

MIRA MILUTINOVIĆ*, SANJIN MILINKOVIĆ**, SLAVKO VESKOVIĆ***

SIMULACIJA KRETANJA VOZOVA U SLUČAJU IZGRADNJE DVOKOLOSEČNE PRUGE NA RELACIJI RESNIK – VALJEVO

SIMULATION OF TRAIN MOVEMENTS IN THE CASE OF THE CONSTRUCTION OF A TWO-TRACK RAILROAD ON THE RESNIK-VALJEVO RELATION

Datum prijema rada: 25.9.2018.
UDK: 656.2+656.33.01:517.876.5

REZIME:

Zbog sve veće potrebe da se manji gradovi „približe” metropolama, javlja se dobra osnova za razvoj kako prigradskog, tako i regionalnog železničkog saobraćaja. Železnica raspolaže velikim kapacitetom transporta što je poželjno naročito u periodu vršnih časova. Takođe, poznato je da važi za jedan od najbezbednijih vidova transporta dok istovremeno svojim putnicima pruža odličan komfor uz relativno niske cene prevoza. Da bi železnica mogla da parira konkurentnom drumskom transportu, kada je reč o prevozu putnika na prigradskom ili regionalnom nivou, neophodno je, pre svega, povećati frekventnost polazaka na određenim linijama. Veća frekventnost polazaka zahteva veću propusnu moć pruge. Jedan od načina povećanja propusne moći pruge jeste izgradnja dvokolosečne trase. U ovom dokumentu biće predstavljen izrađeni model za simulaciju kretanja vozova u slučaju izgradnje dvokolosečne pruge na relaciji Resnik - Valjevo, primenom softverskog paketa Open Track. Cilj je da se simulacijom proračunaju vremena vožnje vozova na ovoj deonici nakon rekonstrukcije trase i uporede podaci sa modelom jednokolosečne trase. Prilikom izrade modela, korišćeni su detaljni podaci o infrastrukturi, kao i elektromotornoj garnituri koja saobraća na ovoj relaciji kako bi se dobili verodostojni podaci koji su bliski realnim.

Ključne reči: železnički saobraćaj, simulacija, Open Track, vozna vremena

SUMMARY:

Need for connecting small towns with metropolises provides great opportunity for development, regional railway passenger transport, with comfort, and it's also known as one of the safest ways of transporting. The railway has a large transport capacity, which is desirable especially during peak hours. If we want to railways to parry with road transporting on intercity or regional level, its necessary to increase frequency of departures on certain lines, and that request a bigger throughput, which is provided with construction of two-track railroad. In this document, a simulation of the movement of trains on reconstructed line Resnik - Valjevo will be performed. The goal is to calculate trains time on this destination after the reconstruction of route, with the aforementioned simulation. When we create model, we will use detailed data of infrastructure elements and EMU which travels on this route, in order to get credible information, close to real one.

Key words: railway transport, simulation, Open Track, trains time

* Mira Milutinović, mast. inž. saobr, Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305, miramilutinovic93@gmail.com

** Prof. dr Sanjin Milinković, dipl. inž. saobr, Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305, sanjin@sf.bg.ac.rs

*** Prof. dr Slavko Veskočić, dipl. inž. saobr, Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305, veskos@sf.bg.ac.rs

1. UVOD

U ovom dokumentu prikazana je izvršena simulacija kretanja vozova na rekonstruisanoj dvokolosečnoj pruzi Resnik-Valjevo. Neophodno je napomenuti da je pomenuta relacija trenutno jednokolosečna i da se potreba za njenom rekonstrukcijom nije razmatrala, već se pretpostavilo da je ona izvršena. Trenutni obim saobraćaja na ovoj relaciji ne zahteva veću propusnu moć od postojeće jer je transport putnika i robe u poslednjih nekoliko godina znatno opao. Akcenat ovog rada je na putničkom saobraćaju i simulaciji kretanja vozova koji su nekada saobraćali u sistemu Beovoza i kao takvi bili veoma korisni putnicima koji su odlazili na posao, školu ili fakultet jer je ova linija imala svoj nastavak koji je vodio u sam centar grada. Kada je reč o transportu putnika, železnica bi mogla postati lider na ovoj relaciji, ako bi uspela da obezbedi putnicima brz, ekonomičan i pouzdan transport. Potrebno je pre svega sačiniti red vožnje koji odgovara zahtevima i potrebama putnika uz istovremenu robusnost istog. Izgradnjom dvokolosečne pruge stvorila bi se dobra podloga za organizaciju frekventnog putničkog saobraćaja na ovoj relaciji.

Simulacija je izrađena u softverskom paketu Open Track. Prilikom izrade modela korišćeni su detaljni infrastrukturni podaci i izvršena je mikrosimulacija kretanja voza.

2. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA INFRASTRUKTURE I ORGANIZACIJE SAOBRAĆAJA

Pruga Resnik-Valjevo¹ je elektrificirana jednokolosečna pruga dužine 78,169 km. Na relaciji Resnik – Valjevo postoji jedanaest službenih mesta. Dozvoljeno osovinsko opterećenje na celoj deonici iznosi 22,5 t.

