrukčnú rýchlosť 65 km/h na úseku Chorvátske Rameno – Janíkov Dvor iba medzi niektorými zastávkami (napr. Juh – Veľký Draždiak). Je to dané krátkou vzdialenosťou medzi zastávkami.

Nakoľko prevádzka len čisto električkových vozidiel sa považuje za dočasné riešenie, stojí za úvahu v prípade realizácie duálnej prevádzky počítať s nákupom takých duálnych vozidiel (pre alternatívu 2b), ktoré by sa dali využiť aj pre dočasnú prevádzku alternatívy 1. Kapacitne by vozidlá mali poskytovať priestor pre 385 cestujúcich (jedna dlhá súprava, alebo zdvojená súprava), dovoliť jazdu rýchlosťou 70 km/ (prípadne i viac v závislosti od traťových parametrov úseku Chorvátske Rameno – Janíkov Dvor) a disponovať jazdnými vlastnosťami minimálne na úrovni súpravy električkového vozidla T6.

Prílohy k alternatíve 1

Zoznam príloh

Obsadenie traťového úseku Štúrova – Juh (scenár 1)

Obsadenie traťového úseku Štúrova – Juh (scenár 2)

Obsadenie traťového úseku Štúrova – Juh (scenár 3)

Obsadenie traťového úseku Štúrova – Juh (scenár 4)

Obsadenie traťového úseku Juh - Štúrova (scenár 1)

Obsadenie traťového úseku Juh - Štúrova (scenár 2)

Obsadenie traťového úseku Juh - Štúrova (scenár 3)

Obsadenie traťového úseku Juh - Štúrova (scenár 4)

Obsadenie odstavných koľají na otočke električkových vozidiel na Janíkovom Dvore (scenár 1)

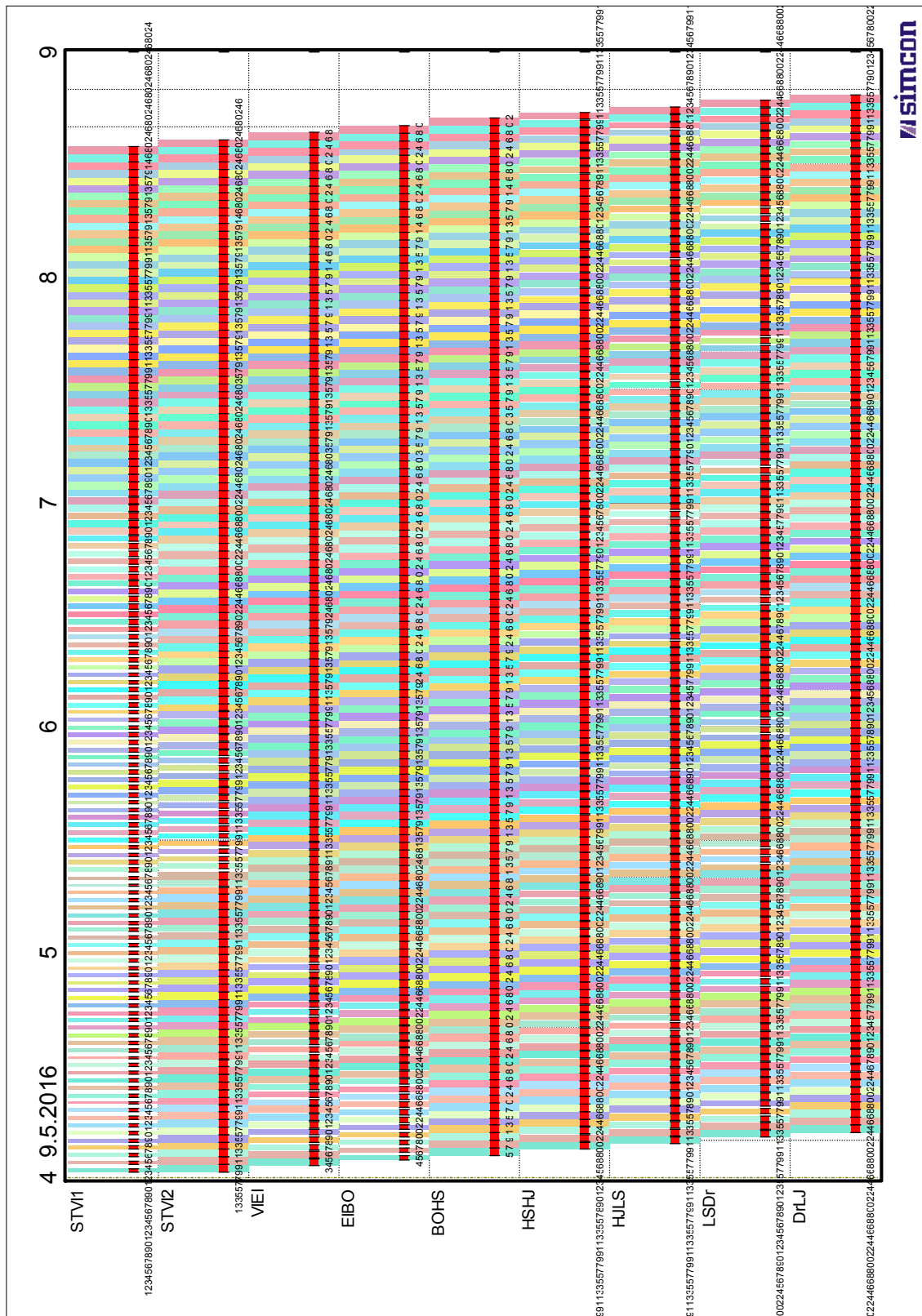
Obsadenie odstavných koľají na otočke električkových vozidiel na Janíkovom Dvore (scenár 2)

Obsadenie odstavných koľají na otočke električkových vozidiel na Janíkovom Dvore (scenár 3)

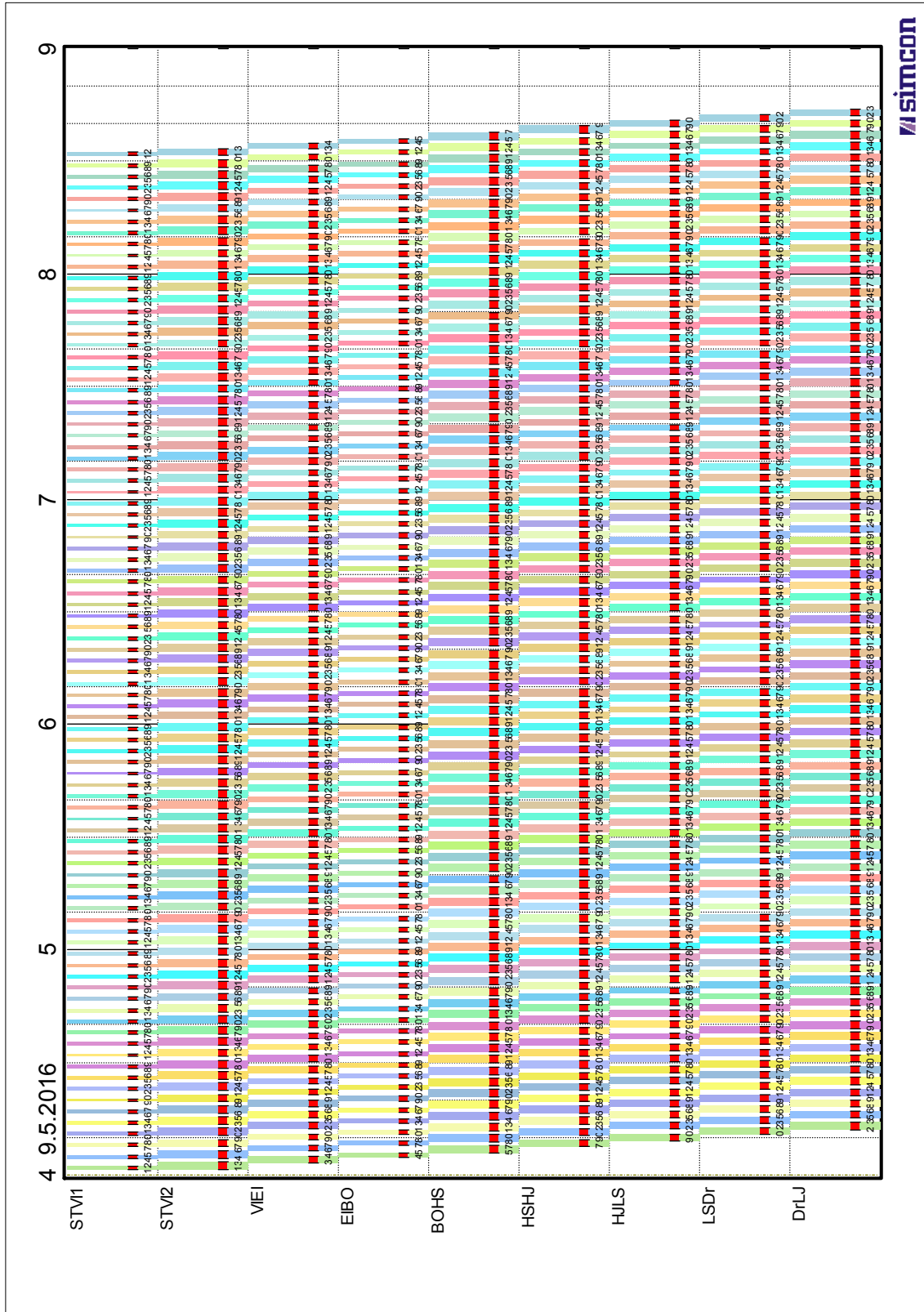
Obsadenie odstavných koľají na otočke električkových vozidiel na Janíkovom Dvore (scenár 4)

Označenie úsekov infraštruktúry v prílohách

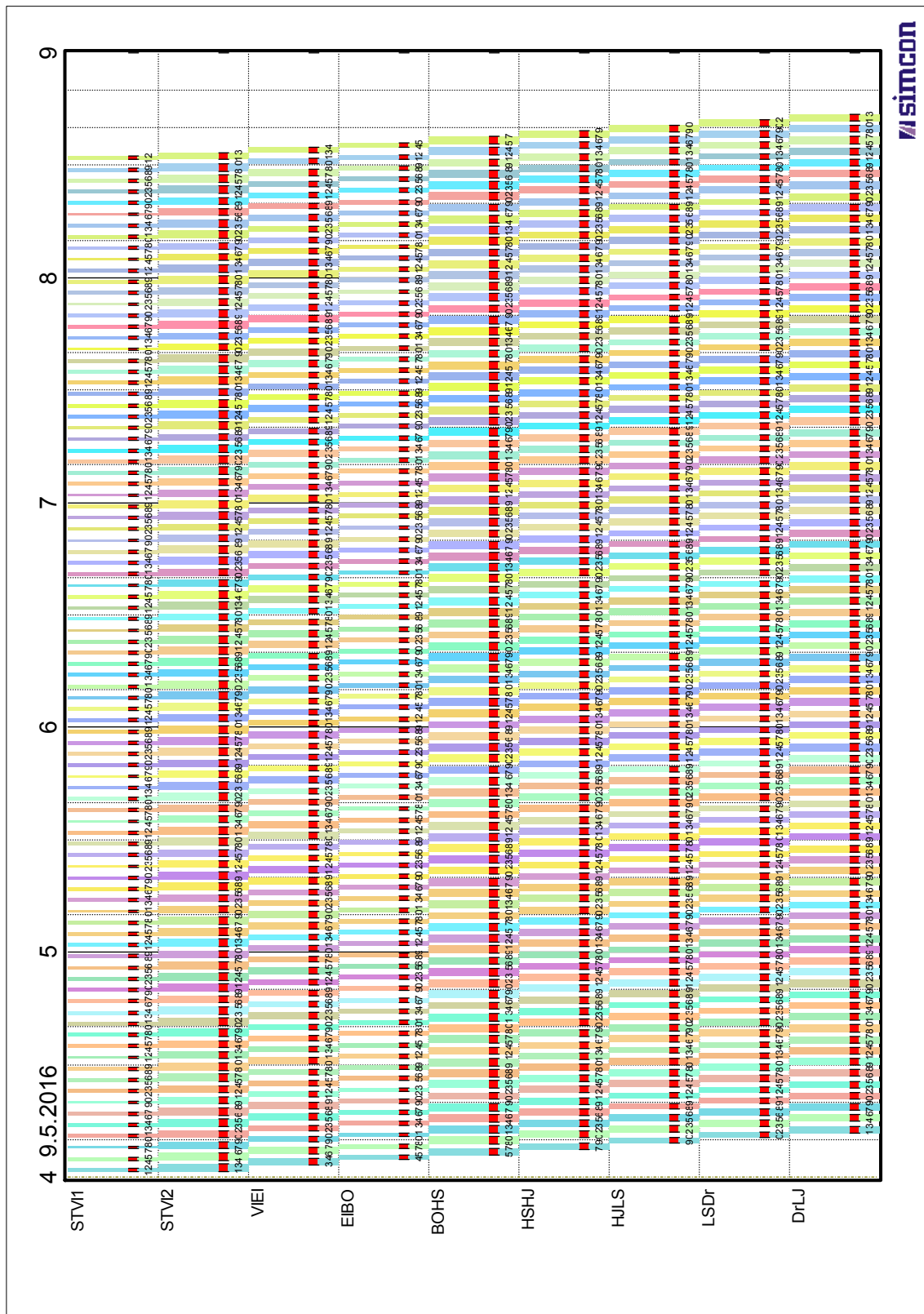
STVI1	- Štúrová – Viedenská (úsek 1)
STVI2	- Štúrová – Viedenská (úsek 2)
VIEI	- Viedenská – Einsteinova
EIBO	- Einsteinova – Bosákova
BOHS	- Bosákova – Chorvátske Rameno
HSHJ	- Chorvátske Rameno – Zrkadlový Háj
HJLS	- Zrkadlový Háj - Stred
LSDr	- Stred – Veľký Draždiak
DrLJ	- Veľký Draždiak – Juh
LJDr	- Juh – Veľký Draždiak
DrLS	- Veľký Draždiak - Stred
LSHJ	- Stred – Zrkadlový Háj
HJHS	- Zrkadlový Háj – Chorvátske Rameno
HSBO	- Chorvátske Rameno - Bosákova
BOEI	- Bosákova - Einsteinova
EIVI	- Einsteinova - Viedenská
VIST1	- Viedenská – Štúrova (úsek 1)
VIST2	- Viedenská – Štúrova (úsek 2)



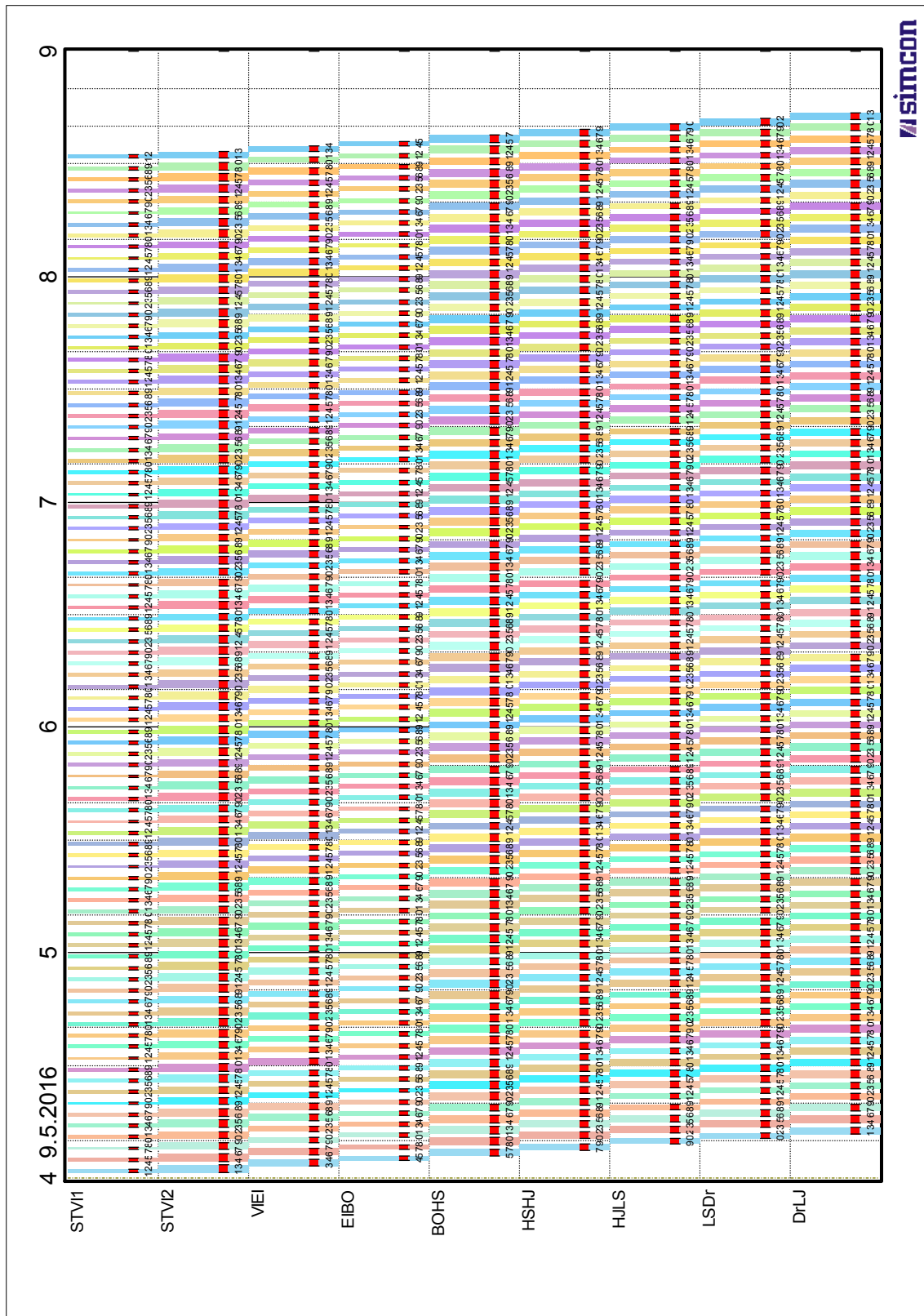
Obsadenie traťového úseku Štúrova – Juh (scenár 1)



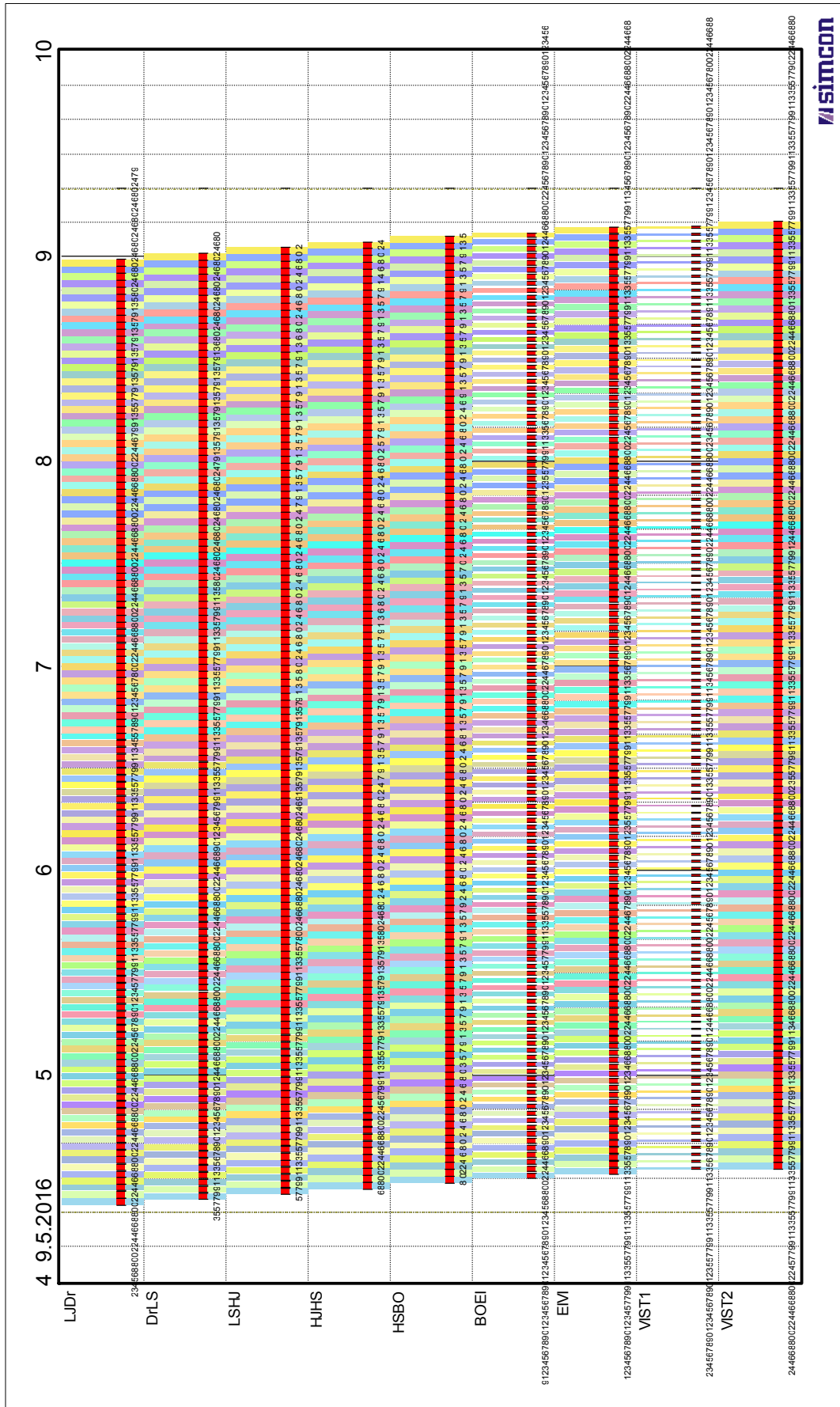
Obsadenie traťového úseku Štúrova – Juh (scenár 2)