Na ovoj deonici postoji 5 tunela i njihove stacionaže su date u tabeli 1. Pregled maksimalno dozvoljenih i ograničenih brzina na pruzi Resnik – Valjevo dat je u tabeli 2.

U tabeli 3 dat je prikaz nekih postojećih vertikalnih, a u tabeli 4 horizontalnih krivina koje se nalaze na ovoj relaciji. U model su unete stacionaže svih vertikalnih i horizontalnih krivina koje postoje na trasi.

¹ <http://infrasz.rs/>

Tabela 1. Stacionaže tunela

Redni broj tunela	Početak tunela	Kraj tunela	Dužina tunela (m)
1	1+797,29	1+885,33	88,04
2	3+388,08	3+422,27	34,19
3	4+607,79	4+785,66	117,87
4	5+407,71	5+609,38	201,71
5	8+227,47	12+044,00	3816,53

Tabela 2. Pregled brzina

Od km	Do km	Vmax (km/h)	Ograničena brzina	Razlog ograničenja
0+425	7+600	70	/	/
7+600	23+100	85	/	/
8+000	8+238	/	70	Krivina R=400m L=60m
23+100	30+600	90	/	/
30+600	37+200	85	/	/
37+200	77+700	100	/	/

Tabela 3. Prikaz vertikalnih krivina

Od KM	Do KM	Nagib ‰	Dužina (km)
0,425	0,644	1,90	0,219
0,644	1,150	8,10	0,506
1,150	1,451	8,90	0,301
1,451	1,569	11,00	0,118
1,569	1,729	10,00	0,160
1,729	1,991	11,00	0,262
1,991	2,255	6,00	0,264
2,255	2,700	10,60	0,445
...

Na relaciji Resnik-Valjevo saobraćaju regionalni, brzi i međunarodni vozovi, podjednako suzastupljeni i teretni vozovi. U izvršenim proračunima u modelu nisu razmatrani teretni i međunarodne putnički vozovi, ali se njihovo implementiranje u program može izvesti na jednostavan način.

Tabela 4. Prikaz horizontalnih krivina

Stacionaža PPK	Stacionaža PKK	Stacionaža KKK	Stacionaža KPK	Radijus	Tip krivine L-leva D-desna	Dužina prelazne krivine (m)	Dužina kružne krivine (m)	Dužina prilezne krivine (m)	Dužina krivine (m)
0+434	0+514	0+751	0+831	300	L	80	237,00	80	397,00
0+867	0+947	1+354	1+434	300	D	80	407,00	80	567,00
1+468	1+518	1+620	1+670	500	L	50	102,00	50	202,00
1+789	1+849	2+030	2+090	400	L	60	181,00	60	301,00
2+310	2+400	2+572	2+662	300	D	90	172,00	90	352,00
2+876	2+966	3+265	3+355	300	L	90	299,00	90	479,00
...

Red vožnje vozova² za prevoz putnika koji saobraćaju na ovoj relaciji dat je u tabelama 5 i 6.

Tabela 5. Red vožnje Resnik-Valjevo

Broj i rang voza	Polazak	Dolazak	Vreme putovanja
711 Brzi	06:40	07:46	1:06
2131 Regio	07:38	09:00	01:22
713 Brzi	12:39	13:43	01:04
2133 Regio	15:53	17:05	01:12
715 Brzi	17:24	18:41	01:17
2135 Regio	19:53	21:07	1:14

Tabela 6. Red vožnje Valjevo-Resnik

Broj i rang voza	Polazak	Dolazak	Vreme putovanja
2130 Regio	04:35	05:51	01:16
710 Brzi	06:45	07:59	01:13
712 Brzi	09:06	10:24	07:18
2132 Regio	12:06	10:24	01:18
2134 Regio	17:07	18:30	01:23
714 Brzi	19:59	21:03	01:04

3. ANALIZA INFRASTRUKTURE I ORGANIZACIJE SAOBRAĆAJA NA REKONSTRUISANOJ DVOKOLOSEČNOJ PRUZI RESNIK - VALJEVO

Pretpostavljeno je da je rekonstrukcijom pruge izvršena denivelacija svih putno-pružnih prelaza na ovoj deonici kojih trenutno ima 13 i da se

² <http://www.srbvozs.rs/redvoznje.html>

bezbednost kako železničkog, tako i drumskog saobraćaja podigla na viši nivo.

Prilikom izrade rada napravljene su određene modifikacije postojećih stanica dodavanjem određenih skretnica i koloseka prema tehnološkim i bezbednosnim zahtevima u model, kao i celokupna dvokolosečna deonica otvorene pruge. Nije se ulazilo u detalje vezane za mogućnost realizacije izgradnje dodatnog koloseka na terenu, zbog kompleksnosti izrade samog rada, čiji je cilj izrada simulacionog modela.

U model su implementirane ukupno 43 skretnice na celokupnoj deonici od Resnika do Valjeva.

Predviđeno je da vozovi iz smera Resnika saobraćaju po desnom koloseku, a vozovi u suprotnom smeru po levom koloseku.

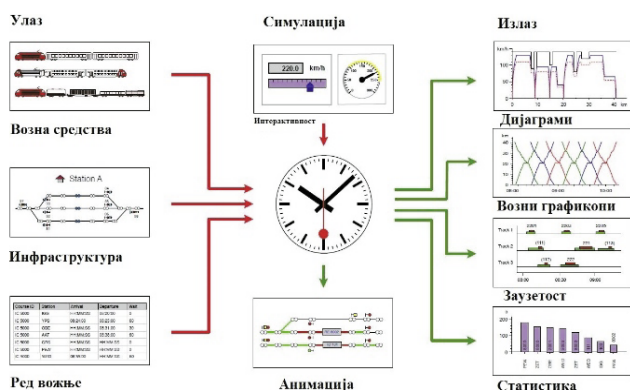
Vožnje po nepravilnom koloseku nisu predviđene simulacionim modelom, ali ostavljene su kao opcija za eventualnu nadogradnju modela.

4. ANALIZA RADA SIMULACIONOG MODELA OPEN TRACK

Za izradu simulacionog modela korišćen je softver Open Track [1]. Softver je razvijen još devedesetih godina prošlog veka kao istraživački projekat Švajcarskog Nacionalnog instituta za tehnologiju. Cilj projekta, objektno-orijentisanog modeliranja na železnici, bio je da razvije alat koji može da odgovori na pitanja o železničkim operacijama putem simulacije. Danas se softver Open Track koristi na železnici, u raznim institutima za železnički

saobraćaj i na fakultetima širom sveta. Kao što je prikazano na slici 1, u Open Track-u se ulaznim podacima upravlja preko tri modula: vozna sredstva, infrastruktura i red vožnje. Korisnici unose ulazne informacije u ove module i potom pokreću simulaciju.

Osnovni moduli Open Track-a prikazani su na slici 1.



Slika 1. Open Track proces: Улаз-Симулација-Изаз

Симулација се заснива на улазним подацима које дефинише корисник. Претходно дефинисани возови крећу се по задатој колосећној ситуацији према условима датим редом вођње. Open Track користи мешовити дискретно/континуални симулациони процес тако да се код континуалних процеса израчунавају бројне вредности различитих диференцијалних једначина кретања возила (возова), а код дискретних процеса прате се стања сигнала и расподеле кашњења.

У оквиру симулационог процеса добија се широк спектар излазних података. Open Track омогућава кориснику да ове податке прикаже у великом броју различитих формата укључујући „просторно-временске“ дијаграме, табеле и граfiчке prikaze (slike).

Овај симулациони модел израђен је у демо верзији Open Track програма који има одређена ограничења, али се добијени подаци могу сматрати довољно тачним за овај ниво студије.

5. ANALIZA I OPIS RADA IZRAĐENOG OPEN TRACK MODELA

Ограничење које намеће демоверзија софтвера подразумева да је максимално време симулације сат времена и да се за то време кроз модел могу пропустити само два воза.

На почетку рада, најпре се приступило прикупљању података о инфраструктури, затим возилима и реду вођње.

Приликом израде рада у већ постојећу базу станица у модел је убачено једанаест нових станица: Resnik, Bela Reka, Barajevo, Veliki Borak, Stepoevac, Vreoci, Lazarevac, Lajkovac, Slovac, Divci i Valjevo. Такође, унети су и подаци за Štadlerovu garniturу серије 413/417, која већ саобраћа на поменутој деоници пруге.

5.1. Unos infrastrukturnih podataka

Zbog nepostojanja posmatranog projekta у stvarnosti, kolosečna situacija svih 11 stаница је zamišljena kreacija autora simulacionog modelа и ne predstavlja stvarnu situaciju на terenu s obzirom на то да је pomenuta trasa trenutno jednokolosečna.

Nakon prikupljanja podataka, приступило се objedinjavanju podataka у excel tabeli respektivno ređajući stacionaže signala, predsignala, skretnica, krivina, tunela, promene nagiba, izolovanih sastava и staničnih zgrada.

Podaci о kolosečnoј situaciji sastoје se od opisa fizičkih parametara infrastrukture koja se simulira. Oni obuhvataju stvarne elemente infrastrukture kao što su: delovi koloseka (koji se u softveru nazivaju „edges“), signali и stanice; kao и virtuelne elemente kao što su verteksi „vertex“ (тачке promene vrednosti parametara) и rute.

Овај део израде симулационог modelа може бити једноставан и упрошћен ако се изоставе подаци о кривинама, тунелима, променама nagiba и осталим подацима, који детаљно описују инфраструктуру поменуте relације. У овом раду користили су се и паљљиво unosili детаљни подаци vezani за инфраструктуру. Унето је близу 1400 verteksa, odnosno таčака где се одређени подаци о инфраструктури menjaju. Резултат тога су излазни подаци блиски realним.

Deo objedinjenih podataka prikazan је у tabeli 7.

Ređanjem verteksa „iscrtava“ се kolosečna situacija svih stаница и otvorene pruge. Izgled svih radnih listova prikazan је на slici 2. Potrebno је napomenuti да dobijene šeme stаница nisu у razmeri на radnom listu, али да dužine koloseka između verteksa unete у program imaju realne vrednosti.