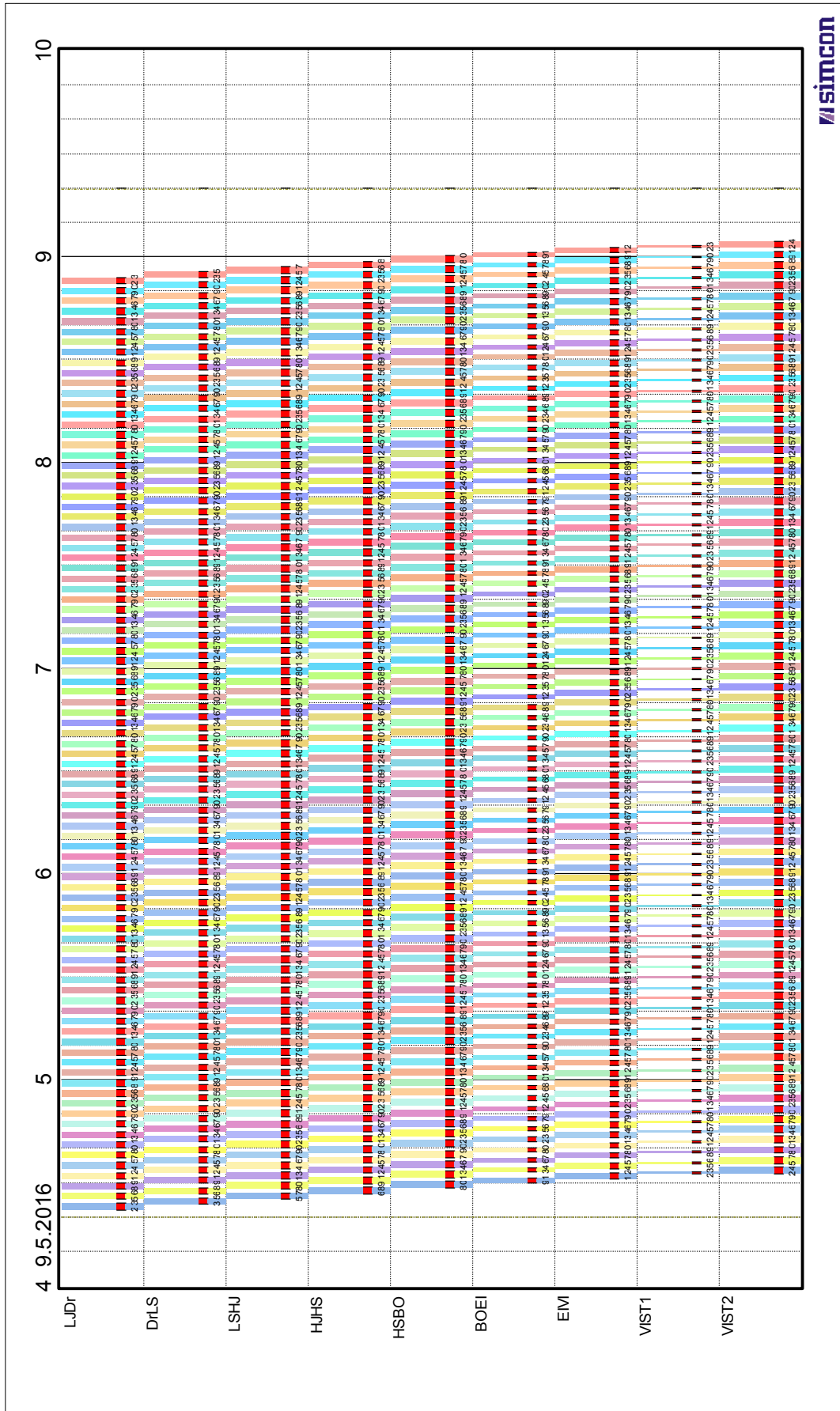
Obsadenie traťového úseku Štúrova – Juh (scenár 3)



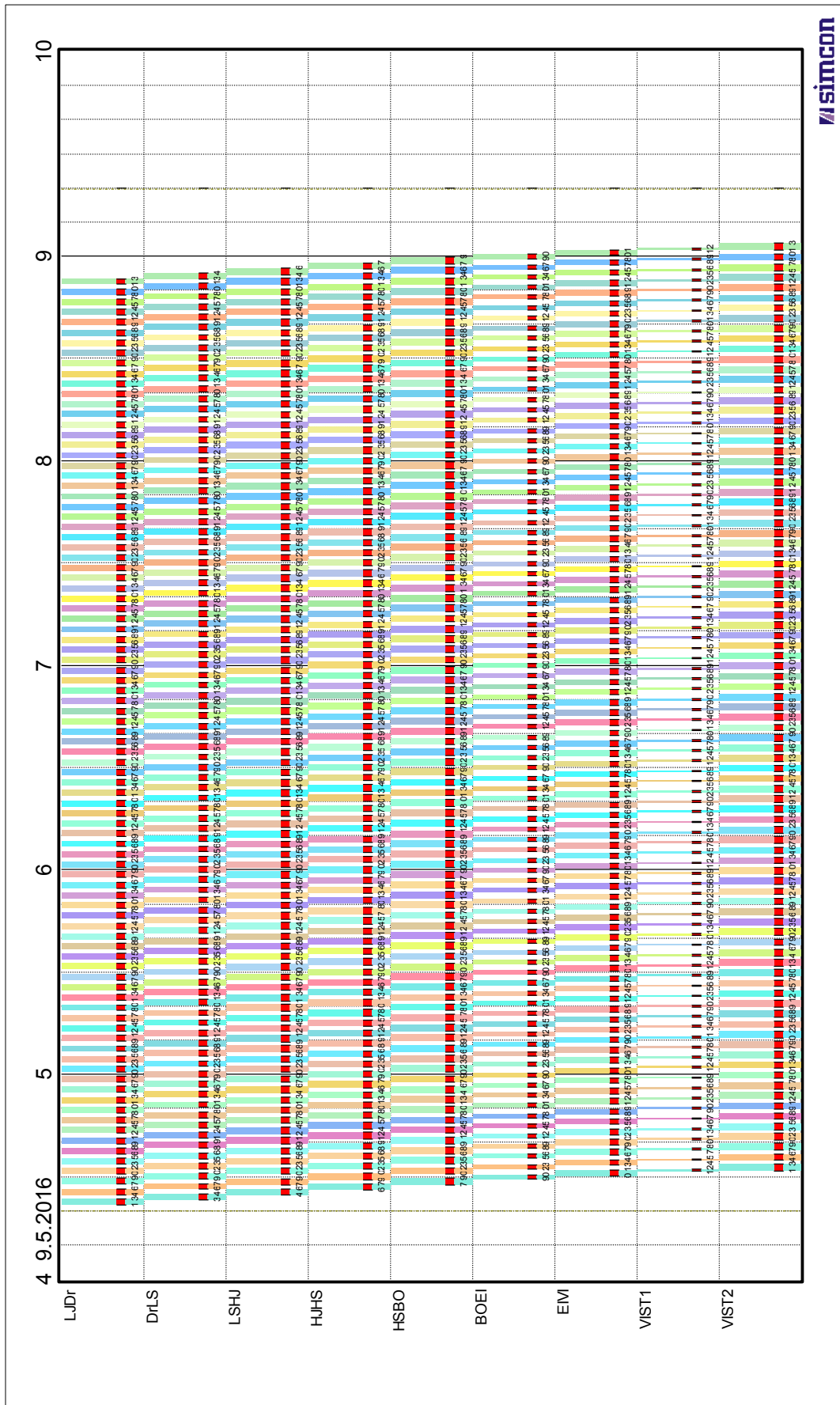
Obsadenie traťového úseku Štúrova – Juh (scenár 4)



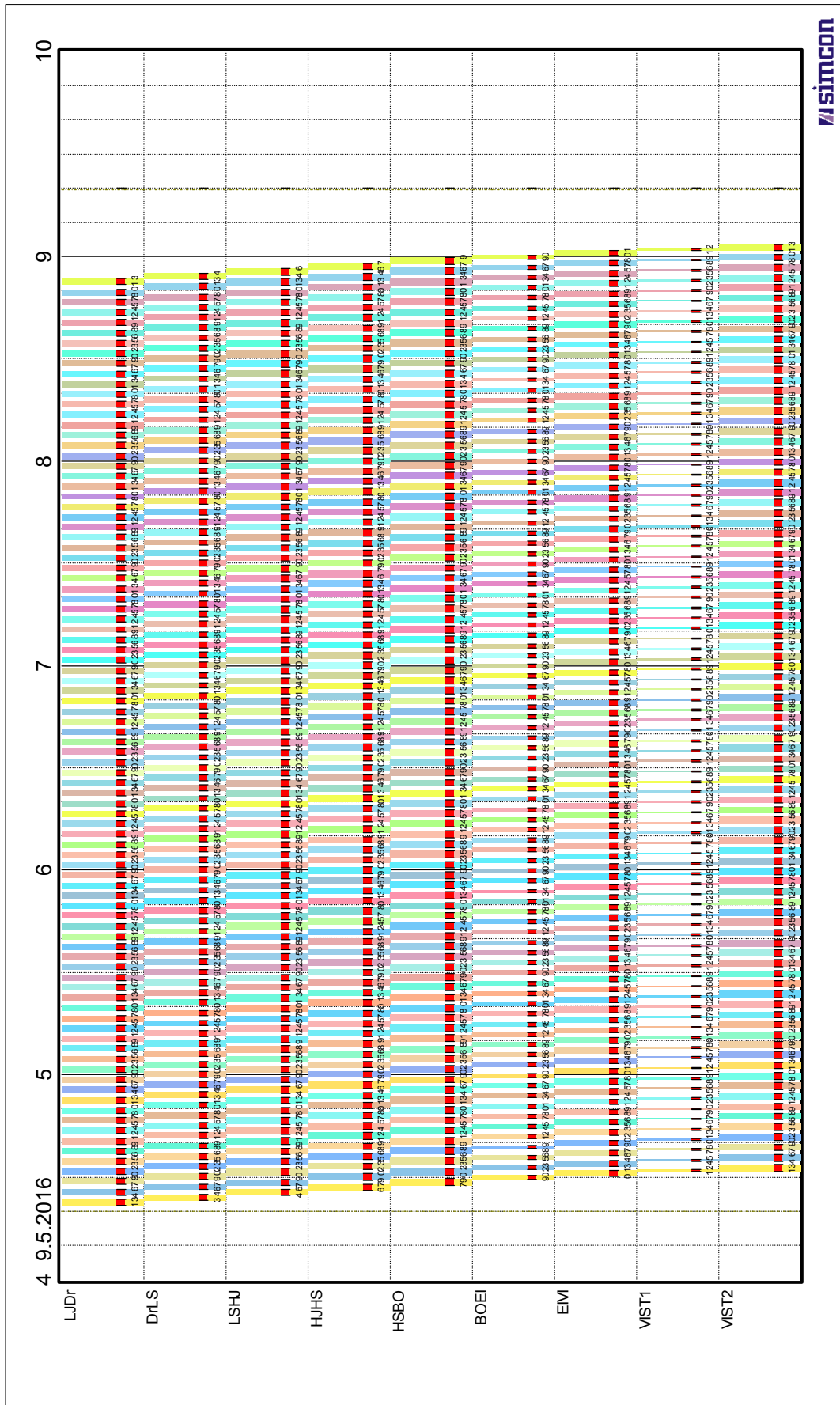
Obsadenie traťového úseku Juh - Štúrova (scenár I)



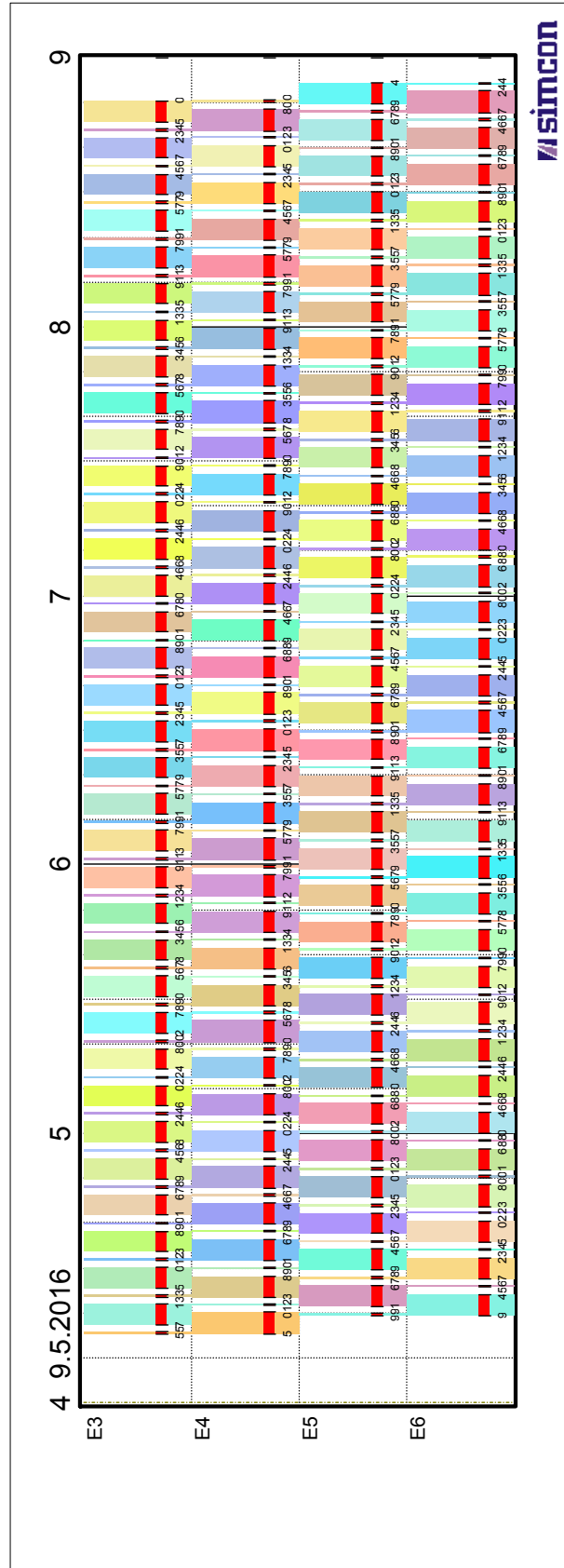
Obsadenie traťového úseku Juh - Štúrova (scenár 2)



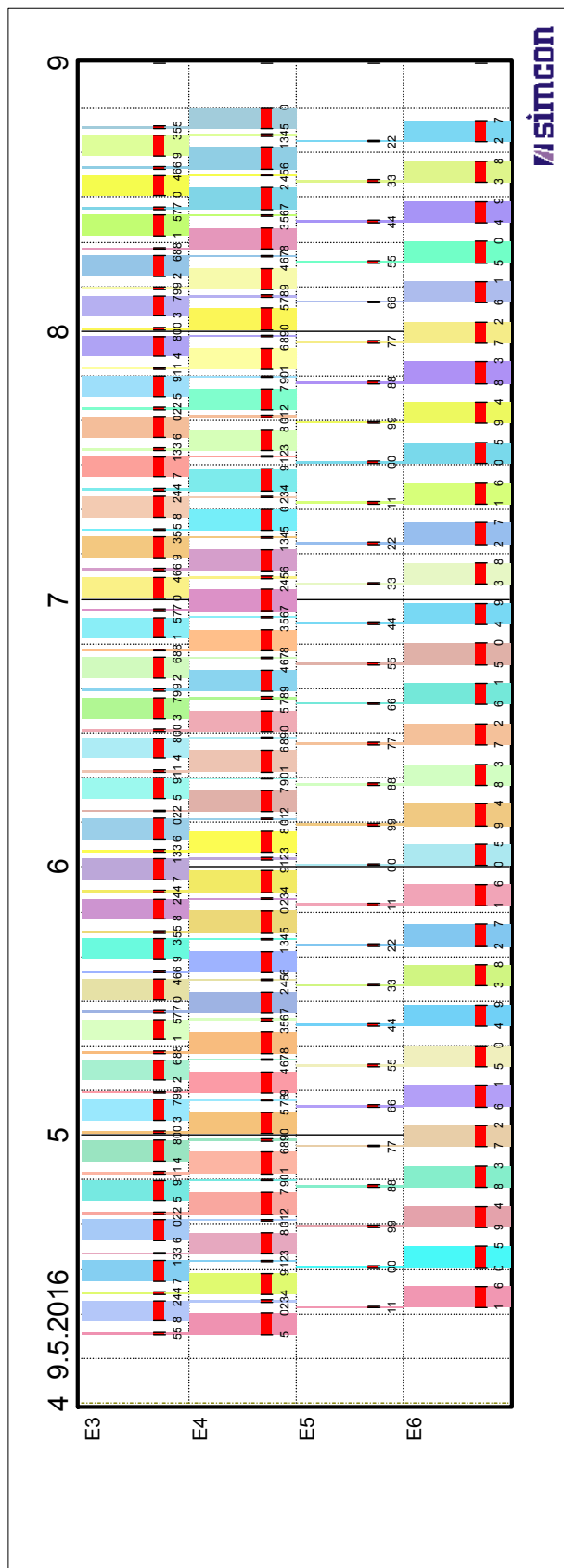
Obsadenie traťového úseku Juh - Štúrova (scenár 3)



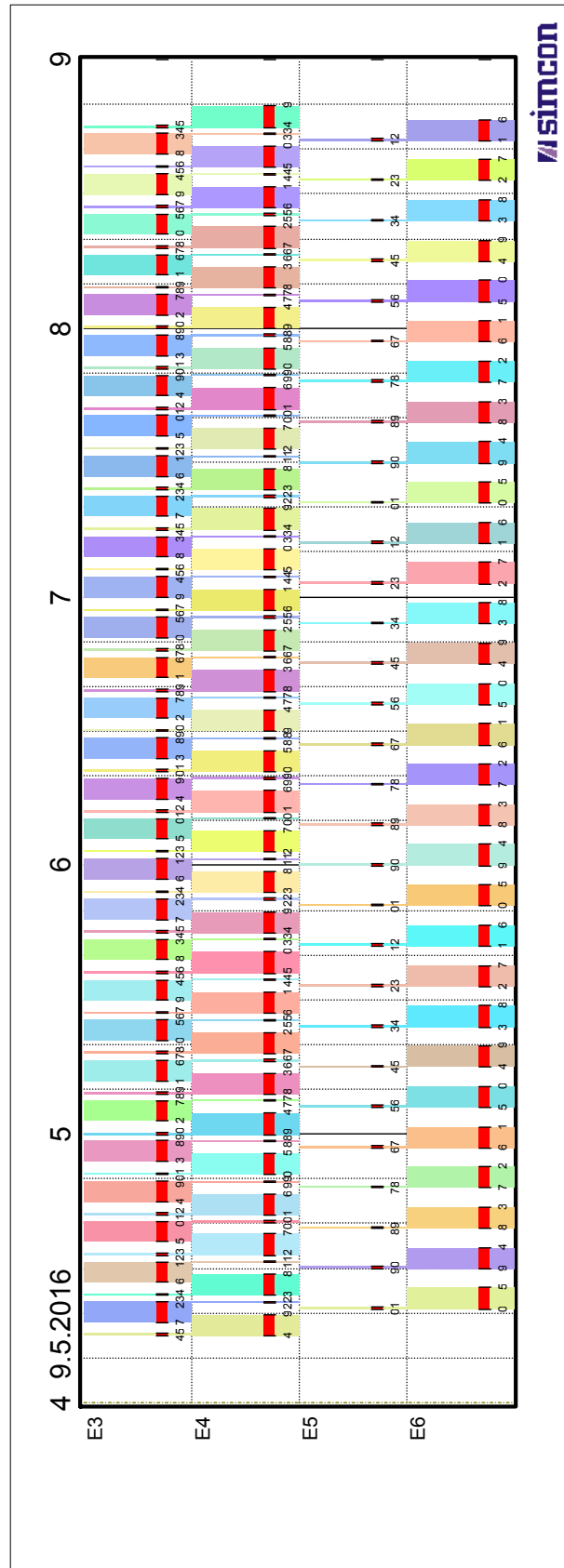
Obsadenie traťového úseku Juh - Štúrova (scenár 4)



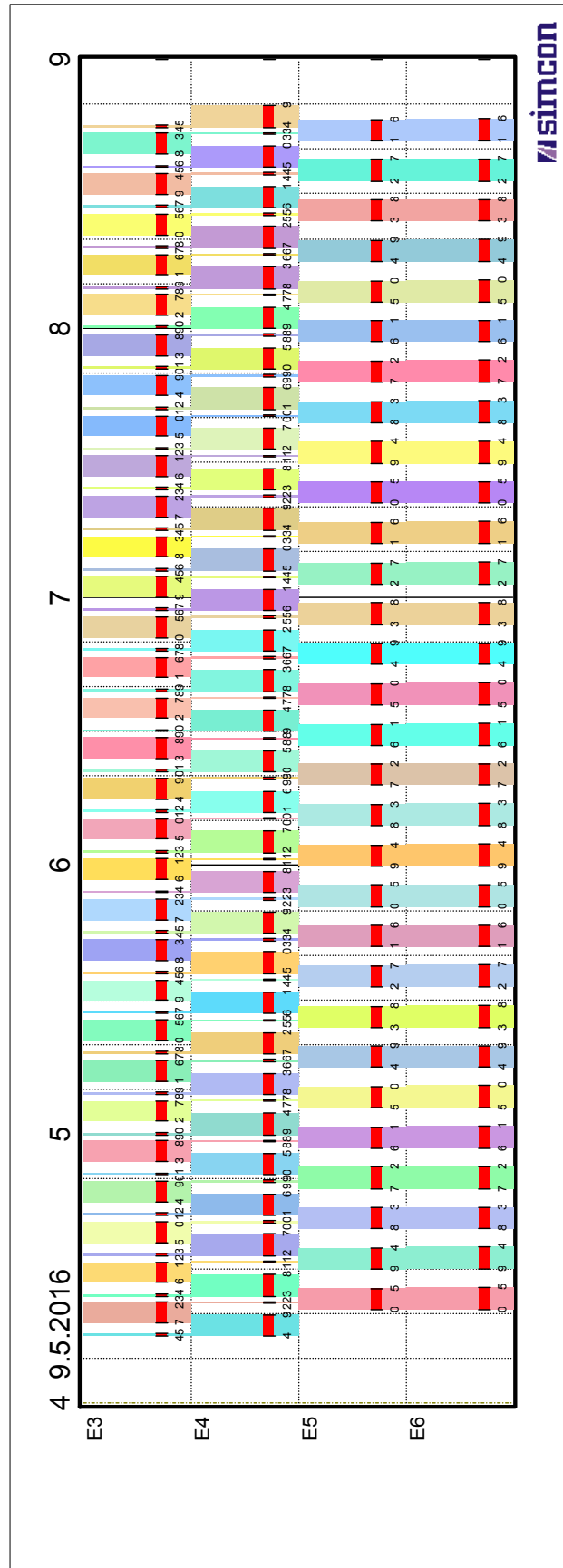
Obsadenie odstavných koľají na otočke elektrických vozidiel na Janíkovom Dvore



Obsadenie odstavňových koľají na otočke elektrických vozidiel na Janíkovom Dvore



Obsadenie odstavných koľají na otočke elektrických vozidiel na Janíkovom Dvore



Obsadenie odstavnych koľají na otočke elektrických vozidiel na Janíkovom Dvore

Alternatíva 2a
Prevádzka len železničných koľajových vozidiel

4.2. Prevádzka len železničných koľajových vozidiel

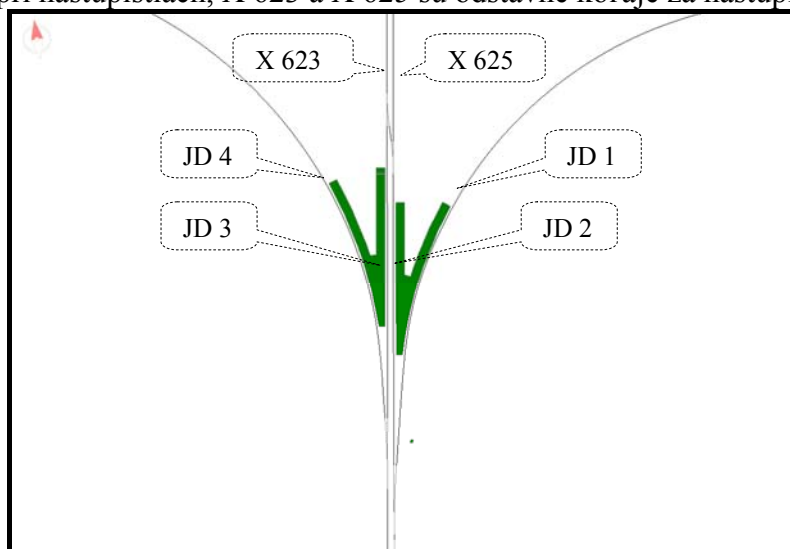
Ciele

- preveriť dosiahnuteľnosť 3-minútového intervalu medzi spojmi na modelovanom traťovom úseku v 3-hodinovej dopravnej špičke vzhľadom na obmedzenia dané prevádzkou na TEN-T koridore,
- zistiť maximálnu možnú prepravnú kapacitu vozidiel pre prepravu cestujúcich v 3-hodinovej dopravnej špičke,
- odsimulovať nástup a výstup cestujúcich na jednotlivých zastávkach do súprav železničných vozidiel s rovnomerným a nerovnomerným príchodom cestujúcich na základe podkladov o rozdelení prúdov cestujúcich v čase v jednotlivých smeroch a na jednotlivých zastávkach pre rok 2030 (podklady od IR DATA sú uvedené v prílohe)

Vstupné údaje pre všetky scenáre

- podklady z kapitoly „Tvorba modelu“,
- železničné vozidlá v oboch smeroch sa riadia pravostrannou prevádzkou,
- pre modelovú elektrickú jednotku železničných vozidiel EMU ET 425 je použitá príslušná trakčná charakteristika (podklad DB Regio),
- železničné vozidlá jazdia podľa návestných znakov platných v podmienkach ŽSR s priestorovými oddielmi dlhými minimálne 700 m,
- návestné znaky sú umiestňované bezprostredne za nástupište v danom smere, resp. na dohľadnú vzdialenosť kvôli dodržaniu dĺžky priestorových oddielov 700 m,
- výhľadové prepravné prúdy (zdroj IR DATA) pre alternatívu 2a v roku 2030 a pre profil „tunel“ sú nasledovné:
 - 31 156 cestujúcich v smere Janíkov Dvor – mesto
 - 17 062 cestujúcich v smere mesto – Janíkov Dvor,
- kapacita nástupísk bola stanovená na 820 cestujúcich pre všetky zastávky v oboch smeroch, pričom sa vychádzalo z plochy nástupišt'a pri koľaji v danom smere a kritéria 2 osoby/m²,
- príchod cestujúcich do modelu na zastávky je každé 2 minúty,
- modelová 3-hodinová dopravná špička trvá od 5:30 – 8:30,
- model je integrovaný do TEN-T prevádzky,
- minimálny pobyt v ŽST Janíkov Dvor pri zmene smeru jazdy a výmene stanovišťa rušňovodiča je 5 min., t.j. 0,5 min na výstup + 4 min. na presun rušňovodiča z jedného stanovišťa na druhé + 0,5 min. na nástup,
- každá súprava železničných vozidiel je obsadená 1 rušňovodičom,

Na nasledujúcom obrázku sa nachádza koľajová infraštruktúra v ŽST Janíkov Dvor (JD 1 – JD 4 sú koľaje pri nástupištiach, X 623 a X 625 sú odstavné koľaje za nástupišťami).