Tabela 7. Deo objedinjenih infrastrukturnih podataka

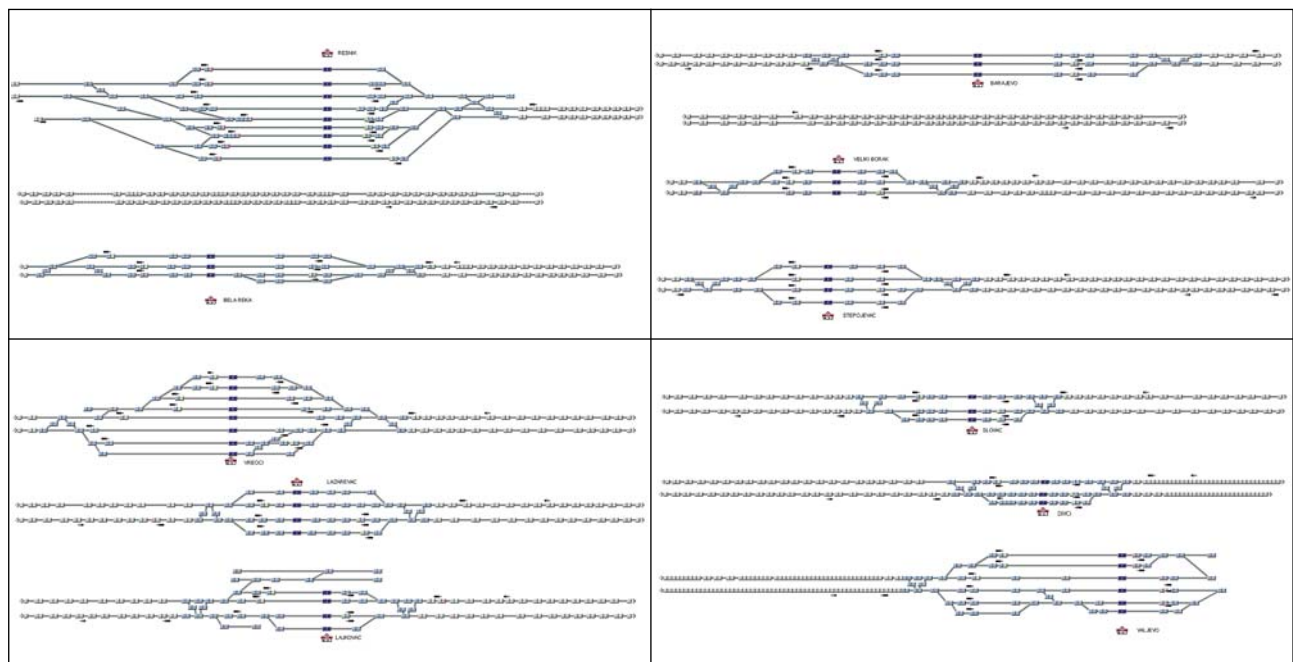
Naziv verteksa	Stacionaža	Vmax	Nagib (‰)	Poluprečnik krivine (m)
Promena nagiba	16,233	70	11,0	0
Izolovani sastav	16,261	70	11,0	0
Početak prelazne krivine	16,293	70	11,0	400
Promena nagiba	16,495	70	6,0	400
Kraj prelazne krivine	16,594	70	6,0	400
Promena nagiba	16,759	70	10,6	0
Početak prelazne krivine	16,814	70	10,6	300
Kraj prelazne krivine	17,166	70	10,6	300
Promena nagiba	17,204	70	8,6	0
Početak prelazne krivine	17,380	70	8,6	300
Promena nagiba	17,554	70	12,1	300
Kraj prelazne krivine	17,859	70	12,1	300
Promena nagiba	17,884	70	10,5	0
...

5.2. Unos podataka o elektromotornoj garnituri i vozovima

Nakon definisanja svih neophodnih podataka o infrastrukturi sledeći deo rada odnosi se na podatke o lokomotivama, odnosno elektromotornoj garnituri koja saobraća na ovoj relaciji (slika 3).

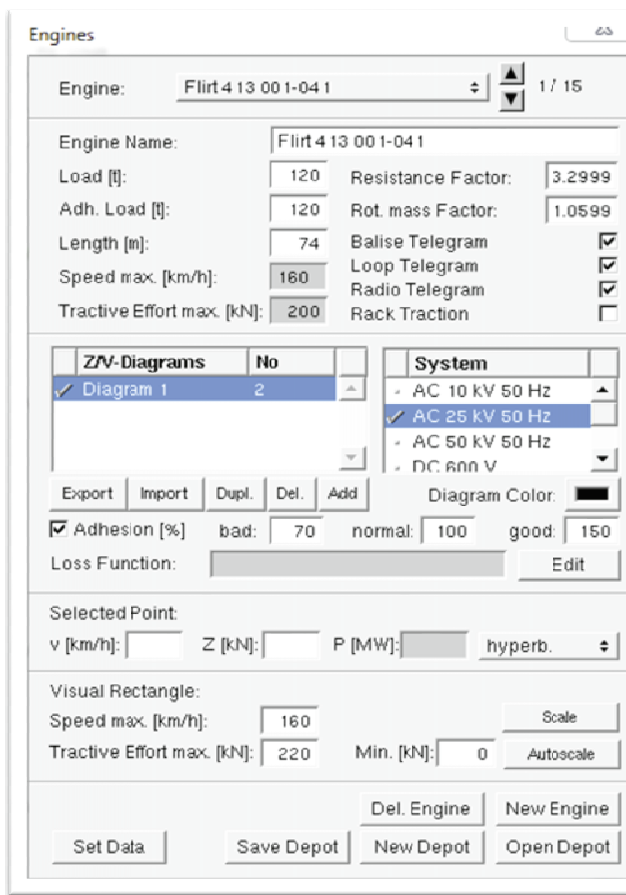
U ovom radu je korišćena elektromotorna garnitura 413 001-041. Štadler Flirt³ lokomotive koriste se na raznim linijama u više zemalja, kao što su Nemačka, Poljska, Italija i Švajcarska. Osnovna prednost ovih garnitura je prostran dizajn za još veću udobnost putnika, pri čemu je obraćena pažnja i na osobe sa invaliditetom, tako da postoje i rampe. Pažljivo dizajniran hodnik, kao i pogonski sistemi obezbeđuju izuzetno udobnu vožnju i nizak nivo buke.

Pre svega, neophodno je uneti tehničke karakteristike ove garniture u deo koji nosi naziv „engines“. Podaci koje korisnik definiše prilikom definisanja garnituresu: dužina i masa garniture, sistem napajanja, otpori i maksimalna brzina. Dijagram se crta unosom odgovarajuće vučne sile pri nekoj brzini, pri čemu je u ovom slučaju maksimalna brzina 160 km/h.



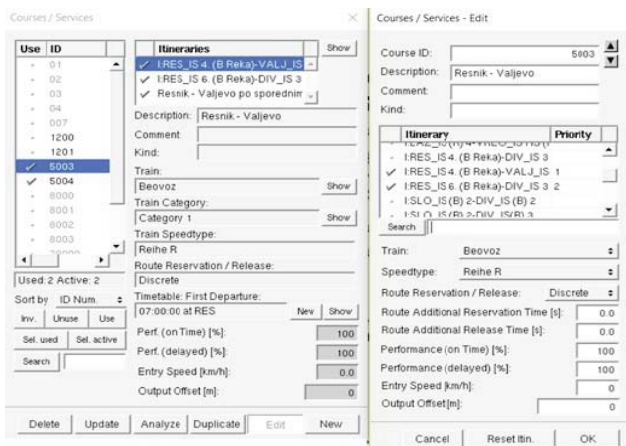
Slika 2. Model pruge predstavljen na četiri radna lista

³ <http://www.srbvoz.rs/page113.html>



Slika 3. Izgled prozora za unos podataka o elektromotornoj garnituri

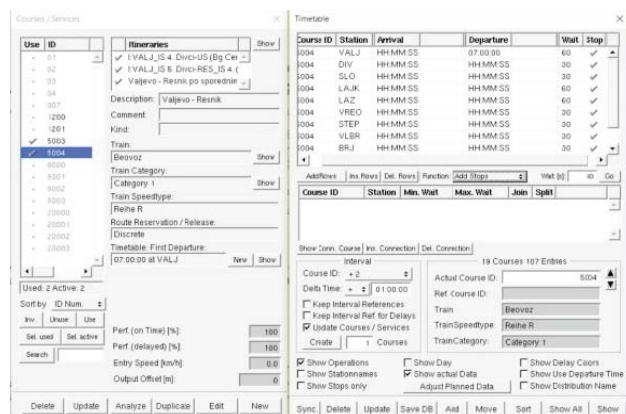
Najpre se unosi ID kursa, nakon toga daje se bliži opis samog kursa. Na slici 4, prikazan je kurs za liniju koja saobraća od Resnika do Valjeva. Nakon toga se vrši izbor itinerera za taj kurs, pri čemu svaki od itinerera ima svoj prioritet koji smo mu dodelili. Itinerer predstavlja skup prethodno definisanih putanja, odnosno ruta u programu.



Slika 4. Izgled prozora za definisanje voza br. 5003

5.3. Definisanje reda vožnje

Prilikom izrade modela, u red vožnje je unet samo prvi polazak iz početne stanice i posmatranoj garnituri je dato zaustavljanje po svim stanicama sa bavljenjem od 30 sekundi, izuzev stanica Resnik, Lazarevac, Lajkovac i Valjevo gde je zadržavanje u svakoj stanici po 60 sekundi, brzim vozovima koji saobraćaju na ovoj deonici definisano je bavljenje od 60 sekundi samo u stanicama Resnik, Lazarevac, Lajkovac i Valjevo. Prozor za unos podataka o redu vožnje je prikazan na slici 5.



Slika 5. Prozor za unos podataka o redu vožnje

U red vožnje upisano je 4 voza, voz broj 5003, 5004, 711 i 712.

Voz broj 5003 saobraća od Resnika do Valjeva i ima bavljenje u svim stanicama. U stanicama Resnik, Lazarevac, Lajkovac i Valjevo vreme bavljenja ovog voza je 60 sekundi. U stanicama Bela Reka, Barajevo, Veliki Borak, Stepoevac, Vreoci, Divci i Slovac bavljenje voza je 30 sekundi.