Zobrazenie koľajiska v ŽST Janíkov Dvor s označením koľají (alternatívne koľajisko použité pre simuláciu)

Nasledujúca tabuľka poskytuje prehľad parametrov modelovej súpravy v jednotlivých scenároch.

Scenár	1	2 a 3	
Zloženie súpravy	5 vozňov	6 vozňov	jednotka
typ elektrickej vlakovej jednotky (železničné vozidlo)	EMU ET 425	EMU ET 425	
kapacita súpravy (4 os./m ²)	604	730	cest.
dĺžka súpravy cez spriahadlá	82,66	98,16	M
šírka	2,84	2,84	M
počet náprav	12	14	
hmotnosť súpravy	145,95	174,7	T
max. hmotnosť cestujúcich (80 kg/osoba)	48,32	58,4	T
max. celková hmotnosť	194,27	233,1	T
stredné brzdné spomalenie	0,33	0,33	m/s ²

V priebehu realizácie simulácie prevádzky koľajovej dopravy v súvislosti s doplnením modelovania nástupu/výstupu cestujúcich bolo potrebné meniť niektoré parametre modelu, na základe čoho vznikli nasledujúcej scenáre pre túto alternatívu:

- scenár 1 – nerovnomerný príchod cestujúcich na zastávky v pomere 30%:40%:30% pre každú hodinu špičkovej 3-hodiny s 5 článkovou modelovou elektrickou jednotkou ET 425
- scenár 2 – nerovnomerný príchod cestujúcich na zastávky v pomere 30%:40%:30% pre každú hodinu špičkovej 3-hodiny so 6 článkovou modelovou elektrickou jednotkou ET 425

- scenár 3 – rovnomerný príchod cestujúcich na zastávky v pomere 33%:33%:33% pre každú hodinu špičkovej 3-hodiny so 6 článkovou modelovou elektrickou jednotkou ET 425

Vyhodnotenie (všetky scenáre)

Simulácia preukázala, že 3-minutový interval medzi spojmi je reálny. Požiadavka dosiahnuť kontinuálne 3-minutový interval počas špičkovej 3-hodiny je teda pre dopravný systém s danými parametrami možná. Na túto prevádzku však pôsobia aj vplyvy, ktoré nesúvisia s kapacitou traťového úseku odb. Dunaj – Janíkov Dvor:

- obmedzený počet trás pre železničné vozidlá na TEN-T koridore,
- dlhý pobyt v ŽST Janíkov Dvor pri obrate súpravy (5 min.), ktorý nedovoľuje zabezpečiť 3 minútový interval medzi spojmi smerom do mesta pri využití súprav prichádzajúcich z mesta.

Z týchto dôvodov sú niektoré trasy z teoretického počtu 20 trás/hod v každom smere nerealizovateľné.

Pri rešpektovaní uvedených obmedzení model dosiahol 48 trás železničných vozidiel v smere Janíkov Dvor – mesto a 47 trás železničných vozidiel v smere mesto – Janíkov Dvor v 3-hodinovej špičke. Simulácia odhalila prevádzkový problém, a to nedostatok koľají (JD 1 – JD 4) pre otáčanie súprav v ŽST Janíkov Dvor pri pôvodnom návrhu infraštruktúry, t.j. konfigurácia so 4 nástupištnými koľajami. Pre zabezpečenie plynulej prevádzky vznikla potreba ďalších dvoch odstavných koľají (v modeli označených ako X 623 a X 625), ktoré boli umiestnené medzi nástupištnými koľajami JD 2,3 a traťou BA Petržalka – Rusovce v polohe predpokladaného pokračovania trate NS MHD do Petržalky Juh. Po týchto úpravách sa stala prevádzka železničných vozidiel plynulá s výnimkou stavania vlakových ciest na zhlaví v ŽST Janíkov Dvor. Medzi jazdami železničných vozidiel v tejto časti infraštruktúry dochádza v niektorých okamihoch ku konfliktom. Príslušné zhlavie spôsobuje však len sekundové zdržania, čo v konečnom dôsledku nemá podstatný vplyv na plynulosť prevádzky.

Nasledujúca tabuľka dokladuje využitie priestorových oddielov na trati pre modelovanú alternatívu prevádzky a jednotlivé scenáre.

Priestorový oddiel	Využitie (%)	
	scenár 1	scenár 2 a 3
Einsteinová – Chorvátske Rameno	68,73	72,65
Chorvátske Rameno – Zrkadlový Háj	58,89	62,59
Zrkadlový Háj - Stred	56,22	59,85
Stred – Veľký Draždiak	56,11	59,05
Veľký Draždiak - Juh	57,41	62,30
Juh – Veľký Draždiak	58,65	61,54
Veľký Draždiak - Stred	57,12	60,55
Stred – Zrkadlový Háj	59,26	62,39
Zrkadlový Háj – Chorvátske Rameno	57,78	60,46
Chorvátske Rameno - Einsteinova	61,11	63,84

Vyťaženie priestorových oddielov v 3-hodinovej dopravnej špičke

Vyťaženie priestorového oddielu medzi zastávkami Einsteinova – Chorvátske Rameno sa pohybuje mierne nad intervalom prípustných hodnôt (0,5 – 0,67). Je to spôsobené tým, že daný priestorový oddiel je najdlhší s dĺžkou až 1200 metrov. Z pohľadu prevádzky nepredstavuje žiadny problém. Vyššie využitie priestorových oddielov v scenári 2 a 3 je spôsobené tým, že je nasadená dlhšia a tým pádom i ťažšia 6 vozňová súprava oproti scenáru 1, kde je nasadená iba 5 vozňová súprava.

V prílohách sa nachádzajú obsadenia traťového úseku od odbočky Dunaj po zastávku Juh pre obidva smery a pri všetkých scenároch.

V prípade výpočtu maximálne možnej prepravnej kapacity cestujúcich v 3-hodinovej dopravnej špičke na základe vzorca

$$K_{\S 3\text{-hod.}} = N_{\S 3\text{-hod.}} * k \text{ [cestujúci]}$$

$K_{\S 3\text{-hod.}}$ – maximálne možná dosiahnuteľná kapacita počas špičkovej 3-hodiny

$N_{\S 3\text{-hod.}}$ – počet spojov počas špičkovej 3-hodiny

k – kapacita súpravy

sa dopracujeme k nasledujúcim hodnotám:

Pre smer Janíkov Dvor – mesto (scenár 1):

$K_{\S 3\text{-hod.}} = 48 * 604 = 28\ 992$ cestujúcich => **nepostačujúca** kapacita vzhľadom na výhľadový prepravný prúd v danom smere (požiadavka = 31 156)

Pre smer mesto – Janíkov Dvor (scenár 1):

$K_{\S 3\text{-hod.}} = 47 * 604 = 28\ 388$ cestujúcich => **postačujúca** kapacita vzhľadom na výhľadový prepravný prúd v danom smere (požiadavka = 17 062)

Pre smer Janíkov Dvor – mesto (scenár 2 a 3):

$K_{\S 3\text{-hod.}} = 48 * 730 = 35\ 040$ cestujúcich => **postačujúca** kapacita vzhľadom na výhľadový prepravný prúd v danom smere (požiadavka = 31 156)

Pre smer mesto – Janíkov Dvor (scenár 2 a 3):

$K_{\S 3\text{-hod.}} = 47 * 730 = 34\ 310$ cestujúcich => **postačujúca** kapacita vzhľadom na výhľadový prepravný prúd v danom smere (požiadavka = 17 062)

Ako už bolo spomenuté, počas vytvárania simulácie prevádzky koľajovej dopravy vyplynula potreba vytvoriť tri scenáre. Najskôr sa zistilo, že 5 vozňové súpravy modelového vozidla EMU ET 425 pri danom počte možných trás nestíhajú prepraviť požadovaný objem cestujúcich. Následne sa overoval vplyv nasadenia 6 vozňového modelového vozidla pri rovnomernom a nerovnomernom príchode cestujúcich na zastávky.

Vzhľadom na existenciu podkladov sa dal pre alternatívu 2a odsimulovať aj nástup a výstup cestujúcich na jednotlivých zastávkach do súprav železničných vozidiel s rovnomerným a nerovnomerným príchodom cestujúcich na jednotlivé zastávky a rešpektovaním voľnej kapacity v súpravách železničných vozidiel. Cieľom bolo overiť, či maximálna možná prepravná kapacita cestujúcich v 3-hodinovej dopravnej špičke vyplývajúca z parametrov NS MHD je skutočne postačujúca a teda pokryje prepravné požiadavky. Preverované boli dva scenáre príchodu cestujúcich (scenár 1, resp. 2 a scenár

3), kde v prvom prípade bol modelovaným nerovnomerný príchod cestujúcich na zastávky a v druhom prípade naopak rovnomerný príchod.

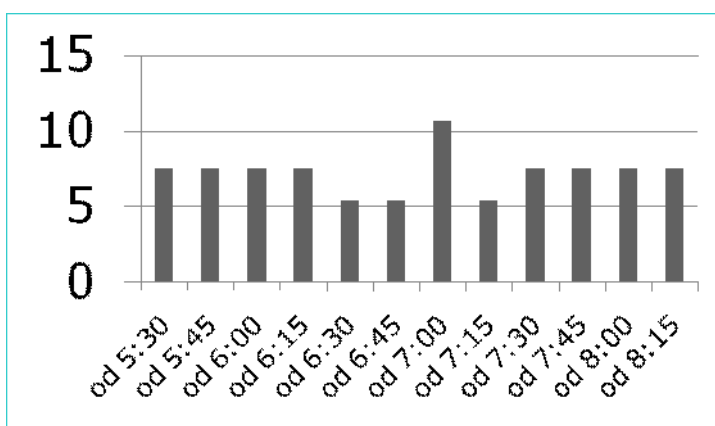
Nerovnomerný príchod cestujúcich (scenár 1, resp. 2)

- 5:30 – 6:30 30 %
- 6:30 – 7:30 celkovo 40 %, z toho
 - 6:30 – 7:00 10,66%
 - 7:00 – 7:15 24%
 - 7:15 – 7:30 5,33%
- 7:30 – 8:30 30%

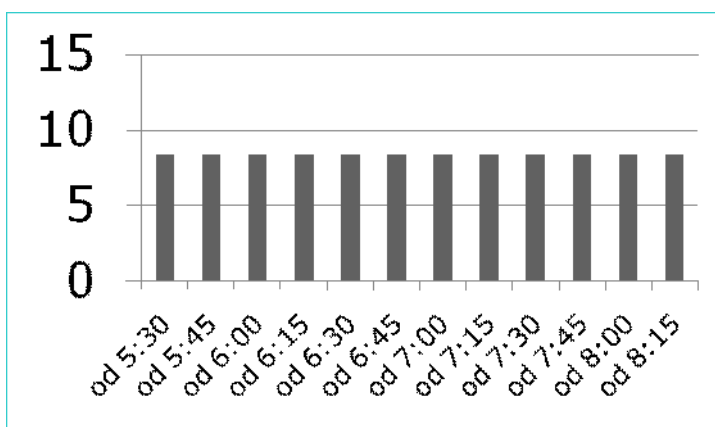
Rovnomerný príchod cestujúcich (scenár 3)

- 5:30 – 6:30 33,33 %
- 6:30 – 7:30 33,33 %
- 7:30 – 8:30 33,33 %

Percentuálne rozdelenie príchodu cestujúcich v intervale 15 min je zobrazené na nasledujúcich grafoch.



Nerovnomerný príchod cestujúcich na zastávkach (scenár 1, resp. 2)



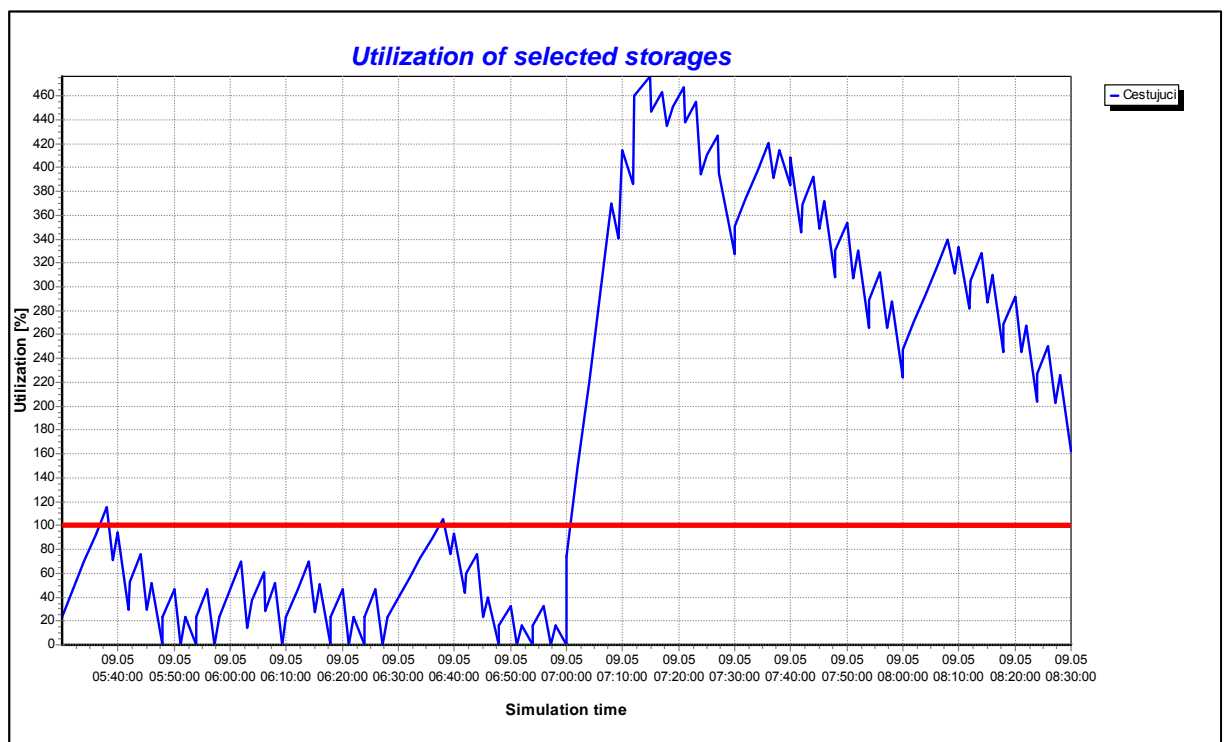
Rovnomerný príchod cestujúcich na zastávky (scenár 3)

Pre model bolo množstvo prichádzajúcich cestujúcich prepočítaných pre každé nástupište na 2 min, t.j. x cestujúcich prichádza v skupinkách každé 2 min. Následne po príchode železničného vozidla na zastávku a výstupe cestujúcich sa pri nástupe model pokúsi presunúť všetkých cestujúcich na nástupišti do železničného vozidla, pričom zostávajúca voľná kapacita vozidla po výstupe je rešpektovaná. Cestujúci, ktorí nemohli nastúpiť vzhľadom na obsadenie vozidla, sú evidovaní ako odmietnutí a čakajú na nasledujúci spoj na nástupišti.

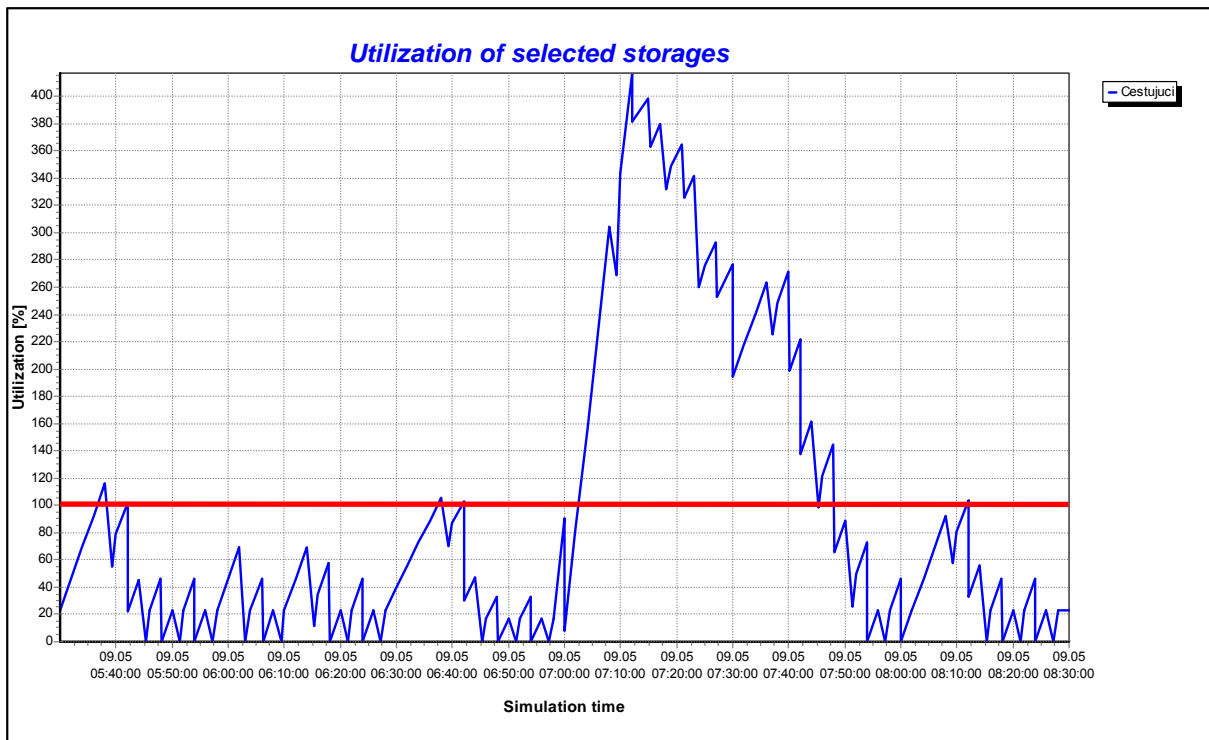
Výstup bol realizovaný cez percentuálny podiel cestujúcich vypočítaný ako podiel vystupujúcich cestujúcich oproti všetkým cestujúcim, ktorí sa na zastávku železničným vozidlom priviezli.