Voz broj 5004 koji saobraća od Valjeva do Resnika takođe ima bavljenje u svim stanicama. U stanicama Resnik, Lazarevac, Lajkovac, i Valjevo, vreme bavljenja iznosi 60 sekundi, dok je u ostalim stanicama vreme bavljenja 30 sekundi.

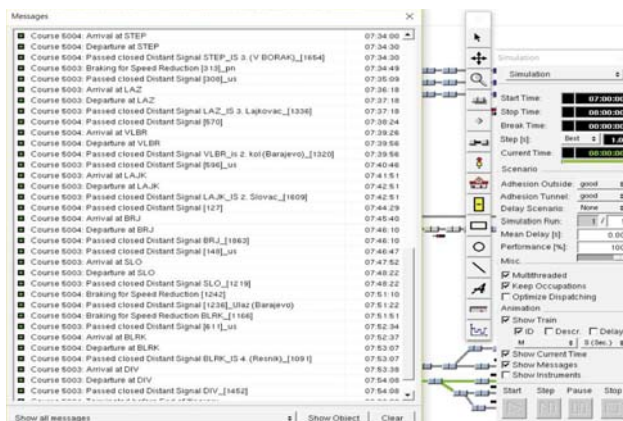
Voz broj 711 saobraća od Resnika do Valjeva i ima bavljenje samo u nekim stanicama na mreži. Bavljenje ovog voza iznosi 60 sekundi u stanicama Lazarevac, Lajkovac i Valjevo. Ovaj voz je uvršten u red vožnje kao brzi voz jer, na ovoj deonici, kao takav i saobraća.

Voz broj 712 saobraća od Valjeva do Resnika i ima bavljenje samo u nekim stanicama na mreži.

Bavljenje ovog voza iznosi 60 sekundi u stanicama Lajkovac, Lazarevac i Resnik.

Kurs voza broj 5003 koji saobraća u smeru Resnik-Valjevo ima na raspolaganju tri itinerera svaki sa odgovarajućim stepenom prioriteta. Tokom simulacije ne menja se prioritetni itnerer jer je verovatnoća da će čekati zbog zauzetosti koloseka ili eventualnog preticanja veoma mala, s obzirom na to da je pruga dvokolosečna i da se model izradio na demo verziji OT softverskog paketa koji ima prethodno pomenuta ograničenja. Takođe, i voz broj 5004, koji saobraća iz smera Valjeva, ne menja svoj prioritetni itenerer iz istih razloga.

Proces simulacije može konstantno da se prati na ekranu računara. Na slici 6, prikazan je izgled menija za pokretanje simulacije (levo) i prozor sa porukama realnih događaja u vremenu (desno).



Slika 6. Izgled menija za pokretanje simulacije i prozor sa porukama realnih događaja u vremenu

6. ANALIZA REZULTATA SIMULACIONOG MODELA

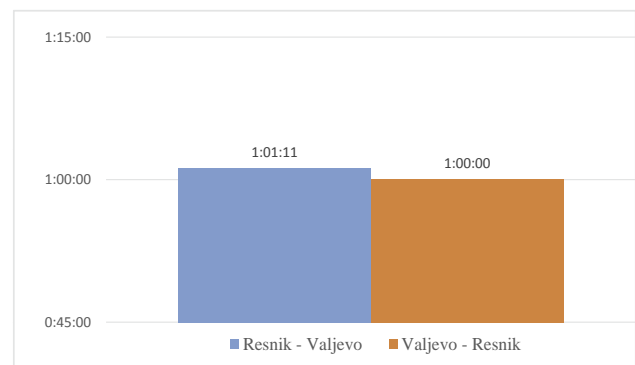
Prilikom izrade simulacije kretanja vozova na rekonstruisanoj dvokolosečnoj pruzi Resnik – Valjevo, dobijena su određena vremena vožnje koja nisu identična realnim, ali se mogu smatrati veoma korisnim i dovoljno tačnim za ovaj nivo ispitivanja kretanja vozova zbog činjenice da rad sadrži detaljne infrastrukturne podatke.

Prosečna brzina kojom se vozovi mogu kretati, svedena na celu deonicu, iznosi oko 90km/h što predstavlja dobru osnovu ako se uporedi sa konkurentnim drumskim saobraćajem, gde se autobusi na istoj relaciji kreću prosečnom brzinom ispod 50 km/h. Treba napomenuti da su korišćene brzine

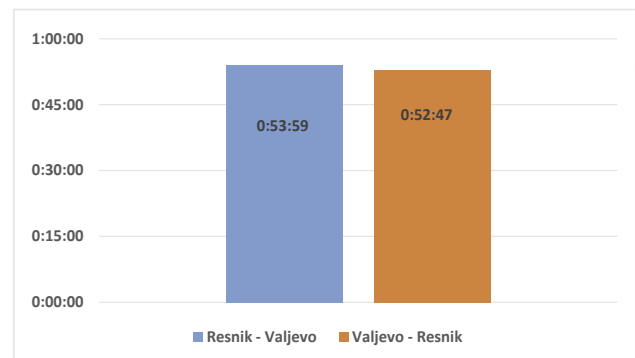
koje su trenutno maksimalno dozvoljene na ovoj relaciji.