Okrem uvedených informácií model sledoval i obsadenie nástupíšť a prípadné prekročenie maximálnej kapacity. Z výsledkov vyplýva, že v modeli dochádza k prekročeniu kapacity nástupíšť (820 cestujúcich) na nasledujúcich zastávkach:

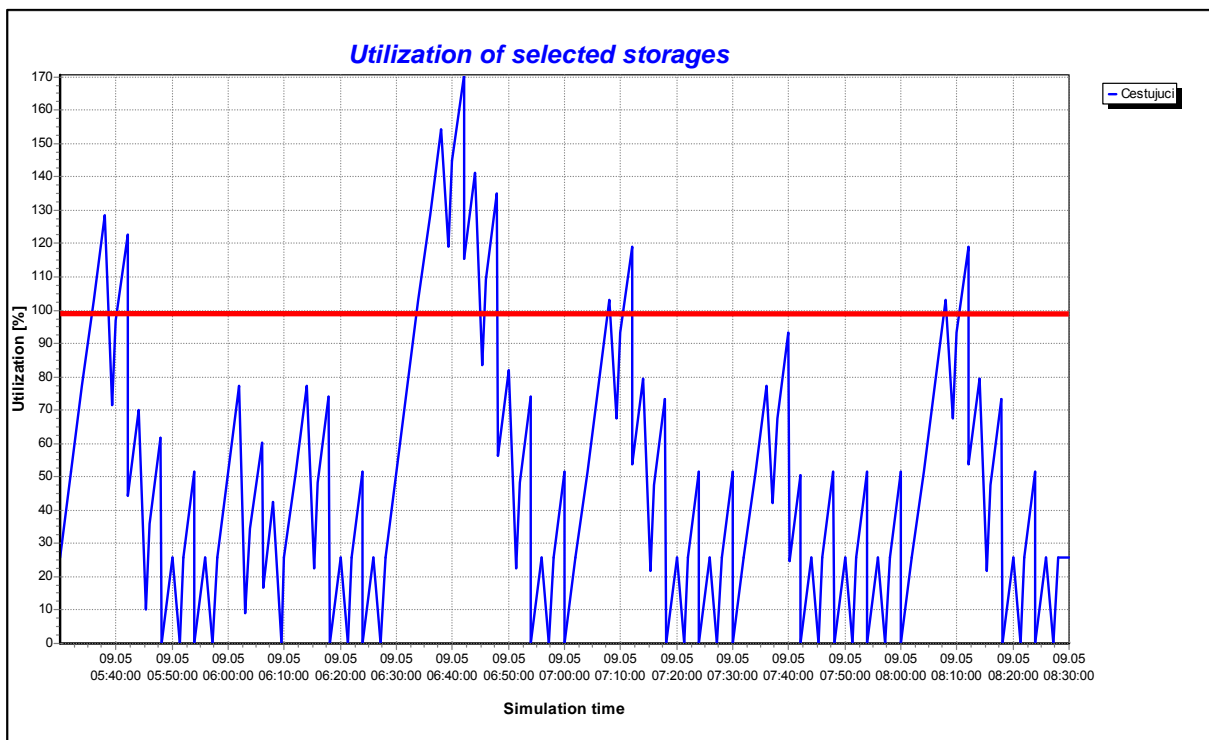
- Nivy (smer do Petržalky),
- Chorvátske Rameno (smer do mesta),
- Einsteinova (smer do mesta)



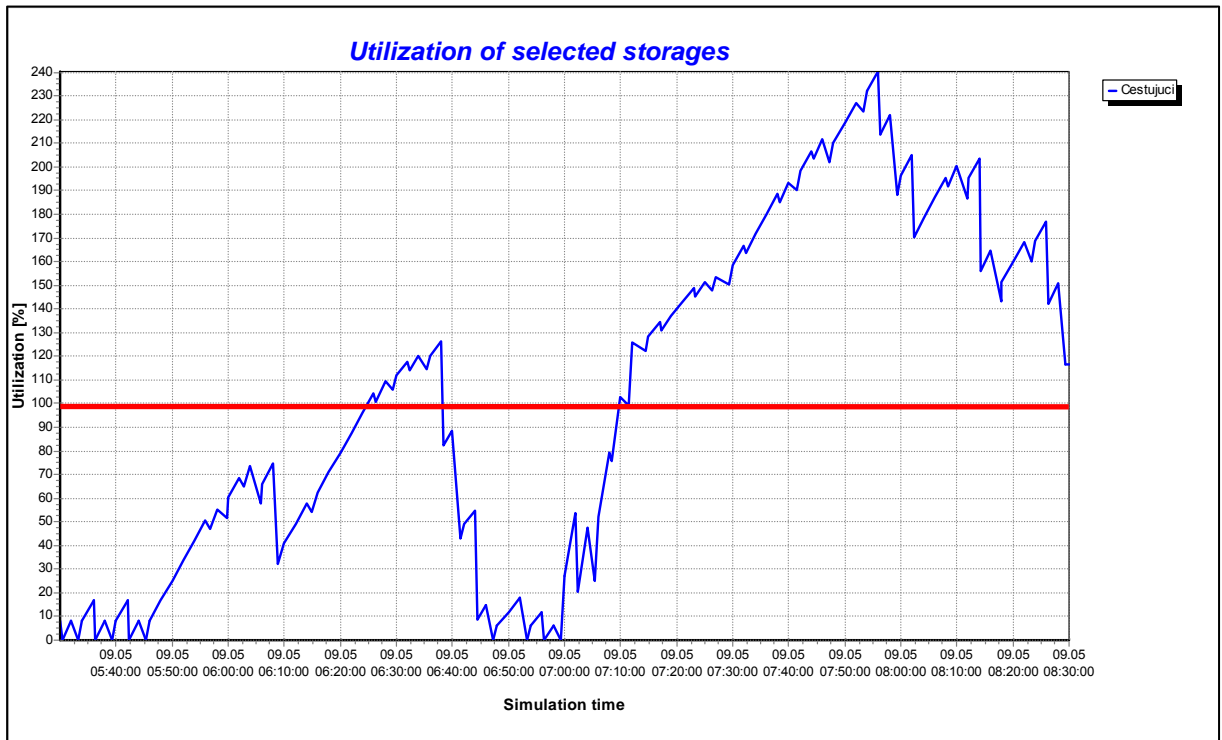
Obsadenie nástupíšť a cestujúcimi na zastávke Nivy (smer do Petržalky) medzi 5:30 a 8:30; Kapacita 820 cestujúcich; Interval 3' (5 vozňová súprava), nerovnomerné generovanie cestujúcich, Scenár 1



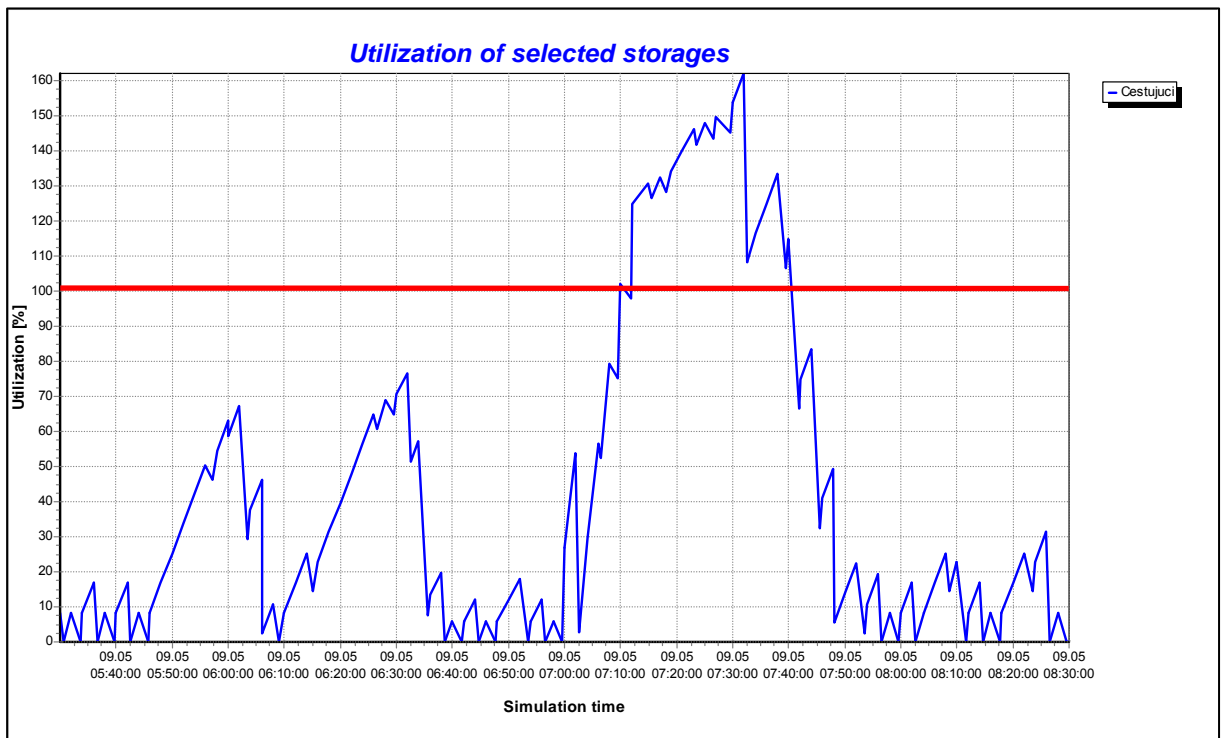
Obsadenie nástupišt'a cestujúcimi na zastávke Nivy (smer do Petržalky) medzi 5:30 a 8:30; Kapacita 820 cestujúcich; Interval 3' (6 vozňová súprava), nerovnomerné generovanie cestujúcich, Scenár 2



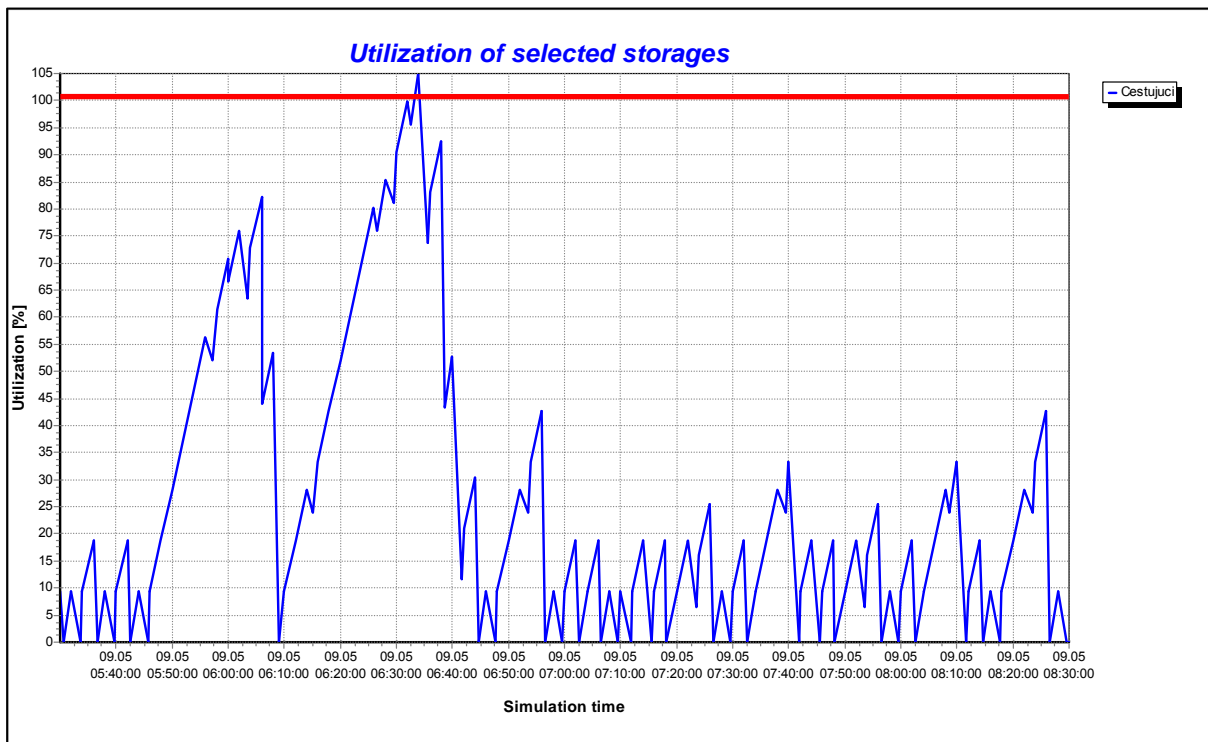
Obsadenie nástupišt'a cestujúcimi na zastávke Nivy (smer do Petržalky) medzi 5:30 a 8:30; Kapacita 820 cestujúcich; Interval 3' (6 vozňová súprava), rovnomerné generovanie cestujúcich, Scenár 3



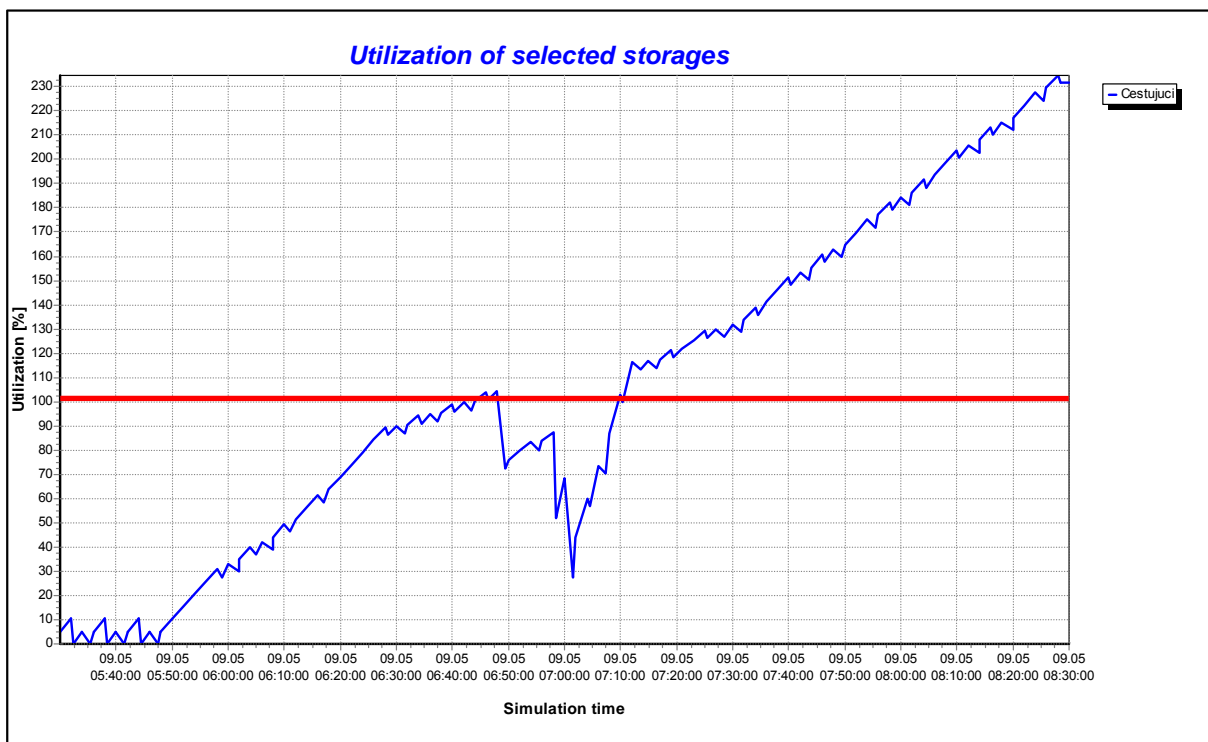
Obsadenie nástupišt'a cestujúcimi na zastávke Chorvátske Rameno (smer do mesta) medzi 5:30 a 8:30; Kapacita 820 cestujúcich; Interval 3' (5 vozňová súprava), nerovnomerné generovanie cestujúcich, Scenár 1



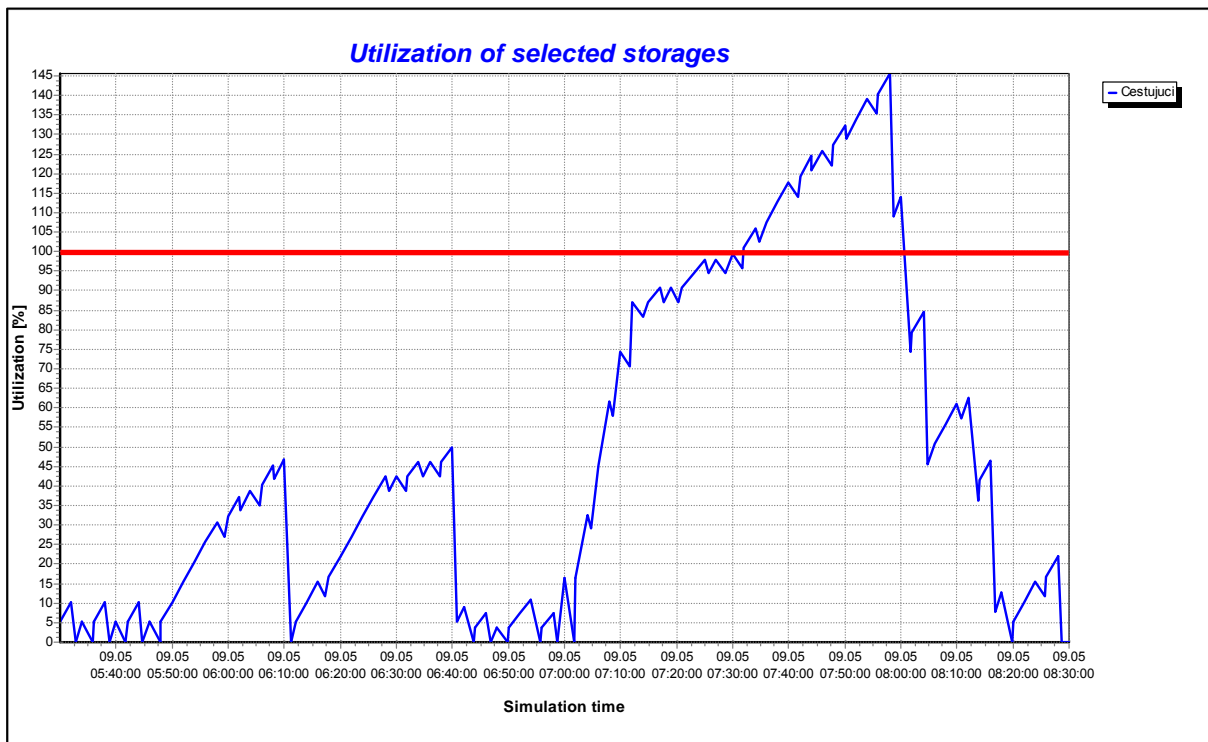
Obsadenie nástupišt'a cestujúcimi na zastávke Chorvátske Rameno (smer do mesta) medzi 5:30 a 8:30; Kapacita 820 cestujúcich; Interval 3' (6 vozňová súprava), nerovnomerné generovanie cestujúcich, Scenár 2



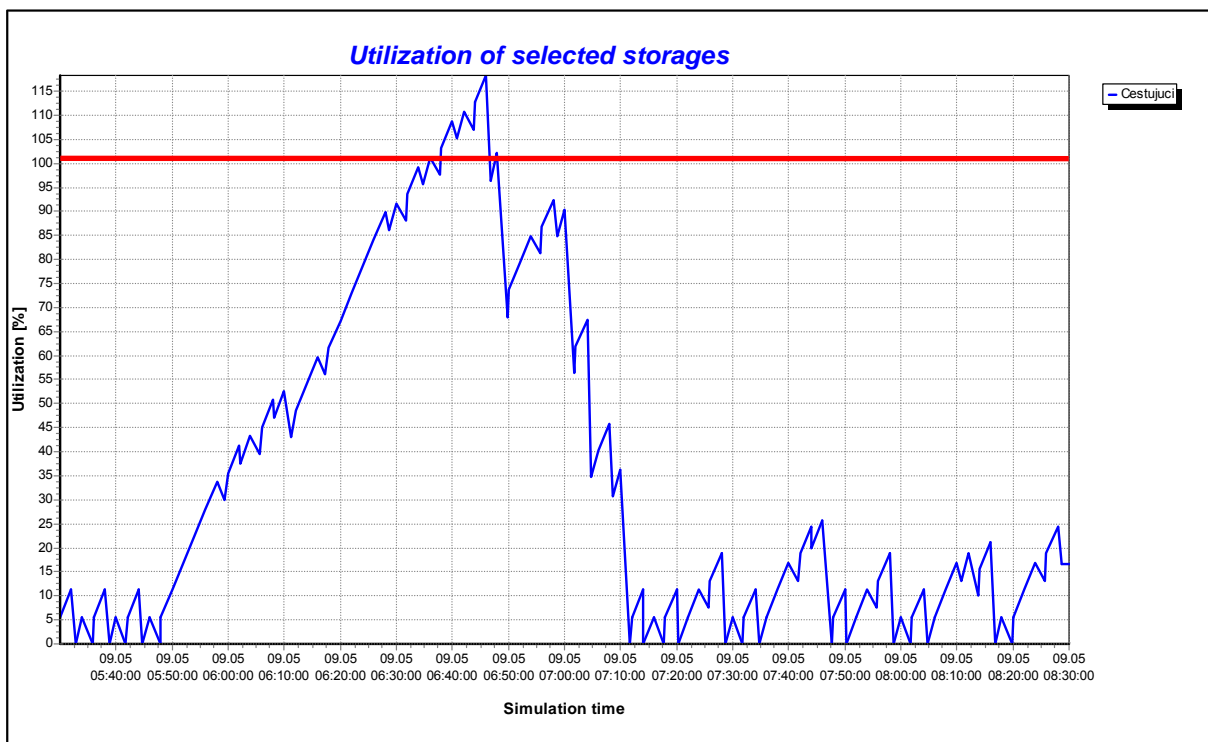
Obsadenie nástupišť a cestujúcimi na zastávke Chorvátske Rameno (smer do mesta) medzi 5:30 a 8:30; Kapacita 820 cestujúcich; Interval 3' (6 vozňová súprava), rovnomerné generovanie cestujúcich, Scenár 3



Obsadenie nástupišť a cestujúcimi na zastávke Einsteinova (smer do mesta) medzi 5:30 a 8:30; Kapacita 820 cestujúcich; Interval 3' (5 vozňová súprava), nerovnomerné generovanie cestujúcich, Scenár 1



Obsadenie nástupišť a cestujúcimi na zastávke Einsteinova (smer do mesta) medzi 5:30 a 8:30; Kapacita 820 cestujúcich; Interval 3' (6 vozňová súprava), nerovnomerné generovanie cestujúcich, Scenár 2



Obsadenie nástupišť a cestujúcimi na zastávke Einsteinova (smer do mesta) medzi 5:30 a 8:30; Kapacita 820 cestujúcich; Interval 3' (6 vozňová súprava), rovnomerné generovanie cestujúcich, Scenár 3

Vyhodnotenie obsadenia nástupíšť poukazuje na fakt, že podľa stanovených kritérií dochádza vo všetkých scenároch pri uvedených zastávkach k prekročeniu kapacity. Pri zastávke Einsteinova (smer do mesta), v scenári 1, ani nedochádza k poklesu cestujúcich pod úroveň maximálnej kapacity nástupíšť v rámci 3-hodinovej dopravnej špičky. V tomto prípade sa dá očakávať pokles až v dopravnom sedle, čo však už nebolo predmetom tejto simulačnej štúdie.

Scenár 1 s 5-voznovou jednotkou je absolútne nereálny, pretože hodnoty niekoľko násobne prekročujú maximálnu stanovenú kapacitu nástupíšť a zároveň nie je ani náznak návratu využitia kapacity nástupíšť do stanoveného limitu v rámci 3-hodinovej dopravnej špičky. Železničné vozidlá nestíhajú pri svojej kapacite 604 cestujúcich splniť výhľadové prepravné požiadavky, čo sa prejavuje následne i preplnením nástupíšť. **Ako odporúčanie pre plánovanú prevádzku koľajových vozidiel sa navrhuje počas celej dopravnej špičky prevádzkovať 6-voznové železničné vozidlá s kapacitou 730 cestujúcich.**

Pri 6-vozných jednotkách dochádza tiež k prekročeniu kapacity nástupíšť. Za predpokladu, že ale pripustíme krátkodobú toleranciu zníženia komfortu cestujúcich na nástupištiach i v železničných vozidlách, môžeme v scenári 2 a 3 považovať splnenie požiadavky na prepravu cestujúcich za reálnu. Znížením komfortu je myslené to, že na nejaký čas sa pripustí obsadenie nástupíšť a zastávky vyššie ako 2 osoby/m², resp. obsadenie vozidla na státie vyššie ako 4 osôb/m².

V prílohách tejto časti sa nachádzajú vyhodnotenia, ktoré znázorňujú počet odmietnutých cestujúcich v uvedených problémových zastávkach a celkové využitie ponúkanej prepravnej kapacity vozidiel medzi jednotlivými zastávkami v oboch smeroch.

Z vyhodnotenia dynamiky jazdy železničných vozidiel vyplýva, že od Chorvátskeho Ramena smerom na Janíkov Dvor a späť na jednotlivých úsekoch medzi zastávkami vozidlá nedosiahnu vyššiu rýchlosť ako 72,5 km/h. Je to dané krátkou vzdialenosťou medzi zastávkami.

Prílohy k alternatíve 2a

Zoznam príloh

Obsadenie traťového úseku odbočka Dunaj – Juh (scenár 1)

Obsadenie traťového úseku odbočka Dunaj – Juh (scenár 2 a 3)

Obsadenie traťového úseku Juh – odbočka Dunaj (scenár 1)

Obsadenie traťového úseku Juh – odbočka Dunaj (scenár 2 a 3)

Obsadenie koľají v ŽST Janíkov Dvor (scenár 1)

Obsadenie koľají v ŽST Janíkov Dvor (scenár 2 a 3)

Rozdelenie prúdov cestujúcich v jednotlivých smeroch a na jednotlivých zastávkach pre rok 2030

Počet odmietnutých cestujúcich pri nástupe do žel. vozidla na zastávke Nivy (smer do Petržalky) medzi 5:30 a 8:30

Počet odmietnutých cestujúcich pri nástupe do žel. vozidla na zastávke Ch. Rameno (smer do Petržalky) medzi 5:30 a 8:30

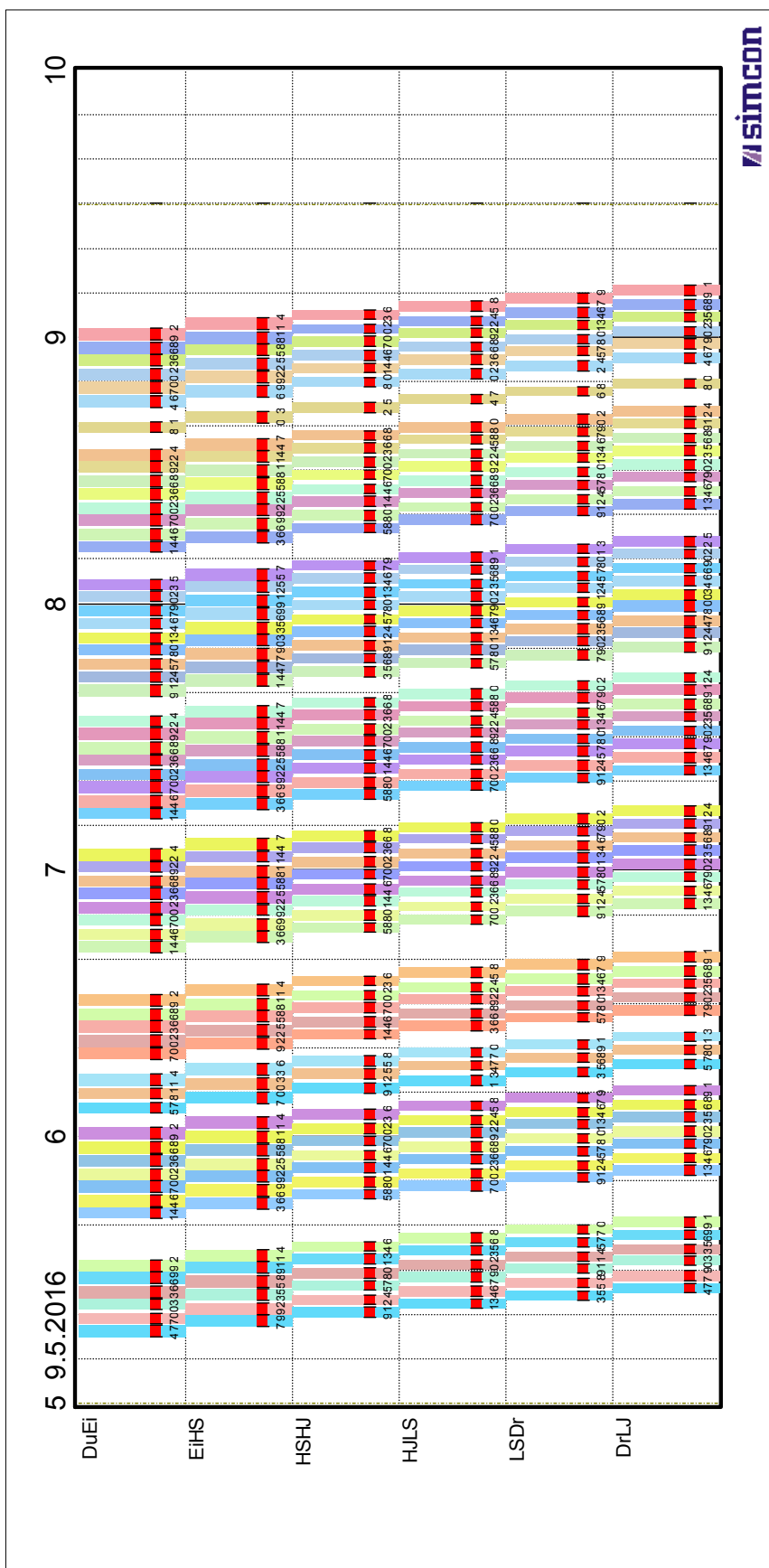
Počet odmietnutých cestujúcich pri nástupe do žel. vozidla na zastávke Einsteinova (smer do Petržalky) medzi 5:30 a 8:30

Využitie ponúkanej prepravnej kapacity vozidiel medzi jednotlivými zastávkami medzi 6:30 a 8:30

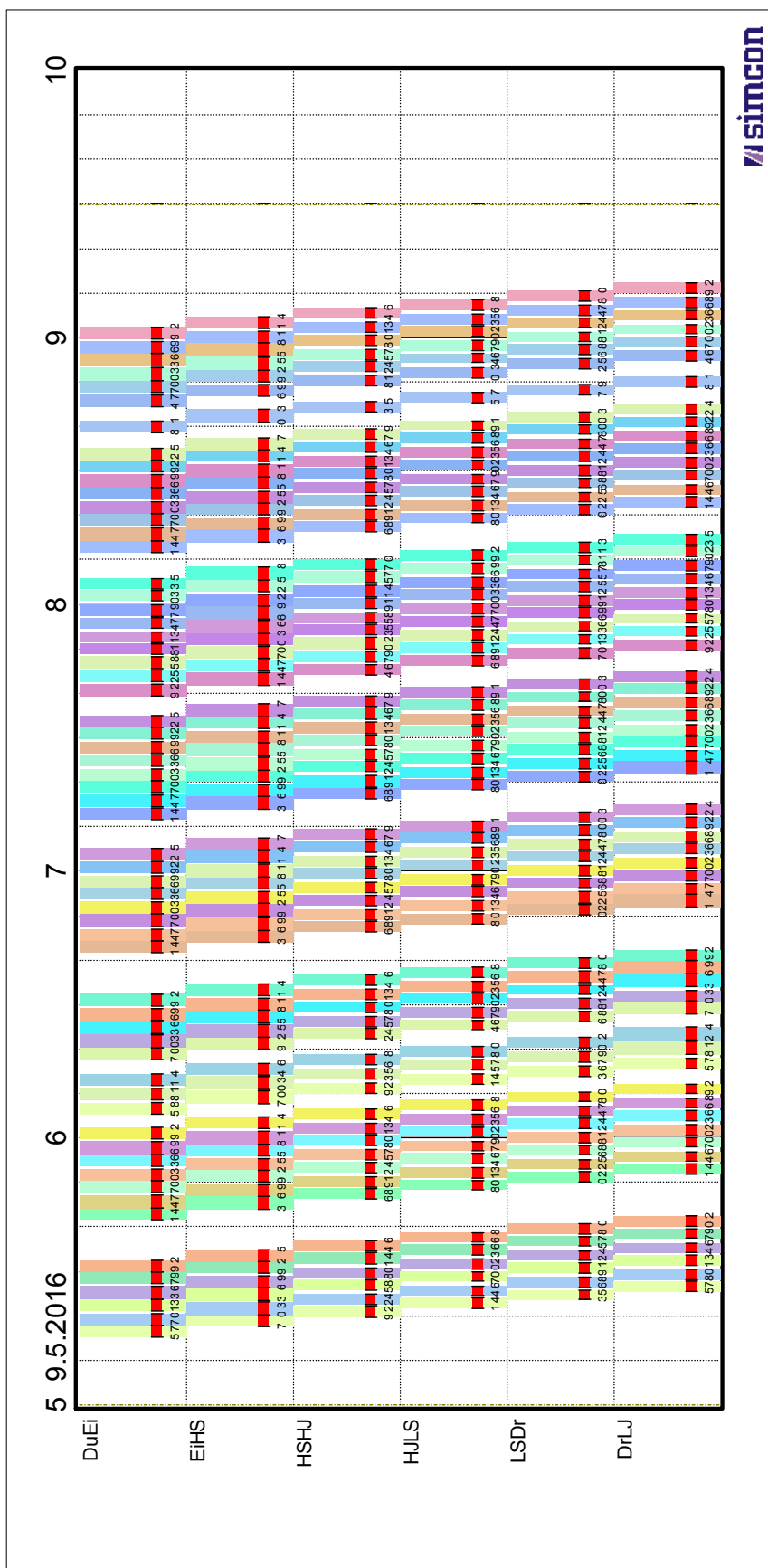
Využitie ponúkanej prepravnej kapacity vozidiel medzi jednotlivými zastávkami medzi 7:30 a 8:30

Označenie úsekov infraštruktúry v prílohách

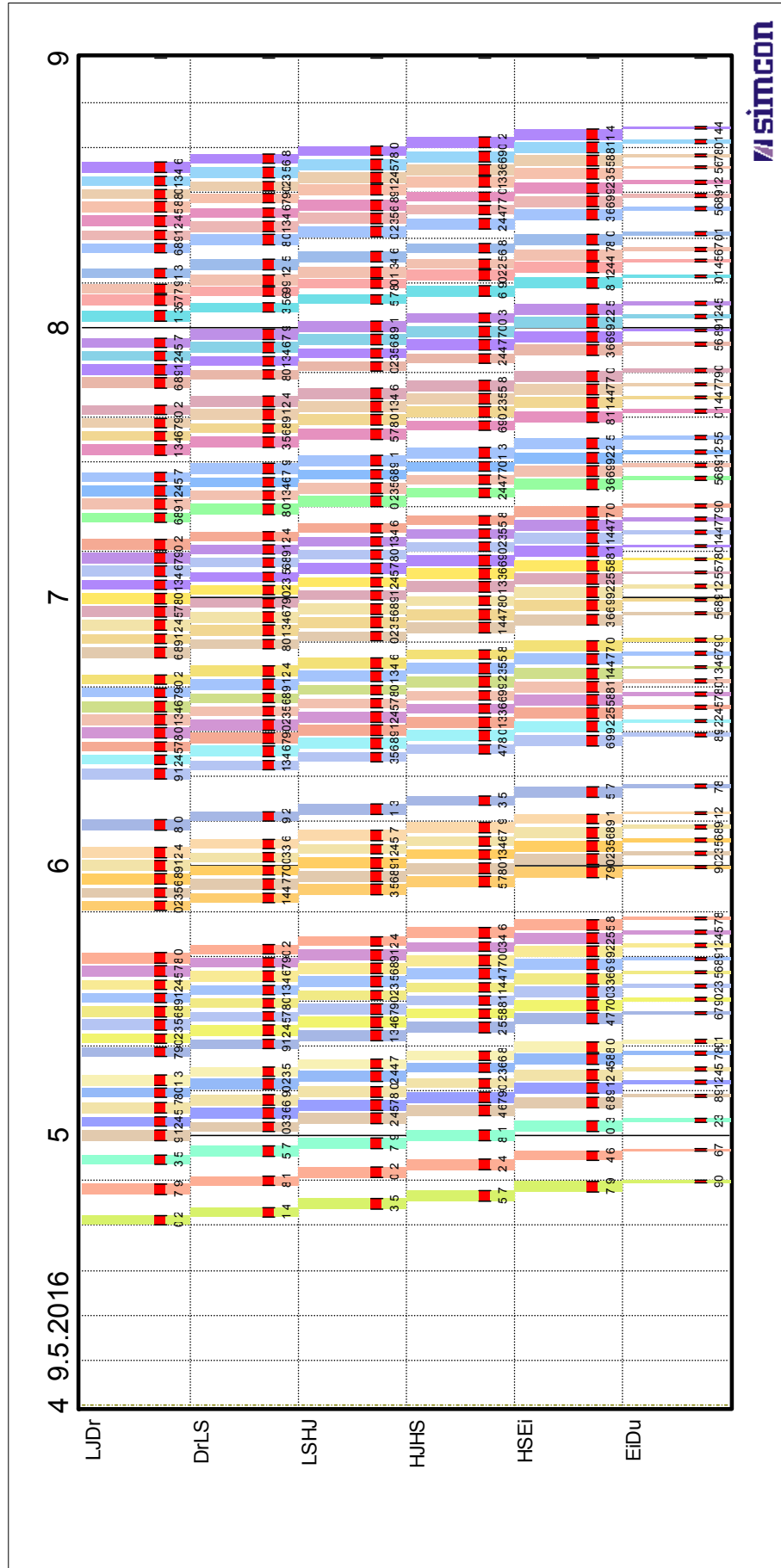
DuEi	- odbočka Dunaj – Einsteinova (zastávka železničného vozidla)
EiHS	- Einsteinova (zastávka železničného vozidla) – Chorvátske Rameno
HSHJ	- Chorvátske Rameno – Zrkadlový Háj
HJLS	- Zrkadlový Háj – Stred
LSDr	- Stred – Veľký Draždiak
DrLJ	- Veľký Draždiak – Juh
LJDr	- Juh – Veľký Draždiak
DrLS	- Veľký Draždiak - Stred
LSHJ	- Stred – Zrkadlový Háj
HJHS	- Zrkadlový Háj – Chorvátske Rameno
HSEi	- Chorvátske Rameno – Einsteinova (zastávka železničného vozidla)
EiDu	- Einsteinova (zastávka železničného vozidla) – odbočka Dunaj

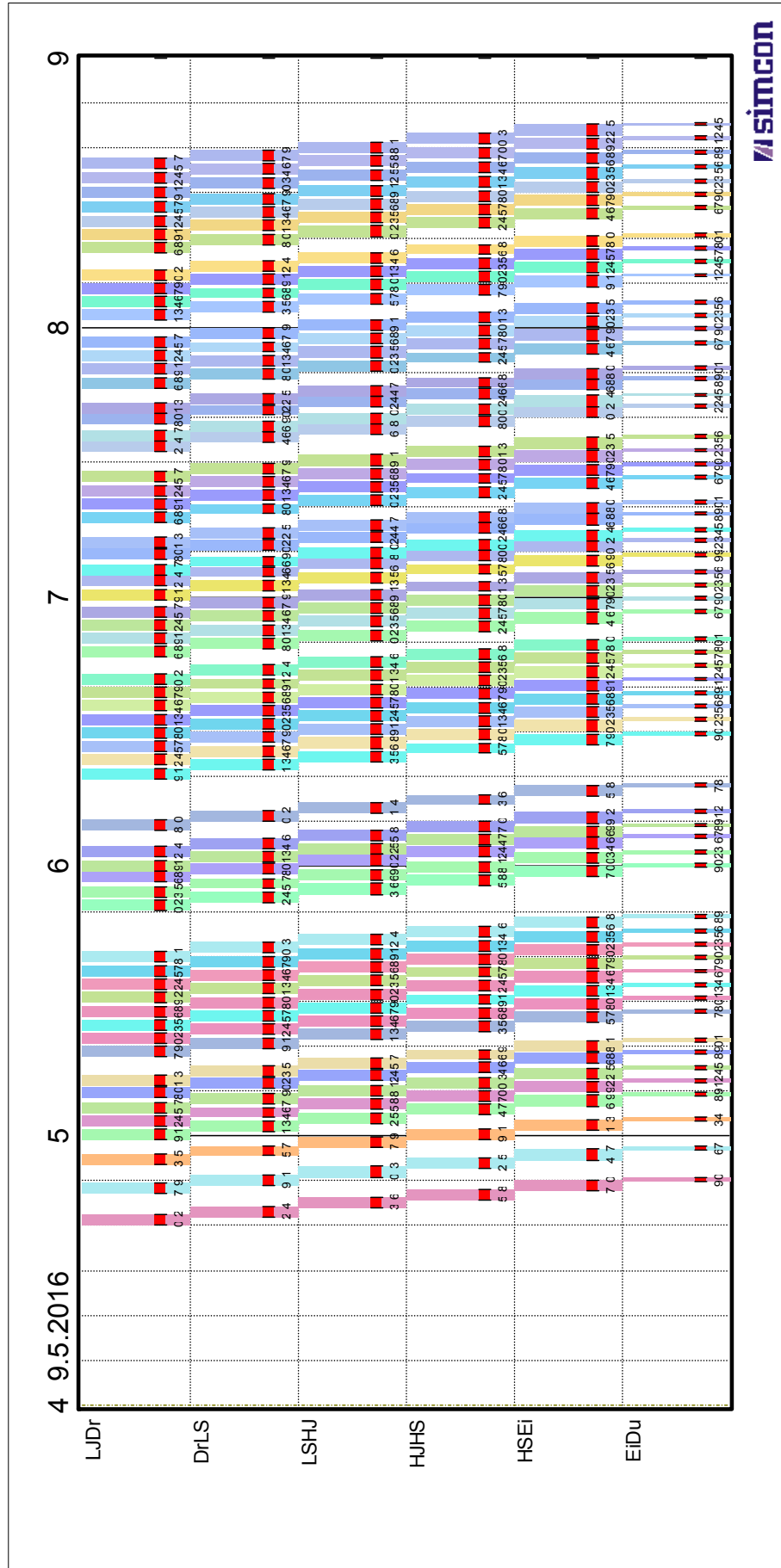


Obsadenie traťového úseku odbočka Dunaj – Juh (scenár 1)

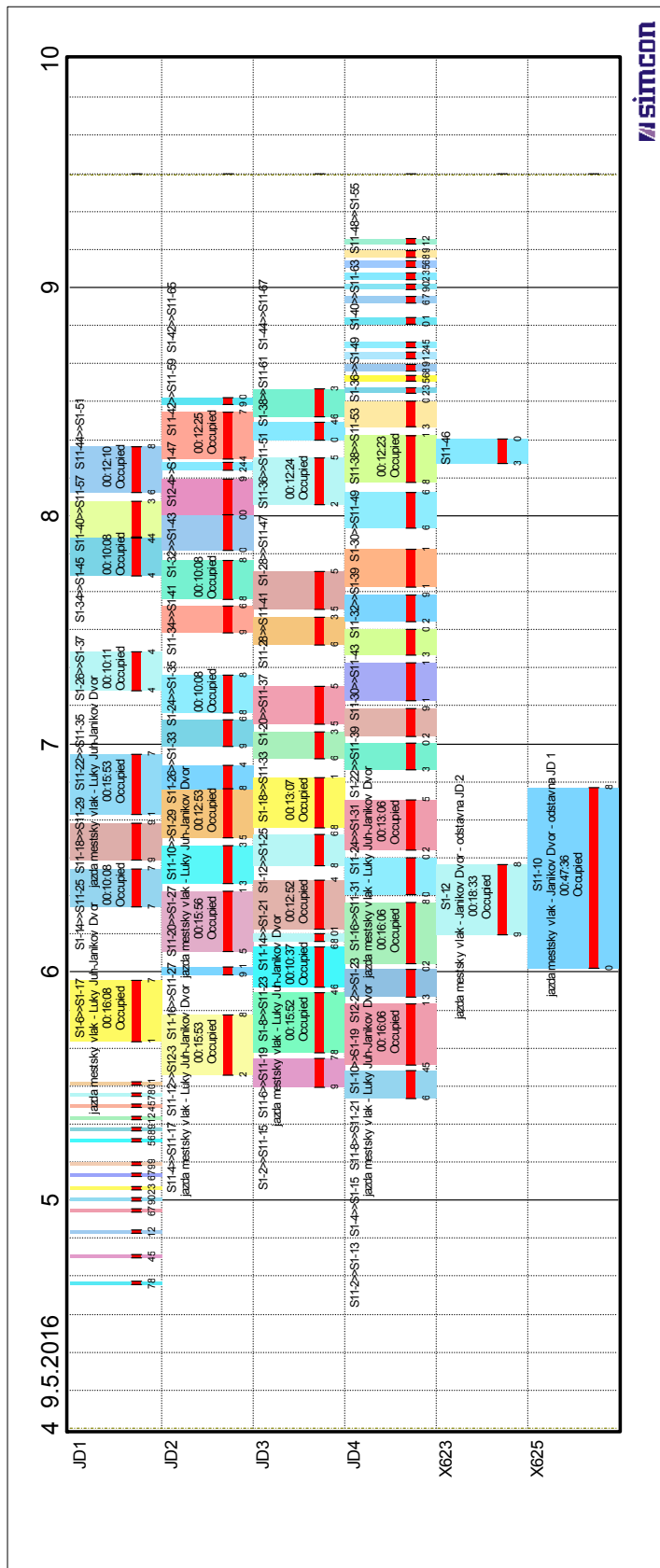


Obsadenie traťového úseku odbočka Dunaj – Juh (scenár 2 a 3)

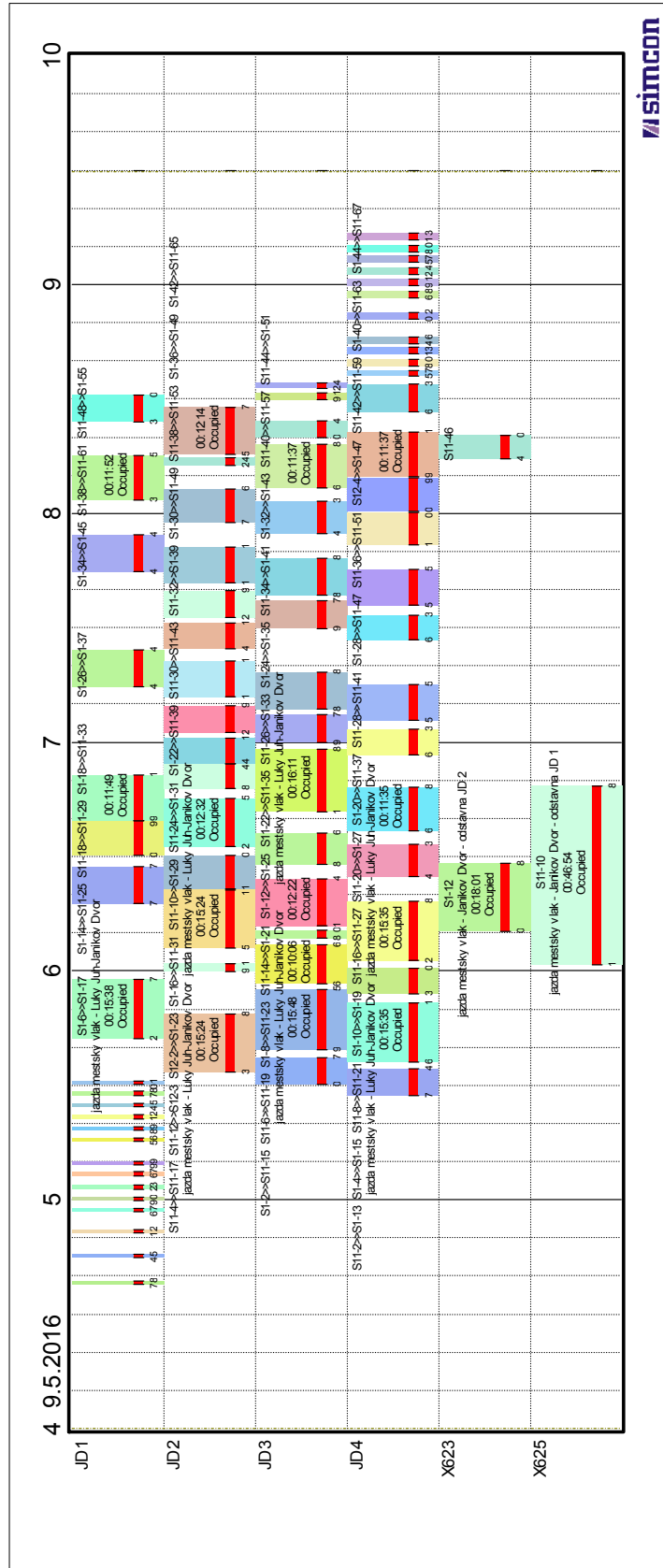




Obsadenie traťového úseku Juh – odbočka Dunaj (scenár 2 a 3)