Simulacijom su dobijena ukupna vremena vožnje Beovoza koja iznose za smer Resnik Valjevo 1čas i 1 minut,odnosno za smer Valjevo – Resnik 1h, dok su za brze vozove ova vremena u smeru Resnik-Valjevo 53minuta i 49 sekundi i za smer Valjevo-Resnik 52 minuta i 47 sekundi.

Razlika u vremenima se može objasniti činjenicom da ono što predstavlja uspon u smeru Resnik – Valjevo, to predstavlja pad u suprotnom smeru. Ova razlika, za vozove koji saobraćaju u sistemu Beovoza, prikazana je na slici 7, a za brze vozove na slici 8.



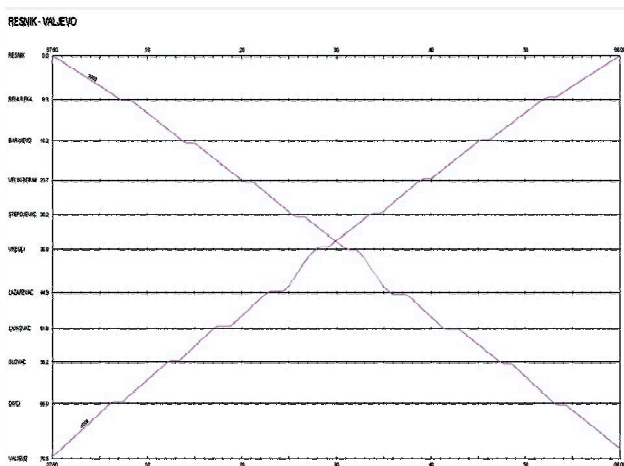
Slika 7. Ukupno vreme vožnje Beovoza po smerovima



Slika 8. Ukupno vreme vožnje brzih vozova po smerovima

Jedan od izlaznih podataka može biti i grafikon reda vožnje. Sa grafikona se može videti vreme kada je koji voz došao u određenu stanicu ili kada je otpremljen iz neke od stanica, kao i koliko je vreme bavljenja imao u svakoj od stanica. Na njemu se takođe može videti kočenje u slučaju nailaska na promenu ograničenja brzine ili promenu nagiba. Pored toga može se videti i ID svakog voza i njegov opis.

Vozovi 5003 i broj 5004 mimoišli na otvorenoj pruzi između stanica Vreoci i Stepojevac (slika 9). Jedan od ova dva voza bi morao da čeka na ukrštanju ili u stanici Vreoci ili u stanici Stepojevac, što bi dodatno poremetilo dalju realizaciju reda vožnje jednog ili oba voza.



Slika 9. Prikaz trasa vozova br. 5003 i 5004 u grafikonu reda vožnje

U tabelama 8, 9, 10 i 11 prikazana su dobijena vremena vožnje svih vozova unetih u model.

Tabela 8. Red vožnje voza br. 5003

Red vožnje voza br. 5003	Polazak	Dolazak	Vreme vožnje
Resnik	07.00.00	/	00:07:38
Bela Reka	07.08.08	07:07:38	00:06:18
Barajevo	07.14.56	07.14.26	00:05:37
Veliki Borak	07.21.03	07.20.33	00:04:57
Stepojevac	07.26.30	07.26.00	00:04:54
Vreoci	07.31.54	07.31.24	00:04:24
Lazarevac	07.37.18	07.36.18	00:04:33
Lajkovac	07.42.51	07.41.51	00:05:01
Slovac	07.48.08	07.47.52	00:05:30
Divci	07:54:08	07.53.38	00:07:11
Valjevo	/	08:01:19	/

Tabela 9. Red vožnje voza br. 5004

Red vožnje voza br. 5004	Polazak	Dolazak	Vreme vožnje
Valjevo	7:00:00	/	0:06:42
Divci	7:07:12	7:06:42	0:05:32
Slovac	7:13:14	7:12:44	0:04:28
Lajkovac	7:18:42	7:17:42	0:04:33
Lazarevac	7:24:15	7:23:15	0:04:18
Vreoci	7:29:03	7:28:33	0:04:57
Stepojevac	7:34:30	7:34:00	0:04:56
Veliki Borak	7:39:56	7:39:26	0:05:44
Barajevo	7:46:10	7:45:40	0:06:27
Bela Reka	7:53:07	7:52:37	0:07:28
Resnik	/	8:00:35	/

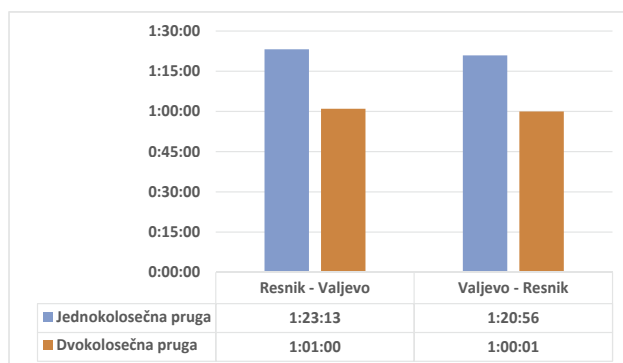
Tabela 10. Red vožnje voza br. 711

Red vožnje voza br. 711	Dolazak	Polazak	Vreme vožnje
Resnik	/	07:00:00	/
Lazarevac	07:31:27	07:31:57	31:27
Lajkovac	07:36:30	07:37:00	04:27
Valjevo	07:53:49	/	16:49