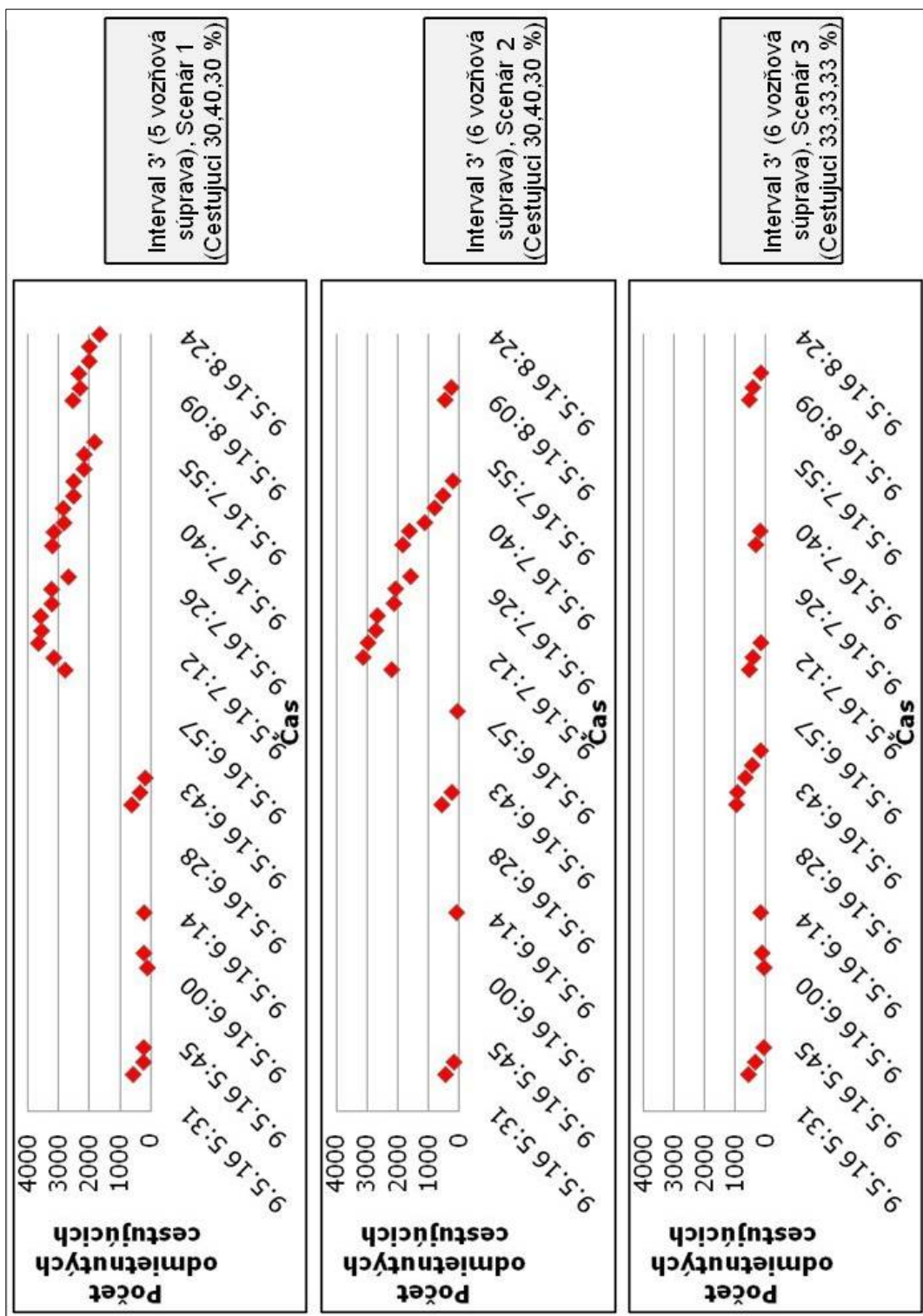
Obsadenie koľají v ŽST Janíkov Dvor (scenár 1)



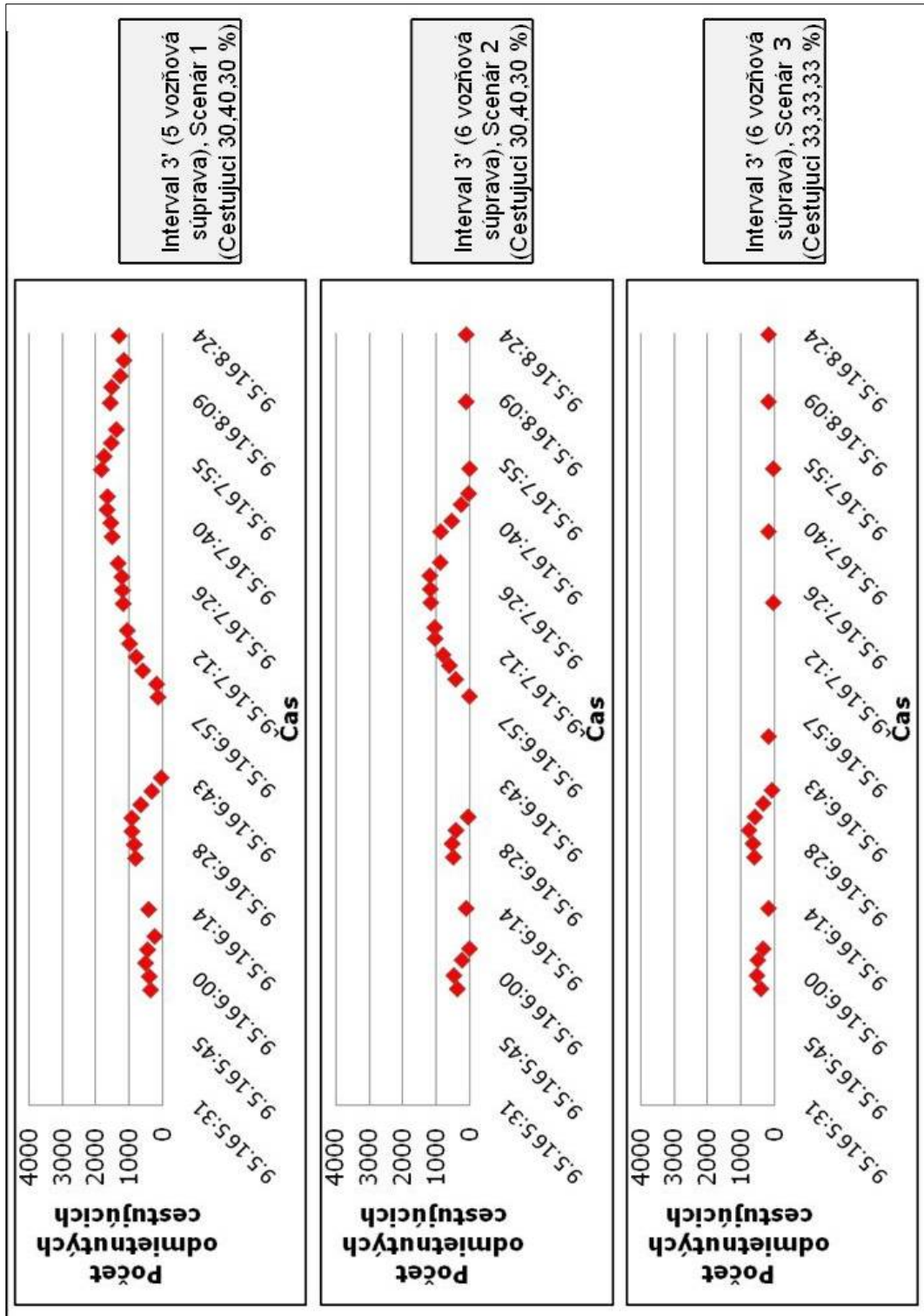
Obsadenie koľají v ŽST Janikov Dvor (scenár 2 a 3)

stanica/zastávka	Smer Janíkov Dvor - mesto				stanica/zastávka	Smer mesto - Janíkov Dvor			
	Počet cestujúcich					Počet cestujúcich			
	nástup	výstup	úsek			nástup	výstup	úsek	
Janíkov Dvor	6 168	0	6 168		Bratislava-Rača	4 445	0	4 445	
Lúky Juh	6 180	349	11 999		Bratislava Predmestie	1 486	23	5 908	
Draždiak	3 031	156	14 874						
Stred	3 670	151	18 393		Bratislava letisko	2 769	0	2 769	
Zrkadlový Háj	4 411	437	22 367		Bratislava-Nové Mesto	2 747	1 217	4 299	
Chorvátske rameno	6 900	1 100	28 167						
Einstejnova	4 173	1 184	31 156		Bratislava Slovany	1 994	749	11 451	
Bratislava centrum	2 199	4 102	29 253		Bratislava filiálka	6 272	1 608	16 115	
Bratislava Nivy	5 203	18 638	15 818		Bratislava Nivy	18 973	6 380	28 708	
Bratislava filiálka	1 076	8 102	8 792		Bratislava centrum	476	12 122	17 062	
Bratislava Slovany	290	3 520	5 562		Einstejnova	682	3 656	14 088	
					Chorvátske rameno	738	2 392	12 434	
Bratislava-Nové Mesto	740	1 246	1 984		Zrkadlový Háj	664	1 361	11 737	
Bratislava letisko	0	1 984	0		Stred	330	1 374	10 693	
					Draždiak	280	2 100	8 873	
Bratislava Predmestie	0	1 191	1 881		Lúky Juh	501	3 520	5 854	
Bratislava-Rača	0	1 881	0		Janíkov Dvor	0	5 854	0	

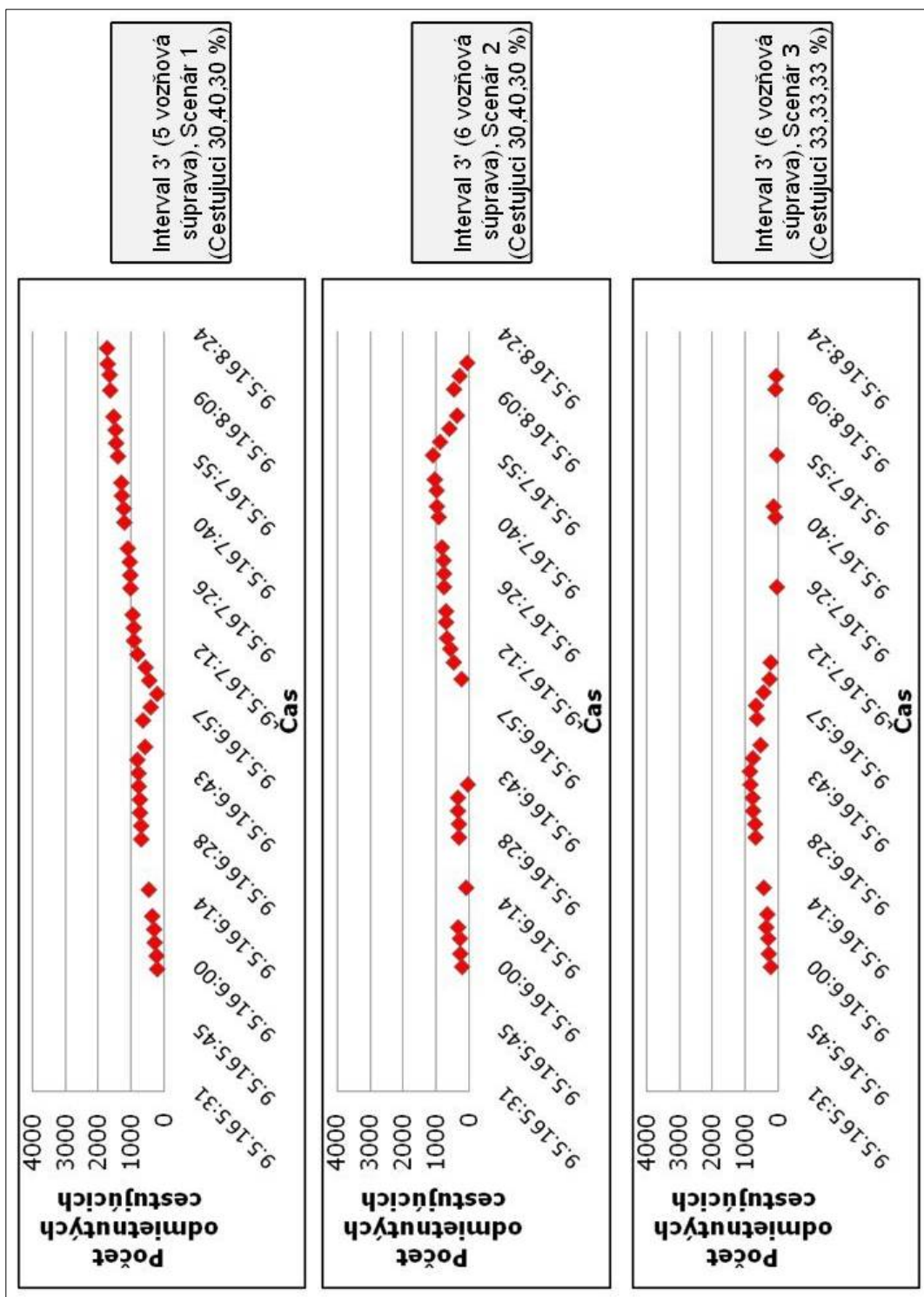
Rozdelenie prúdov cestujúcich v jednotlivých smeroch a na jednotlivých zastávkach pre rok 2030



Počet odmietnutých cestujúcich pri nástupe do žel. vozidla na zastávke Nivy (smer do Petržalky) medzi 5:30 a 8:30



Počet odmietnutých cestujúcich pri nástupe do žel. vozidla na zastávke Ch. Rameno (smer do Petržalky) medzi 5:30 a 8:30



Počet odmietnutých cestujúcich pri nástupe do žel. vozidla na zastávke Einsteinova (smer do Petržalky) medzi 5:30 a 8:30

V časovom rozpätí: 6:30 až 8:30		Interval 3' (5 vozňová súprava), Scenár 1 (Cestujúci 30,40,30 %)	Interval 3' (6 vozňová súprava), Scenár 2 (Cestujúci 30,40,30 %)	Interval 3' (6 vozňová súprava), Scenár 3 (Cestujúci 33,33,33 %)
		Obsadenie [%]		
Celkovo		56,29	48,75	47,76
Nastup Cestujucich - Slovany (Smer Petr)		75,15	62,16	60,98
Nastup Cestujucich - Filialka (Smer Petr)		55,38	45,91	44,8
Nastup Cestujucich - Nivy (Smer Petr)		92,71	83,37	81,28
Nastup Cestujucich - Centrum (Smer Petr)		55,71	49,84	48,38
Nastup Cestujucich - Einsteinova (Vlak) (Smer Petr)		47,33	42,01	40,38
Nastup Cestujucich - Ch Rameno (Smer Petr)		42,08	37,71	35,79
Nastup Cestujucich - Zrk. Haj (Smer Petr)		40,83	36,32	33,94
Nastup Cestujucich - Stred (Smer Petr)		37,4	33,17	31,12
Nastup Cestujucich - Velky Drazdiak (Smer Petr)		31,59	27,94	26,05
Nastup Cestujucich - Juh (Smer Petr)		22,14	19,39	17,83
Nastup Cestujucich - Janikov Dvor Vlak (Smer Mesto)		20,88	17,41	17,19
Nastup Cestujucich - Juh (Smer Mesto)		40,1	33,25	32,81
Nastup Cestujucich - Velky Drazdiak (Smer Mesto)		49,5	41,08	40,42
Nastup Cestujucich - Stred (Smer Mesto)		61,09	50,53	49,7
Nastup Cestujucich - Zrk. Haj (Smer Mesto)		76,81	62,36	62,2
Nastup Cestujucich - Ch Rameno (Smer Mesto)		95,74	80,4	80,15
Nastup Cestujucich - Einsteinova (Vlak) (Smer Mesto)		100	91,28	91,5
Nastup Cestujucich - Centrum (Smer Mesto)		94,13	85,28	85,11
Nastup Cestujucich - Nivy (Smer Mesto)		54,2	47,41	47,04
Nastup Cestujucich - Filialka (Smer Mesto)		32,96	28,24	28,59
Zo zastávky				

Využitie ponúkanej prepravnej kapacity vozidiel medzi zastávkami medzi 6:30 a 8:30

V časovom rozpätí: 7:30 až 8:30		Interval 3' (5 vozňová súprava), Scenár 1 (Cestujúci 30,40,30 %)	Interval 3' (6 vozňová súprava), Scenár 2 (Cestujúci 30,40,30 %)	Interval 3' (6 vozňová súprava), Scenár 3 (Cestujúci 33,33,33 %)
		Obsadenie [%]		
Celkovo		56,12	47,77	46,53
Zo zastávky		Nastup Cestujúcich - Juh (Smer Petr)	19,48	16,51
		Nastup Cestujúcich - Slovany (Smer Petr)	53,7	58,2
		Nastup Cestujúcich - Filialka (Smer Petr)	38,83	42,95
		Nastup Cestujúcich - Nivy (Smer Petr)	100	76,27
		Nastup Cestujúcich - Centrum (Smer Petr)	60,04	45,26
		Nastup Cestujúcich - Einsteinova (Vlak) (Smer Petr)	49,86	37,73
		Nastup Cestujúcich - Ch Rameno (Smer Petr)	43,91	33,41
		Nastup Cestujúcich - Zrk. Haj (Smer Petr)	41,69	31,67
		Nastup Cestujúcich - Stred (Smer Petr)	37,93	29,02
		Nastup Cestujúcich - Velky Drazdiak (Smer Petr)	32,02	24,24
		Nastup Cestujúcich - Janikov Dvor Vlak (Smer Mesto)	18,68	17,86
		Nastup Cestujúcich - Juh (Smer Mesto)	36,18	35,01
		Nastup Cestujúcich - Velky Drazdiak (Smer Mesto)	44,42	42,99
		Nastup Cestujúcich - Stred (Smer Mesto)	55,37	52,9
		Nastup Cestujúcich - Zrk. Haj (Smer Mesto)	79,28	64,17
		Nastup Cestujúcich - Ch Rameno (Smer Mesto)	100	80,54
Nastup Cestujúcich - Einsteinova (Vlak) (Smer Mesto)	100	97,92		
Nastup Cestujúcich - Centrum (Smer Mesto)	92,98	90,27		
Nastup Cestujúcich - Nivy (Smer Mesto)	51,83	47,85		
Nastup Cestujúcich - Filialka (Smer Mesto)	32,03	28,44		

Využitie ponúkanej prepravnej kapacity vozidiel medzi jednotlivými zastávkami medzi 7:30 a 8:30

Alternatíva 2b
Duálna prevádzka koľajových vozidiel

4.3. Alternatíva 2b – Duálna prevádzka koľajových vozidiel

Cieľ

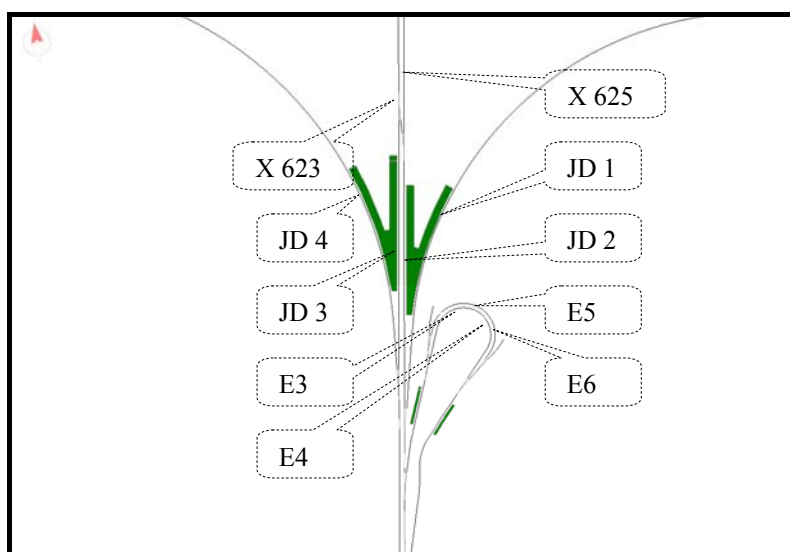
- preveriť dosiahnuteľnosť 3-minútového intervalu medzi spojmi na modelovanom traťovom úseku v 3-hodinovej dopravnej špičke vzhľadom na obmedzenia dané prevádzkou na TEN-T koridore v zmiešanej prevádzke duálnych vozidiel a železničných koľajových vozidiel,
- zistiť maximálnu možnú prepravnú kapacitu vozidiel pre prepravu cestujúcich v 3-hodinovej dopravnej špičke

Vstupné údaje pre všetky scenáre

- podklady z kapitoly „Tvorba modelu“,
- v tejto alternatíve sa počíta s nasadením tzv. duálneho vozidla, pričom sa pod tým rozumie vozidlo, ktoré:
 - môže byť napájané z napájacej sústavy 25 kV/50Hz AC alebo 750 V DC (resp. 600 V DC),
 - je určené pre rozchod 1000 mm (môže využívať súčasnú infraštruktúru električkových tratí v meste Bratislava),
 - môže jazdiť aj na úseku Chorvátske Rameno – Janíkov Dvor v zmiešanej prevádzke spolu so železničnými vozidlami (s rozchodom 1435 mm),
- duálne a železničné vozidlá sa v oboch smeroch riadia pravostrannou prevádzkou,
- pri modelovom duálnom vozidle bola použitá trakčná charakteristika modelového električkového vozidla T6, nakoľko sa od potenciálnych dodávateľov nepodarilo získať príslušné podklady,
- duálne a železničné vozidlá jazdia podľa návestných znakov platných v podmienkach ŽSR s priestorovými oddielmi dlhými minimálne 700 m, okrem úseku Štúrova – Bosákova, kde duálne vozidlá jazdia na dohľad,
- návestné znaky sú umiestňované bezprostredne za nástupište v danom smere, resp. na dohľadnú vzdialenosť kvôli dodržaniu dĺžky priestorových oddielov 700 m,
- výhľadové prepravné prúdy (zdroj IR DATA) pre alternatívu 2b v roku 2030 sú nasledovné:
 - 28 600 pre profil „tunel“ v smere Janíkov Dvor – mesto,
 - 8 775 pre profil „Starý most“ v smere Janíkov Dvor – mesto,
 - 15 400 pre profil „tunel“ v smere mesto – Janíkov Dvor,
 - 4 725 pre profil „Starý most“ v smere mesto Janíkov Dvor,
- modelová 3-hodinová dopravná špička trvá od 5:30 – 8:30,
- model je integrovaný do TEN-T prevádzky,
- model duálnej prevádzky vychádza z alternatívy 2a – železničná prevádzka,
- trasy duálnych vozidiel sa vkladali do voľných trás medzi trasy železničných vozidiel (podklad alt. 2a),
- niektoré trasy železničných vozidiel boli nahrádzane trasami duálnych vozidiel v nasledovných počtoch:
 - 3 trasy v smere mesto – Janíkov Dvor,
 - 5 trás v smere Janíkov Dvor – mesto,
- duálne a železničné vozidlá nemajú spoločné nástupište na Janíkovom Dvore,
- duálne a železničné vozidlá nemajú na zastávke Ch. Rameno spoločné nástupištne koľaje, ale iba nástupištia,

- minimálny pobyt železničných vozidiel v ŽST Janíkov Dvor pri výmene stanovišťa rušňovodiča je 5 min., t.j. 0,5 min. na výstup + 4 min. na presun rušňovodiča z jedného stanovišťa na druhé + 0,5 min. na nástup,
- minimálny pobyt duálnych vozidiel na odstavných koľajach na „otočke“ Janíkov Dvor je 4 minúty,
- každá súprava železničných a duálnych vozidiel má 1 rušňovodiča/vodiča.