Tabela 11. Red vožnje voza br. 712

Red vožnje voza br. 712	Dolazak	Polazak	Vreme vožnje
Valjevo	/	07:00:00	/
Lajkovac	07:15:34	07:16:04	15:34
Lazarevac	07:20:37	07:21:07	04:33
Resnik	07:52:47	/	31:30

Na osnovu već izrađenih simulacionih modela [2] za saobraćaj vozova na jednokolosečnoj pruzi iste relacije, može se reći da ukupno vreme vožnje identičnog voza iznosi za smer Resnik–Valjevo 1sat i 21 minut, dok za suprotan smer Valjevo–Resnik ovo vreme iznosi 1 sat i 20 minuta. Kada uporedimo te podatke sa dobijenim podacima izvršene simulacije u ovom radu, jasno se vidi razlika u vremenu, koja je prikazana na slici 10.



Slika 10. Razlika u vremenima vožnje vozova modela sa jednokolosečnom i modela sa dvokolosečnom prugom

Razlika je dosta manja nego što se na prvi pogled može zaključiti sa grafikona, zbog toga što je vreme bavljenja vozova u stanicama u simulacionom modelu sa jednokolosečnom trasom 2 minuta, a bavljenje vozova u modelu dvokolosečne trase od 30 do 60 sekundi u zavisnosti od stanice. Drugi razlog ove razlike u vremenu jeste vreme čekanja na ukrštaj vozova u modelu sa jednokolosečnom trasom.

Kada bi se vrednosti vremena bavljenja po stanicama izjednačile, došlo bi se do zaključka da je razlika u ukupnom vremenu vožnje oko 9 minuta u korist modela sa dvokolosečnom prugom, jer se upravo toliko čekalo na ukrštaj u simulacionom modelu sa jednokolosečnom trasom.

Oba modela bi bila verodostojnija kada ne bi postojalo ograničenje koje podrazumeva demo verzija, posmatranjem simulacije koja traje 24 sata i propuštanjem svih ostalih vozova koji saobraćaju na ovoj deonici.

7. ZAKLJUČAK

Postoji lepeza operacija u železničkom saobraćaju koje se mogu izračunati, prikazati i na lak način simulirati korišćenjem programskog paketa Open Track, s toga se može zaključiti da je ovaj softver od velike koristi kada je planiranje saobraćaja u pitanju.

Simulacijom je pokazano da će se nakon rekonstrukcije pruge, ukupno vreme vožnje vozova na relaciji Resnik-Valjevo smanjiti, što železnicu može postaviti na mesto lidera kada je ova relacija u pitanju, ako se u obzir uzmu prevelike gužve u centru grada za vreme špica kao i trenutna opterećenost Ibarske magistrale.

Ovaj model, razvijen za potrebe master rada na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu, mogao bi da posluži kao dobra podloga za dalja istraživanja. U model su uneti detaljni podaci o infrastrukturi što omogućava dalja testiranja raznih varijanti organizacije železničkog saobraćaja.

Mana modela predstavlja njegova izrada u demo verziji Open Track programa. Pored vremenskog ograničenja trajanja simulacije i ograničenog broja vozova koji se mogu otpremiti tokom nje, postoje ograničenja u alatima koje ne sarži demo verzija (nemogućnost implementiranja brojača osovina, izolovanih sastava i sl) kao i uskraćenost prikaza određenih izlaznih podataka koji su u originalnoj verziji dostupni.

Bilo bi interesantno testirati taktni red vožnje uz ubacivanje ostalih vozova koji saobraćaju na ovoj relaciji i sagledati njihov uticaj. Predlog za eventualnu nadogradnju modela jeste testiranje drugačijeg sistema signalizacije u odnosu na postojeći i oceniti efekte na saobraćaj vozova.

LITERATURA

- [1] Huerlimann D., Nash A., "Open Track Simulation of railway network Version 1.3.", Institute for Transport Planning and Systems, Zurich, 2010.
- [2] Milutinović V. Mira – „Simulacija kretanja vozova na relaciji Resnik – Valjevo primenom softverskog paketa Open Track” završni rad, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2017.
- [3] Milinković S., Mašek J., Vesković S., Marković M., Belošević I., Simulating Train Traffic on a Double Track Railway Line by Petri Nets, Horizons, UDC 656.2.022:004.94(497.11), DO I10.20544/horizons.B.03.1.16.P50, 2016.
- [4] Vuković M., Vesković S., Milinković S., Korišćenje simulacionog modela „Open Track“ za analizu elemenata planiranog reda vožnje i za konstrukciju trasa reda vožnje, ŽELEZNICE, Vol. 63/1, pp 1-12, UDK: 626.2.519.8, ISSN 0350 – 5138, Beograd, 2018.
- [5] <http://www.srbvoz.rs/page113.html>
- [6] <http://www.srbvoz.rs/redvoznje.html>
- [7] <http://infrazs.rs/>