Na nasledujúcom obrázku sa nachádza koľajová infraštruktúra v ŽST Janíkov Dvor spolu s „otočkou“ pre duálne vozidlá, ktorá disponuje dvomi odstavnými koľajami pre čakanie duálnych vozidiel pred ďalšou jazdou smerom do mesta. Model infraštruktúry na otočke bol navrhnutý tak, aby bolo možné na každej koľaji odstaviť dve súpravy duálnych vozidiel (vznikli 4 logické úseky označené ako E3, E4, E5 a E6). Z kapacitného hľadiska je samozrejme možné odstaviť na otočke i viac súprav duálnych vozidiel (závisí od dĺžky).



Zobrazenie koľajiska ŽST Janíkov Dvor s označením koľají (alternatívne koľajisko použité pre simuláciu)

Pre účely simulácie bolo navrhnuté modelové duálne vozidlo na základe dostupných materiálov od viacerých potenciálnych výrobcov. Nasledujúca tabuľka poskytuje prehľad parametrov modelovej súpravy duálneho vozidla:

modelové duálne vozidlo	Samostatné vozidlo	2 spojené vozidlá	jednotka
kapacita súpravy	230	460	cestujúcich
dĺžka súpravy cez spriahadlá	37	74	m
hmotnosť súpravy	57	114	t
max. hmotnosť cestujúcich (80 kg/osoba)	18,4	36,8	t
max. celková hmotnosť	75,4	150,8	t
stredné brzdné spomalenie	1,1	1,1	m/s ²

V prípade železničného vozidla bola použitá 5 vozňová súprava EMU ET 425 (viď parametre v alternatíve 2a).

Vyhodnotenie

Výsledky simulácie preukázali, že 3-minutový interval medzi spojmi v zmiešanej prevádzke je reálny v akomkoľvek slede vozidiel (železničné vozidlo - železničné vozidlo, duálne vozidlo – železničné vozidlo, železničné vozidlo – duálne vozidlo, duálne vozidlo – duálne vozidlo). Požiadavka dosiahnuť kontinuálne 3-minutový interval počas špičkovej 3-hodiny je teda z tohto hľadiska možná. Podobne ako v alternatíve 2a na túto prevádzku pôsobia aj vplyvy, ktoré nesúvisia s kapacitou traťového úseku odb. Dunaj – Janíkov Dvor:

- obmedzený počet trás pre mestské železničné vozidlá na TEN-T koridore,
- dlhý pobyt v ŽST Janíkov Dvor pri obrate súpravy(5 min.), ktorý nedovoľuje zabezpečiť 3 minútový interval medzi spojmi smerom do mesta pri využití súprav prichádzajúcich z mesta.

A práve obsadenie nevyužitých trás duálnymi vozidlami sa javí ako možná cesta zvýšenia novej prepravnej kapacity na skúmanom úseku s prihliadnutím na nutnosť delenia prúdov cestujúcich od zastávky Chorvátske Rameno v smere do mesta.

Zmiešaná prevádzka na úseku Janíkov Dvor – Chorvátske Rameno je plynulá aj pri maximálne možnom využití kapacity trate za daných podmienok. Využitie vybraných priestorových oddielov vykazuje mierne prekročenie intervalu prípustných hodnôt (0,5-0,67) v smere Janíkov Dvor – mesto, nemá to však žiadny vplyv na plynulosť prevádzky. Príčiny sú:

- použitie trakčnej charakteristiky modelového električkového vozidla T6 pri duálnom vozidle (určite je možné predpokladať lepšiu trakčnú charakteristiku duálneho vozidla),
- sklonové pomery trate (stúpanie).

Priestorový oddiel	Vyt'aženie (%)
Zrkadlový Háj - Stred	64,03
Stred – Veľký Draždiak	63,80
Veľký Draždiak - Juh	66,96
Juh – Veľký Draždiak	70,84
Veľký Draždiak – Stred	69,99
Stred – Zrkadlový Háj	73,00

Vyt'aženie vybraných priestorových oddielov v 3-hodinovej dopravnej špičke

S danými parametrami dopravného systému so zmiešanou prevádzkou je možné realizovať nasledovný počet trás duálnych a železničných vozidiel na úseku Janíkov Dvor – Chorvátske rameno:

- 43 železničných súprav a 16 duálnych súprav v smere Janíkov Dvor – mesto,
- 44 železničných súprav a 11 duálnych súprav v smere mesto – Janíkov Dvor

Nevyrovnaná bilancia trás duálnych vozidiel (16:11) je spôsobená tým, že 5 súprav musí prísť zo smeru Štúrova na Janíkov Dvor ešte pred dopravnou špičkou, aby sa zabezpečilo nasadenie vozidiel na voľné trasy v opačnom smere Janíkov Dvor – mesto. Počas rannej dopravnej špičky je tento smer dôležitejší, vzhľadom na silný prúd cestujúcich, preto je potrebné zabezpečiť čo najvyššie využitie voľných trás duálnymi vozidlami smerom do

mesta. Prichádza do úvahy nahradiť i viac trás železničných vozidiel trasami duálnych vozidiel, ale treba si uvedomiť, že každá súprava železničných vozidiel má naplánovaný obeh, čo by následne mohlo znamenať zrušenie ďalších iných trás. Danú problematiku by bolo potrebné skúmať s ohľadom na celý atraktívny obvod, kde sa plánuje železničné súpravy nasadiť. Ďalším negatívnym faktorom je nižšia kapacita duálnych vozidiel oproti železničným vozidlám.

Aj v tomto prípade je pôvodný návrh so 4-mi nástupištnými koľajami v stanici Janíkov Dvor pre železničné vozidlá v špičke pre obrat súprav nepostačujúci. Je potrebná navyše 1 odstavňá koľaj pre prevádzku v špičke (oproti alternatíve 2a je to úspora jednej odstavnej koľaje). Riešenie situácie usporiadania koľají je rovnaké ako v alternatíve 2a.

V prípade výpočtu maximálnej novej dosiahnuteľnej kapacity počas špičkovej 3-hodiny na základe vzorca

$$K_{\S 3\text{-hod.}} = N_{\S 3\text{-hod.}} \cdot k \text{ [cestujúci]}$$

$K_{\S 3\text{-hod.}}$ – maximálne možná dosiahnuteľná kapacita počas špičkovej 3-hodiny

$N_{\S 3\text{-hod.}}$ – počet spojov počas špičkovej 3-hodiny

k – kapacita súpravy

sa dopracujeme k nasledujúcim hodnotám:

Pre smer Janíkov Dvor – mesto (profil tunel):

$K_{\S 3\text{-hod.}} = 43 \cdot 604 = 25\,972$ cestujúcich => **nepostačujúca** kapacita vzhľadom na výhľadový prepravný prúd v danom smere (požiadavka = 28 600)

Pre smer Janíkov Dvor – mesto (profil Starý most):

$K_{\S 3\text{-hod.}} = 16 \cdot 230 = 3\,680$ cestujúcich => **nepostačujúca** kapacita vzhľadom na výhľadový prepravný prúd v danom smere (požiadavka = 8 775)

Pre smer mesto – Janíkov Dvor (profil tunel):

$K_{\S 3\text{-hod.}} = 44 \cdot 604 = 26\,576$ cestujúcich => **postačujúca** kapacita vzhľadom na výhľadový prepravný prúd v danom smere (požiadavka = 15 400)

Pre smer mesto – Janíkov Dvor (profil Starý most):

$K_{\S 3\text{-hod.}} = 11 \cdot 230 = 2\,530$ cestujúcich => **nepostačujúca** kapacita vzhľadom na výhľadový prepravný prúd v danom smere (požiadavka = 4 725)

Splnená požiadavka vzhľadom na výhľadový prepravný prúd bola len pre profil „tunel“ v smere mesto – Janíkov Dvor, t.j., z výsledkov vyplýva, že nie je možné zabezpečiť výhľadové prepravné požiadavky v alternatíve 2b pri danej konfigurácii nosného dopravného systému. Ako logický krok by bolo nasadenie 6 vozňovej súpravy v železničnej prevádzke a napríklad zdvojenie duálnej súpravy. Maximálna možná dosiahnuteľná kapacita sa potom pohybuje v nasledujúcich hodnotách:

Pre smer Janíkov Dvor – mesto (profil tunel):

$K_{\S 3\text{-hod.}} = 43 \cdot 730 = 31\,390$ cestujúcich => **postačujúca** kapacita vzhľadom na výhľadový prepravný prúd v danom smere (požiadavka = 28 600)

Pre smer Janíkov Dvor – mesto (profil Starý most):

$K_{\S 3\text{-hod.}} = 16 \cdot 460 = 7\,360$ cestujúcich => **nepostačujúca** kapacita vzhľadom na výhľadový prepravný prúd v danom smere (požiadavka = 8 775)

Pre smer mesto – Janíkov Dvor (profil tunel):

$K_{\S 3\text{-hod.}} = 44 \cdot 730 = 32\,120$ cestujúcich => **postačujúca** kapacita vzhľadom na výhľadový prepravný prúd v danom smere (požiadavka = 15 400)

Pre smer mesto – Janíkov Dvor (profil Starý most):

$K_{\S 3\text{-hod.}} = 11 \cdot 460 = 5\,060$ cestujúcich => **postačujúca** kapacita vzhľadom na výhľadový prepravný prúd v danom smere (požiadavka = 4 725)

Z pohľadu požadovanej prepravnej kapacity ostáva nepostačujúca kapacita pre smer Janíkov Dvor – mesto (profil Starý most). Pokiaľ by sa však akceptovalo krátkodobé zníženie komfortu cestujúcich pri jazde duálnym vozidlom smerom do mesta, tak je možno vyhlásiť tento dopravný systém z pohľadu požadovanej prepravnej kapacity za vyhovujúci. Avšak z uvedeného vyplýva, že zdvojené súpravy duálnych vozidiel by dosahovali dĺžku až 74 m, čo môže byť pre jazdu v meste významná prekážka.

Významný problém pre skúmaný traťový úsek vyplýva z grafikonu vlakovej dopravy na TEN-T koridore. Pokiaľ nebude synchronizovaný s grafikonom vlakovej dopravy na Petržalskom ramene, tak nie je možné zabezpečiť pravidelný takt spojov na nosnom systéme MHD. Dôvodom sú:

- obraty súprav železničných vozidiel, z čoho vyplýva nadväznosť trás spojov,
- trasy pre regionálne a diaľkové vlaky na TEN-T koridore

V modelovanej alternatíve prevádzky však nielen železničné súpravy, ale ani duálne vozidlá z uvedených dôvodov nejazdia v pravidelných taktach. Ako príklad sú uvedené odchody duálnych vozidiel. V smere Janíkov Dvor – mesto je vidieť náznak 15-minutového taktu (tučným písmom vyznačené odchody).

- Odchody zo zastávky Janíkov Dvor (smer mesto):

5:34,5:40,5:43,5:51,6:03,**6:12**,6:15,**6:27,6:42**,6:45, **6:57,7:12,7:27,7:42,7:57,8:12**

- Odchody zo zastávky Štúrova (smer Janíkov Dvor):

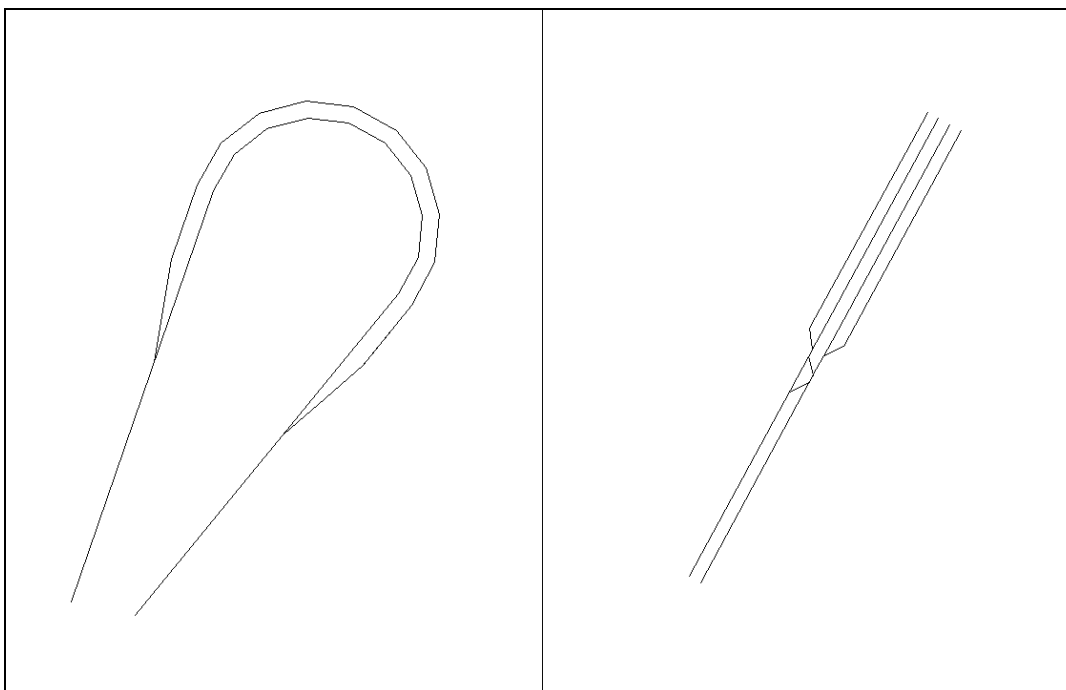
4:49,5:04,5:07,5:10,5:12,5:31,5:34,6:00,6:03,6:12, 6:17,6:27,6:30,7:03,7:06,7:33

Z pohľadu cestujúceho nebude takáto ponuka akceptovateľná.

Podobne ako prevádzka električkových vozidiel v alternatíve 1 aj duálna prevádzka na úseku Chorvátske Rameno – Janíkov Dvor si zo strany duálnych vozidiel vyžaduje maximálnu presnosť plnenia naplánovaného grafikonu vlakovej dopravy, resp. cestovných poriadkov. Vzhľadom na fakt, že nie je možné vylúčiť konflikty pri využívaní infraštruktúry v meste medzi duálnymi vozidlami a cestnými vozidlami, stavia tento faktor duálnu prevádzku do negatívnej pozície. Narušenie trás železničných súprav príchodom zmeškaných duálnych vozidiel by sa mohlo preniesť následne ďalej i na prevádzku na TEN-T koridore.

Simulačný model pre skúmanú alternatívu 2b uvažoval, že duálne vozidlo nebude meniť smer jazdy na Janíkovom Dvore, čo ovplyvnil i podkladový návrh infraštruktúry otočky. Duálne vozidlá sa otáčajú ako električkové vozidlá vo svojich koncových zastávkach/staniciach (v tomto prípade Janíkov Dvor). Ak by sa ale pristúpilo k nasadeniu duálnych vozidiel s dvomi riadiacimi stanovišťami vodiča (na konci a na začiatku), tak v koncovej zastávke/stanici by sa vozidlo otočilo zmenou smeru jazdy (tak ako to funguje

v železničnej doprave v hlavových železničných staniaciach), nie prechodom oblúku otočky. Toto opatrenie by mohlo viesť k menším priestorovým nárokom infraštruktúry v koncovej zastávke/stanici.



Návrh situačnej schémy koľajiska koncovej zastávky (stanice) pri jednom stanovišti vodiča bez zmeny smeru jazdy (vľavo) a návrh situačnej schémy koľajiska koncovej zastávky (stanice) pri dvoch stanovištiach vodiča so zmenou smeru jazdy (vpravo)

Prevádzka duálnych vozidiel v trase Janíkov Dvor – Chorvátske Rameno – Šafárikovo námestie je ovplyvnená

- a./ intervalom železničných vozidiel v trase Janíkov Dvor – odb. Dunaj – ŽST. Bratislava Filiálka vyplývajúceho z požiadavky splnenia prepravných nárokov na trase B nosného systému MHD na základe výsledkov z dopravno-inžinierskych podkladov,
- b./ grafikonom vlakovej dopravy v úseku ŽST. Bratislava Petržalka – ŽST. Bratislava Filiálka – ŽST. Bratislava predmestie.

Z toho vyplývy, že podľa simulácie nie je možné zabezpečiť pre duálne vozidlá pravidelný takt, čo pre mestskú hromadnú dopravu je neobvyklé a pre cestujúcich ťažko akceptovateľné.

Okrem toho takáto prevádzka a pri takýchto krátkych intervaloch si vyžaduje dodržiavanie naplánovaného grafikonu resp. cestovných poriadkov. Akékoľvek narušenie pravidelnosti má výrazne negatívny dopad na funkciu navrhovaného systému. Nakoľko električkové trate v centre mesta na ľavom brehu Dunaja sú vedené v úrovni vozoviek s množstvom svetelne riadených úrovňových križovatiek, nie je možné zaistiť dodržiavanie cestovného poriadku električkových liniek tak, aby nedochádzalo ku konfliktom pri využívaní spoločnej infraštruktúry.

Táto reálna možnosť môže spôsobiť narušenie grafikonu železničnej dopravy v úseku Janíkov Dvor - odb. Dunaj s následným dopadom na grafikon žel. trate koridoru ŽST Bratislava Petržalka – ŽST Bratislava Filiálka – ŽST Bratislava predmestie.

Prílohy k alternatíve 2b

Zoznam príloh

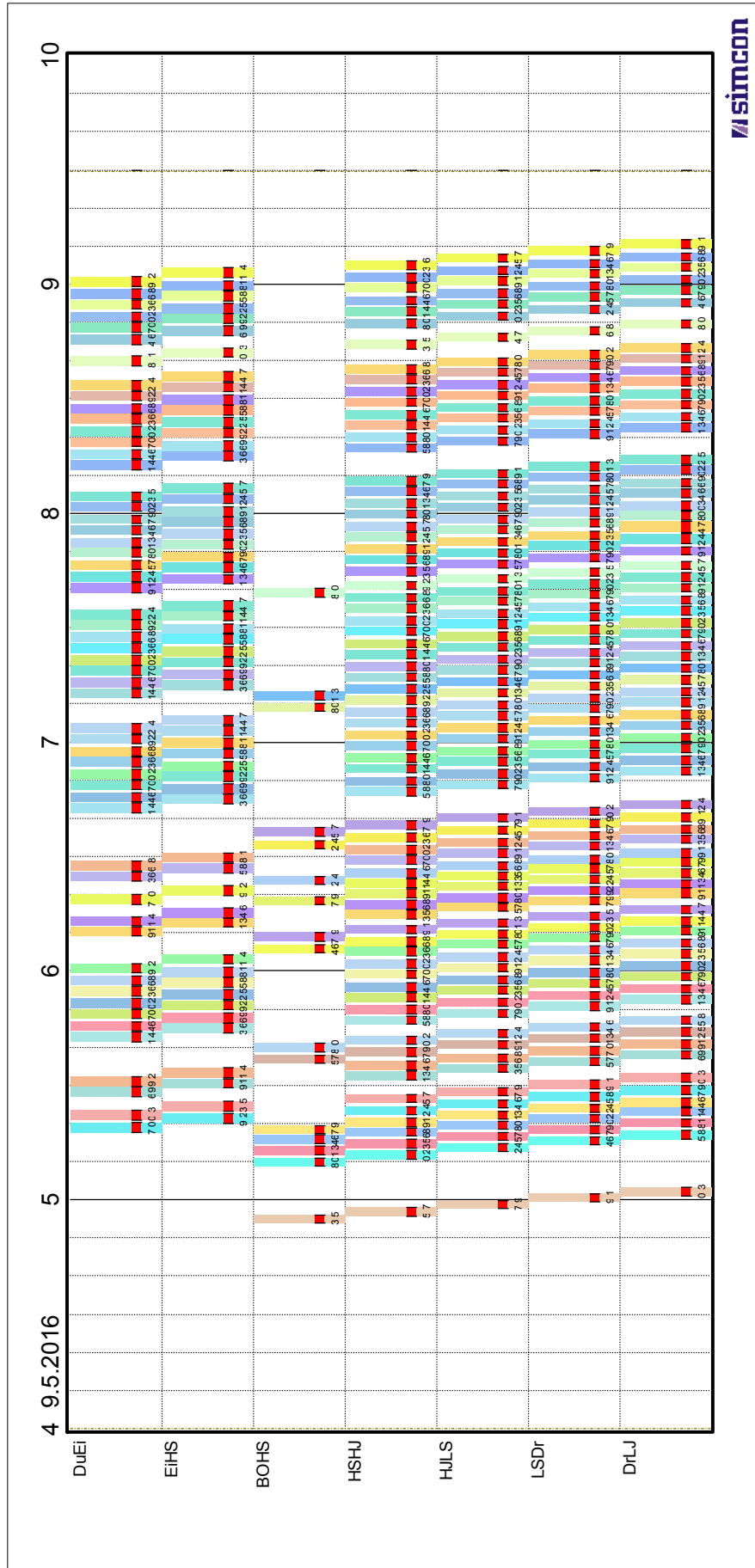
Obsadenie traťového úseku odb. Dunaj/Bosákova - Juh

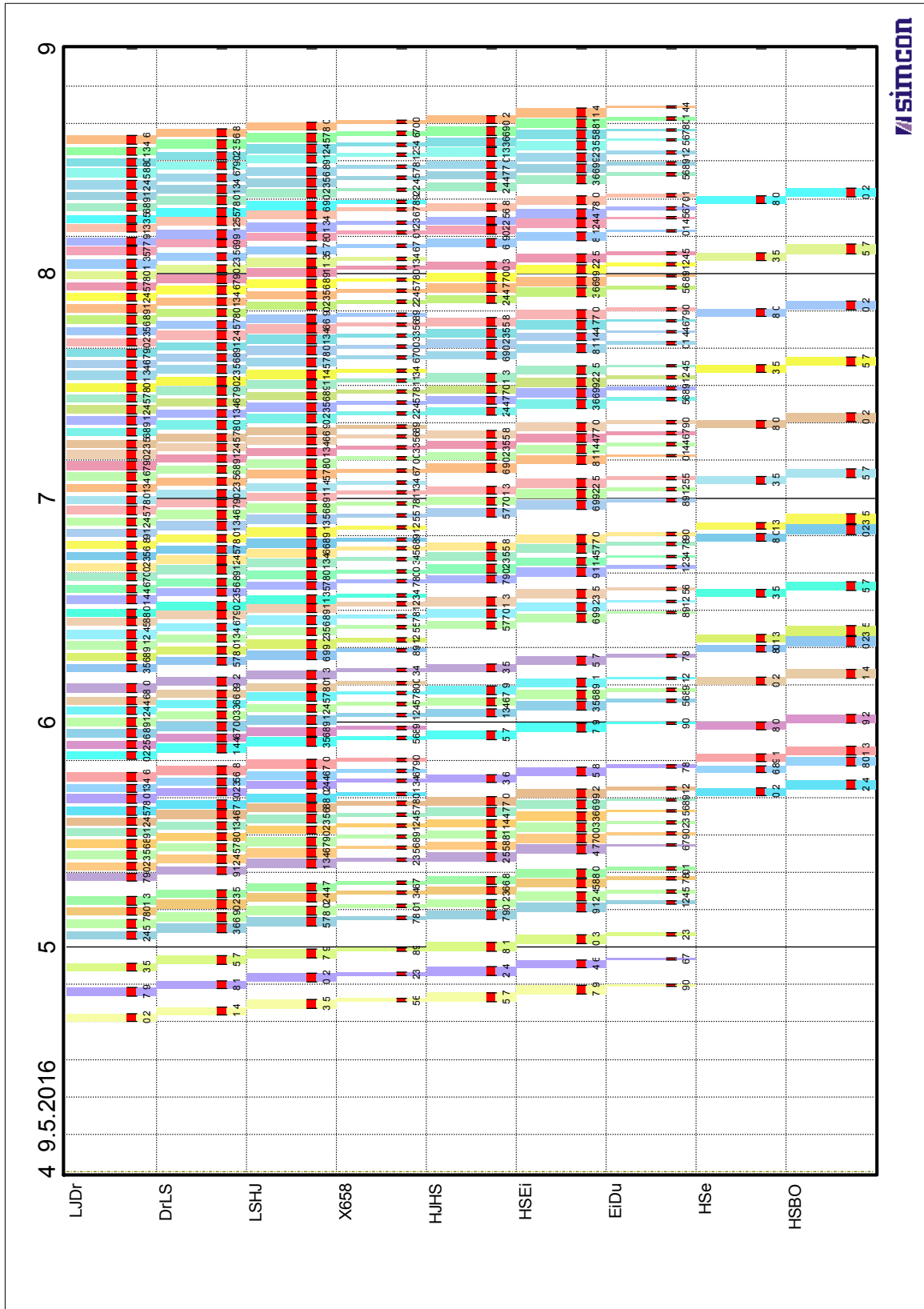
Obsadenie traťového úseku Juh – odb. Dunaj/Bosákova

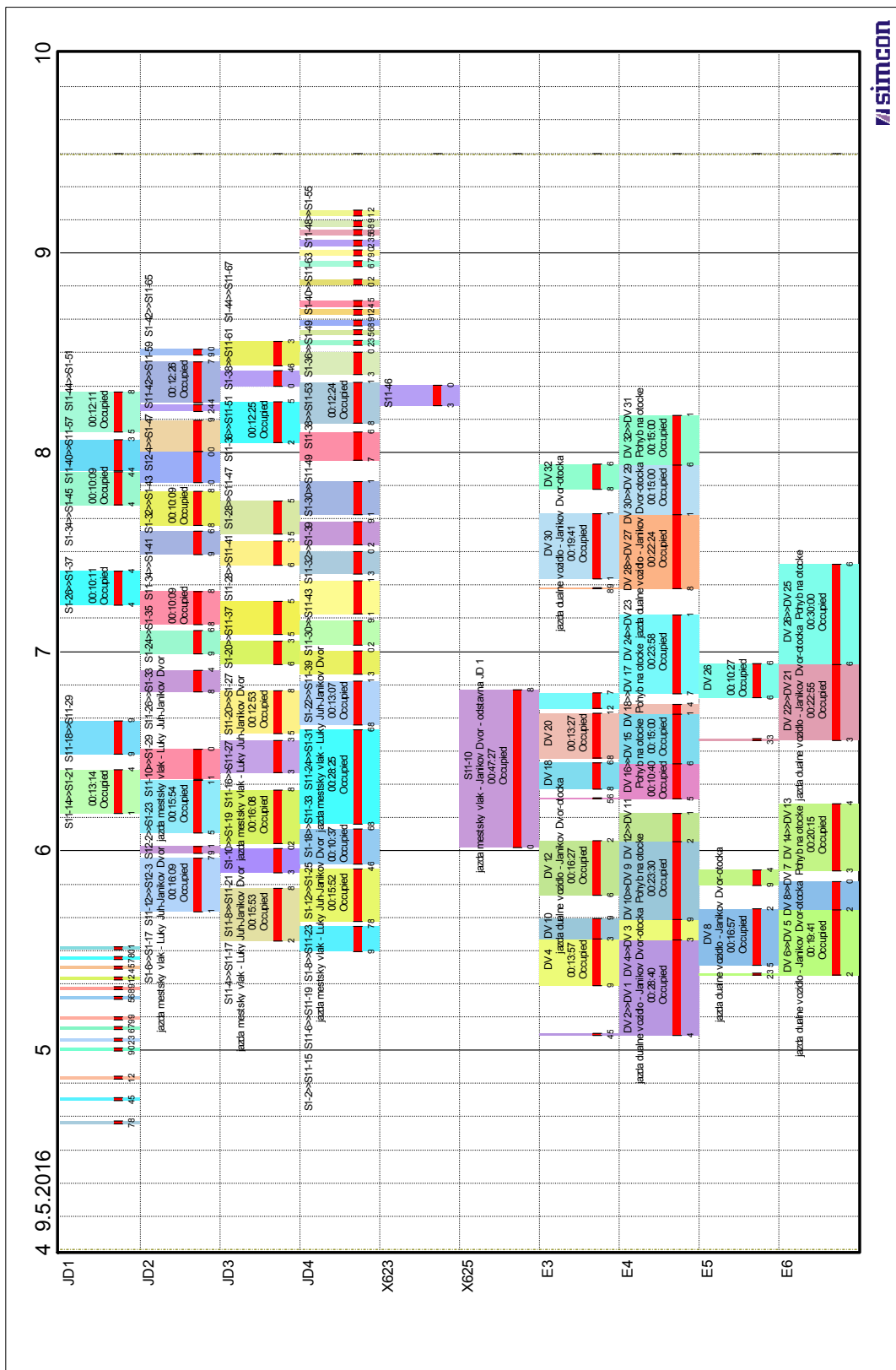
Obsadenie koľají v ŽST Janíkov Dvor a na otočke duálnych vozidiel Janíkov Dvor

Označenie úsekov infraštruktúry v prílohách

DuEi	- odbočka Dunaj – Einsteinova (zastávka železničného vozidla)
EiHS	- Einsteinova (zastávka železničného vozidla) – Chorvátske Rameno
BOHS	- Bosákova – Chorvátske Rameno
HSHJ	- Chorvátske Rameno – Zrkadlový Háj
HJLS	- Zrkadlový Háj – Stred
LSDr	- Stred – Veľký Draždiak
DrLJ	- Veľký Draždiak – Juh
LJDr	- Juh – Veľký Draždiak
DrLS	- Veľký Draždiak - Stred
LSHJ	- Stred – Zrkadlový Háj
X658 + HJHS	- Zrkadlový Háj – Chorvátske Rameno (železničné vozidlo)
HSEi	- Chorvátske Rameno – Einsteinova (zastávka železničného vozidla)
EiDu	- Einsteinova (zastávka železničného vozidla) – odbočka Dunaj
X658 + HSe	- Zrkadlový Háj – Chorvátske Rameno (duálne vozidlo)
HSBO	- Chorvátske Rameno - Bosákova







Obsadenie koľají v ŽST Janíkov Dvor a na otočke duálnych vozidiel Janíkov Dvor

Alternatíva 3
Integrácia prevádzky NS MHD do prevádzky
na trati Bratislava Petržalka – Rusovce

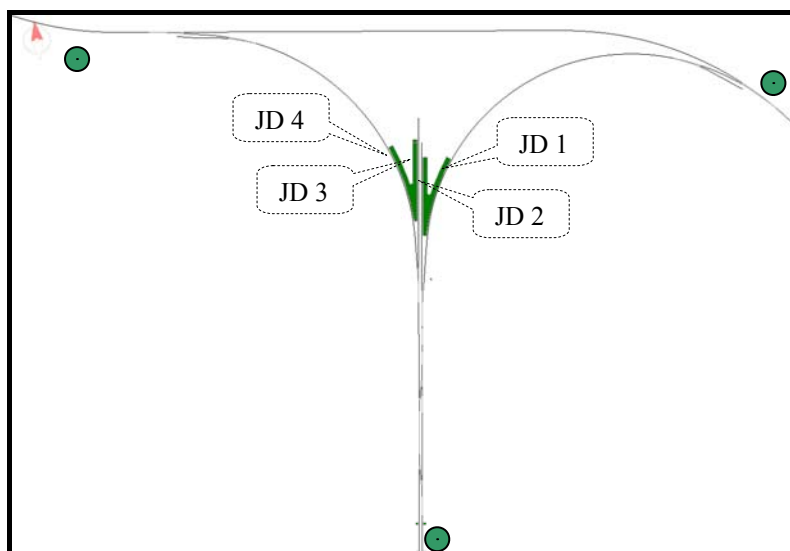
4.4. Alternatíva 3 – Integrácia prevádzky NS MHD do prevádzky na trati Bratislava Petržalka – Rusovce

Cieľ

- preveriť možnosti integrovania prevádzky nosného systému MHD do prevádzky na trati BA Petržalka - Rusovce

Vstupné údaje pre všetky scenáre

- podklady z kapitoly „Tvorba modelu“,
- parametre prevádzky pre železničné vozidlá v oboch smeroch na úseku odbočka Dunaj – Janíkov Dvor sú identické s alternatívou 2a,
- na jednokoľajnej trati Bratislava Petržalka – Rusovce jazdia obojsmerne,
- modelová elektrická jednotka žel. vozidiel EMU ET 425 je zložená z 5 vozňov,
- ŽST Janíkov Dvor je krytá tromi návestidlami umiestnenými tak, ako je to vyznačené na obrázku zelenými bodmi, pričom dve vchodové návestidlá v hornej časti obrázku zároveň rozdeľujú medzistaničný úsek na trati Bratislava Petržalka – Rusovce na dva priestorové oddiely



**Zobrazenie koľajiska ŽST Janíkov Dvor s označením koľají a vchodovými návestidlami
(alternatívne koľajisko použité pre simuláciu)**

- označenie koľají v ŽST Janíkov Dvor pri nástupištiach je rovnaké, ako pri alternatíve 2a (JD 1 – JD 4),
- výhľadové prepravné prúdy pre alternatívu 3 tohto času nie sú známe,
- modelová 3-hodinová dopravná špička trvá od 5:30 – 8:30,
- model je takisto integrovaný do TEN-T prevádzky, neobsahuje však vlakovú dopravu Kittsee – BA ÚNS,
- minimálny pobyt železničných vozidiel v železničných staniach Rusovce, Bratislava Petržalka a Janíkov Dvor pri zmene smeru jazdy a výmene stanovišťa rušňovodiča je 5 min., t.j. 0,5 min. na výstup + 4 min. na presun rušňovodiča z jedného stanovišťa na druhé + 0,5 min. na nástup,
- každá súprava železničných vozidiel je obsadená 1 rušňovodičom,,

- príchod súprav železničných vozidiel na rannú dopravnú špičku do ŽST Janíkov Dvor je realizovaný z troch smerov, a to v pomere:
5 súprav zo ŽST Bratislava Petržalka;
5 súprav zo ŽST Rusovce;
4 súprav zo ŽST Bratislava Rača (cez odb. Dunaj);
- model nezohľadňuje súčasné kapacity odstavných koľají v železničných staniách Bratislava Petržalka, Rusovce a Bratislava Rača,
- v modeli je počet železničných vozidiel na trati Bratislava Petržalka – Rusovce v špičkovej 3-hodine určený na základe výhľadu pre rok 2020 (25/21 vlakov/deň), a to 3 trasy/3 hod pre oba smery

Vyhodnotenie

Z vyhodnotenia simulovanej alternatívy vyplýva, že počet spojov v oboch smeroch na úseku Janíkov Dvor – odb. Dunaj (48/47) a vyťaženie priestorových oddielov na úseku Einsteinova – Juh a späť je identické ako v alternatíve 2a.

Oproti alternatíve 2a však došlo k zmene v odstavovaní železničných vozidiel na Janíkovom Dvore. Po výstupe cestujúcich museli ísť 3 železničné vozidlá na odstavné koľaje.. V alternatíve 3 už nie sú potrebné spomínané odstavné koľaje za nástupišťami na Janíkovom Dvore. Dve železničné vozidlá jazdia do Rusoviec, resp. Bratislavy Petržalky. Tretie železničné vozidlo je na zastávke Juh zdržané cca 50 sekúnd, kým sa uvoľní nástupištná koľaj na Janíkovom Dvore Toto čakanie nemá žiadny nepriaznivý vplyv na plynulosť prevádzky. Vzhľadom na to, že koľajové prepojenie na trať Bratislava Petržalka – Rusovce nie je v súlade s platným územným plánom, tak je potrebné odstavné koľaje vybudovať za nástupišťami, ktoré už budú zároveň pripravené na predĺženie trate smerom do rozvojového územia Juh.

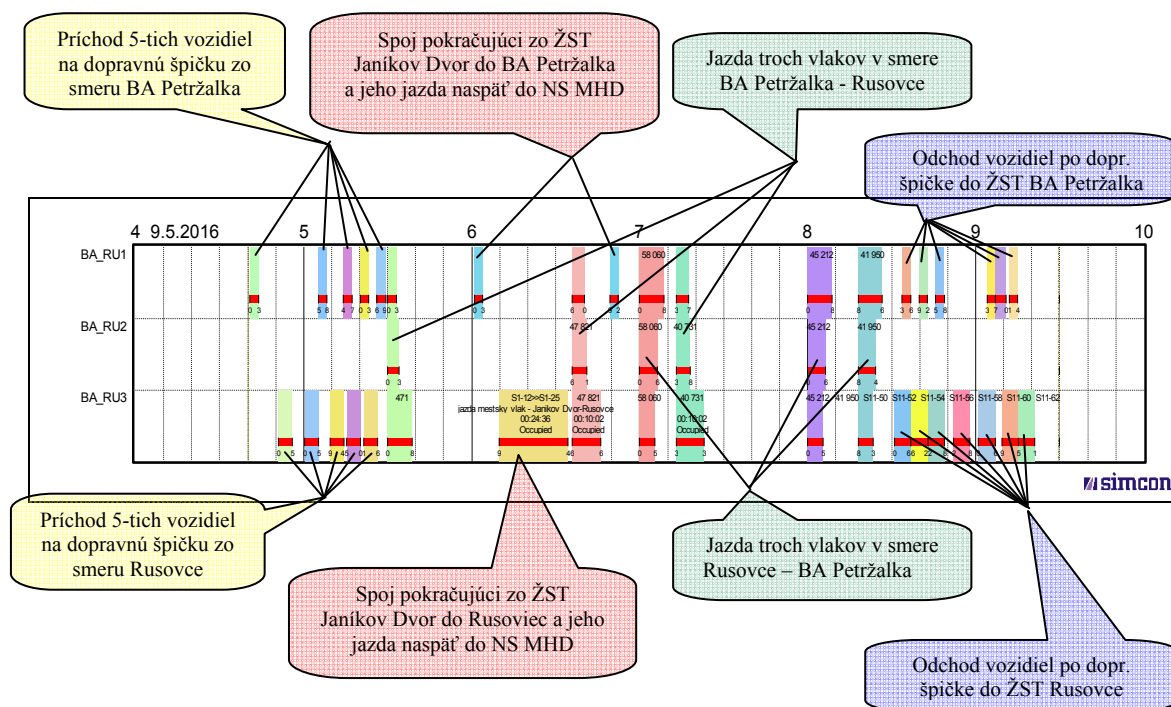
Nástup vozidiel na dopravnú špičku do ŽST Janíkov Dvor sa uskutočňuje príchodom zo železničných staníc Bratislava Petržalka, Rusovce a Bratislava Rača (cez odbočku Dunaj) vo vyššie uvedenom pomere. Naopak, po ukončení dopravnej špičky odchádzajú nadbytočné vozidlá (ich počet by sa dal zistiť na základe prepravných požiadaviek počas sedla) zo ŽST Janíkov Dvor striedavo do ŽST Rusovce a ŽST Bratislava Petržalka. Zvyšná časť po otočení v ŽST Janíkov Dvor bude pokračovať smerom do mesta.

Je veľmi dôležité si uvedomiť, že stratégia nástupu vozidiel na dopravnú špičku, ako aj odchod po nej nezohľadňovali odstavné kapacity v jednotlivých žel. staniách. To by bolo možné len za predpokladu vytvorenia modelu takmer celého Bratislavského železničného uzlu, kde by sa dali voľné odstavné kapacity overiť a následne zistiť prázdne najjazdené kilometre súprav.

V prípade 3-minútového intervalu model overil, že vzhľadom na jazdné doby nie je možná následná jazda dvoch po sebe idúcich spojov zo ŽST Janíkov Dvor do ŽST Rusovce, resp. do ŽST Bratislava Petržalka. **Na ten istý smer môže ísť každý druhý spoj**, t. j. každých 6 minút.

Železničné vozidlá na základe výhľadu na trati Bratislava Petržalka – Rusovce jazdia v približne rovnakých polohách ako v súčasnom grafikone vlakovej dopravy 08/09 (v smere Bratislava Petržalka – Rusovce sú to železničné vozidlá (vlaky) 471, 47 821 a 40

731; v smere Rusovce - Bratislava Petržalka sú to železničné vozidlá (vlak) 58 060, 45 212 a 41 950).



Obsadenie trate Bratislava Petržalka – Rusovce s popisom

Simulácia integrácie prevádzky nosného systému MHD do prevádzky na trati Bratislava Petržalka – Rusovce na základe výhľadovej prognózy dopravy preukázala, že za daných predpokladov nevznikajú konflikty. Z obsadenia trate vidieť, že existuje v prípade potreby priestor na vloženie ďalších trás železničných vozidiel na trati Bratislava Petržalka – Rusovce. Priestor je možné využiť pre jazdu železničných vozidiel medzi ŽST Bratislava Petržalka a Rusovce, ale i pre železničné vozidlá nosného systému MHD.

Ak budú známe prúdy cestujúcich zo ŽST Janíkov Dvor do Rusoviec a Bratislavy Petržalky, tak po ich posúdení je prípadne možné predĺžiť jednotlivé trasy mestských železničných vozidiel/vlakov (napr. každých 30 min., 60 min., atď.) do daných staníc. Predĺženie trás však bude mať aj vplyv na obeh súprav, čo v konečnom dôsledku spôsobí väčšiu potrebu vozidlového parku.

Záverečné vyhodnotenie

5. Závěrečné vyhodnotenie

V nasledujúcej časti budú z pohľadu dopravnej technológie zhrnuté klady, zápory a riziká jednotlivých alternatív prevádzky koľajovej dopravy na území mestskej časti Bratislava Petržalka, ktoré boli skúmané v simulačnej štúdii pre technicko-ekonomickú štúdiu. Skúmané boli 4 alternatívy:

- prevádzka len električkových vozidiel
- prevádzka len železničných vozidiel
- duálna prevádzka (prevádzka duálnych a železničných vozidiel)
- integrácia prevádzky nosného systému MHD do prevádzky na trati Bratislava Petržalka – Rusovce (prevádzka len železničných vozidiel)

Prevádzka len električkových vozidiel

Klady

- Prechodnosť vozidiel na existujúcu infraštruktúru DP mesta Bratislava bez časovej väzby na sprevádzkovanie projektu TEN-T

Zápory

- Nutnosť vybavenia vozidiel pre jazdu podľa návestných znakov platných v podmienkach ŽSR s priestorovými oddielmi dlhými minimálne 700 m
- Jazda vozidiel v priestorových oddieloch s minimálnou dĺžkou 700 m nedovoľuje skrátiť interval medzi spojmi v rovnakom smere pod 3 minúty
- Malá kapacita vozidiel – nutnosť spájania viacerých vozidiel do súprav
- Sklonové pomery

Riziká

- Perspektívne by takýto dopravný systém mohol byť z kapacitného hľadiska obmedzujúcim prvkom pre rozvoj NS MHD v Petržalskej aglomerácii

Prevádzka len železničných vozidiel

Klady

- Osvedčený dopravný systém poskytujúci veľkú prepravnú kapacitu v rámci očakávaných prepravných prúdoch definovaných v DÚŠ

Zápory

- Kolízia s prevádzkou na TEN-T koridore spôsobuje nepravidelnosť spojov mestských železničných vozidiel (vlakov)
- NS MHD nemôže plne využiť kapacitu skúmaného traťového úseku

Riziká

- Pokiaľ sa neharmonizuje GVD na TEN-T koridore s GVD mestských železničných vozidiel (vlakov), môže to viesť ku poklesu atraktívnosti NS MHD z pohľadu cestujúceho

Duálna prevádzka

Klady

- Nevyužitie trasy (v dôsledku prevádzky na TEN-T koridore) je možné využiť pre jazdu duálnych vozidiel

Zápory

- Absencia pravidelnosti spojov železničných a duálnych vozidiel
- Nutnosť zdvojovania súprav duálnych vozidiel v špičke s cieľom dosiahnutia požadovaných prepravných kapacít
- Problematická dĺžka zdvojených súprav duálnych vozidiel pre prevádzku na električkových tratiach v meste
- Prenos konfliktov duálnych vozidiel s cestnou dopravou na zmiešanú prevádzku na úseku Chorvátske Rameno – Janíkov Dvor

Riziká

- Zmiešaná prevádzka na úseku Chorvátske Rameno – Janíkov Dvor z pohľadu dvoch odlišných konštrukčných parametrov vozidiel (spoľahlivosť, ...), prípadne vzhľadom na dvoch operátorov
- Odlišné správanie vodiča duálneho vozidla v súvislosti s jazdou na dohľad, resp. v priestorových oddieloch
- Problematická konštrukcia duálneho vozidla, vyhovujúca úsekom, kde jazdia železničné vozidlá a kde jazdia električkové vozidlá

Integrácia prevádzky NS MHD do prevádzky na trati BA Petržalka – RusovceKlady:

- Flexibilita prevádzky napojením skúmaného úseku nielen na TEN-T koridor (odb. Dunaj), ale aj na trať BA Petržalka – Rusovce
- Pre výhľadovú dopravu postačuje jednokoľajná trať BA Petržalka – Rusovce s dvoma priestorovými oddielmi

Zápory

- Nutnosť vybudovať odbočku Janíkov Dvor

Riziká

- Odstavná kapacita pre mestské železničné vozidlá (vlaky) v dopravnom sedle a nočných hodinách

Ani jeden model prevádzky sa nezaoberal otázkou potrebného počtu električkových, duálnych alebo železničných vozidiel. Pre vyšetrenie tejto otázky by bolo potrebné rozšíriť simulačný model o všetky úseky, na ktorých by boli vozidlá perspektívne nasadené (napr. v rámci regionálneho dopravného konceptu) a takisto by bolo potrebné simulovať nielen rannú špičku, ale celý deň, prípadne dlhší časový úsek, ktorý by zohľadňoval aj nevyhnutnú periodickú údržbu (čistenie vozidiel a pod.)

Ďalším otáznikom pre budúcu prevádzku je rozsah a umiestnenie súčasnej, resp. plánovanej výhľadovej infraštruktúry pre odstavovanie a technicko-hygienickú údržbu prevádzkovaných železničných koľajových vozidiel. Informácie v čase spracovania štúdie neboli potencionálnym dopravcom definované.