

PRIJEDLOG I SIMULACIJSKA ANALIZA MJERA ZA UNAPREĐENJE ŽELJEZNIČKOG PUTNIČKOG PROMETA NA RELACIJI KOPRIVNICA – VIROVITICA

PROPOSAL AND SIMULATION ANALYSIS OF MEASURES FOR ADVANCMENT OF RAILWAY PASSANGER TRAFFIC ON RELATION KOPRIVNICA – VIROVITICA

Hrvoje HARAMINA

Sveučilište u Zagrebu,
Fakultet prometnih znanosti

Dino RADONJIĆ

Prvo plinarsko društvo d.o.o.

Branko MIHALJEVIĆ

Rochester Institute of Technology Croatia

Primljeno / Received: 15. 5. 2018.

Prihvaćeno / Accepted: 11. 6. 2018.

Izvorni znanstveni rad

Original scientific paper

UDK / UDC: [656.022+711.453.1] (497.525Podravina)

656.22(497.525.1Koprivnica)

656.22(497.525.2Virovitica)

SAŽETAK

U radu su predložene mjere za unapređenje željezničkog prometa na pružnoj dionici Koprivnica – Virovitica regionalne pruge R202 (Varaždin – Dalj) s ciljem povećanja kvalitete prijevozne usluge u željezničkom putničkom prometu u svrhu dnevnih migracija putnika iz Podravine prema Zagrebu. Za potrebe ispitivanja učinka predloženih mjera izrađeni su računalni modeli pružne dionice Koprivnica - Virovitica s postojećim stanjem i predloženim promjenama postojećeg stanja željezničke infrastrukture na toj dionici pruge. Predložene mjere odnose se na promjenu postojećeg sustava osiguranja otvorene pruge i kolodvorskih područja u svrhu povećanja tehničke sposobnosti pruge i sigurnosti željezničkog prometa, izmjenu voznog parka te dodatne mjere za unaprjeđenje sustava upravljanja željezničkim prometom. Predložene mjere su ispitane primjenom simulacijskih postupaka, a analizom dobivenih rezultata utvrđeno je da bi one mogle značajno unaprijediti kvalitetu prijevozne usluge s aspekta raspoloživosti, udobnosti, brzine, ekonomičnosti i sigurnosti putovanja.

Ključne riječi: prijevoz putnika željeznicom, sigurnost željezničkog prometa, simulacijsko modeliranje

Key words: railway passenger transport, railway safety, simulation modelling

1. UVOD

Pružna dionica Koprivnica - Virovitica dio je željezničke pruge za regionalni promet R202 (Varaždin - Dalj), odnosno šire gledano tkz. Podravske željezničke magistrale koja predstavlja pružnu dionicu Erdut - Osijek- Virovitica- Koprivnica- Varaždin - Čakovec - Središće, a koja preko hrvatskog teritorija povezuje Sloveniju i Vojvodinu. Podravska magistrala ima ukupnu dužinu od 271 kilometar, a građena je parcijalno u razmjerno dugom razdoblju od 1870. do 1937. godine (D. Desselbrunner, 2002.).

Prema demografskim pokazateljima (P. Feletar, 2012.) broj stanovnika u Podravini se smanjuje. Potencijalno rješenje ovog problema je njena bolja željeznička povezanost sa Zagrebom, uz pretpostavku da bi unapređenje kvalitete željezničke prijevozne usluge u putničkom prometu rezultiralo povećanjem dnevnih migracija stanovništva te na taj način spriječilo postojeći trend njegovog iseljavanja u područja koja se nalaze bliže Zagrebu. Naime, u razvijenijim zemljama postoji trend povećanja broja

korisnika te rasta udaljenosti putovanja željeznicom u sklopu dnevnih migracija. Primjerice prema podacima Međunarodne željezničke unije (UIC) u Švicarskoj dnevno vlakom putuje 1,2 milijuna ljudi (H. Sivilevičius, L. Maskeliunaite, 2018.).

U okviru dnevnih migracija putnika u smjeru Zagreba pored Podravske magistrale do kolodvora Koprivnica, podrazumijeva se i putovanje pružnom dionicom Dugo Selo - Koprivnica te prugom Zagreb Glavni kolodvor - Dugo Selo. S obzirom da su te dvije pruge klasificirane kao pruge od međunarodnog značaja i da su dio Mediteranskog koridora u okviru trans-europske prometne mreže (TEN-T) u njih su trenutno predviđena značajna ulaganja u svrhu unapređenja željezničke infrastrukture. Naime, prema projektima za rekonstrukciju postojećeg i dogradnju drugog kolosijeka na dionici Dugo Selo – Križevci te Križevci - Koprivnica - državna granica, planirano je da na pruži Dugo Selo - Koprivnica nakon njene rekonstrukcije, a čiji su radovi već u tijeku, najveća dopuštena brzina uglavnom bude 160 km/km. Prometovanje tom brzinom smanjilo bi vrijeme putovanja brzih vlakova za prijevoz putnika na relaciji Zagreb Glavni kolodvor - Koprivnica sa sadašnjih približno 1 sat i 10 minuta na oko 55 minuta. Također planirano je i smanjene vremena putovanja putničkih vlakova na toj relaciji sa sadašnjih 1 sat i 30 minuta na 1 sat i 7 minuta. Takvo smanjenje vremena putovanja na dionici Zagreb Glavni kolodvor - Koprivnica otvara priliku da se smanjenjem voznih vremena na pružnoj dionici Koprivnica - Virovitica uz potrebnu rekonstrukciju željezničke infrastrukture te uz ugradnju suvremenijih željezničkih signalno-sigurnosnih uređaja i izmjenu voznog parka, ostvare uvjeti za zadovoljavajuću razinu prijevozne usluge u svrhu dnevnih migracija stanovništva iz Podravine prema Zagrebu. Pri tome, osim na skraćivanje vremena putovanja, povećanje kvalitete prijevozne usluge također bi se odnosilo i na povećanje njegove sigurnosti. Naime, postojeće stanje pruge na dionici Koprivnica - Virovitica u velikoj mjeri ne odgovara suvremenom načinu upravljanja željezničkim prometom. S obzirom na sve navedeno potrebno je provesti analizu postojećeg stanja željezničkog sustava na toj dionici pruge i predložiti mjere za njegovo unapređenje s ciljem povećanja kvalitete prijevozne usluge u svrhu dnevnih migracija stanovništva. U okviru toga potrebno je izraditi simulacijske modele promatrane pruge te pomoću njih ispitati i analizirati učinke predloženih mjera.

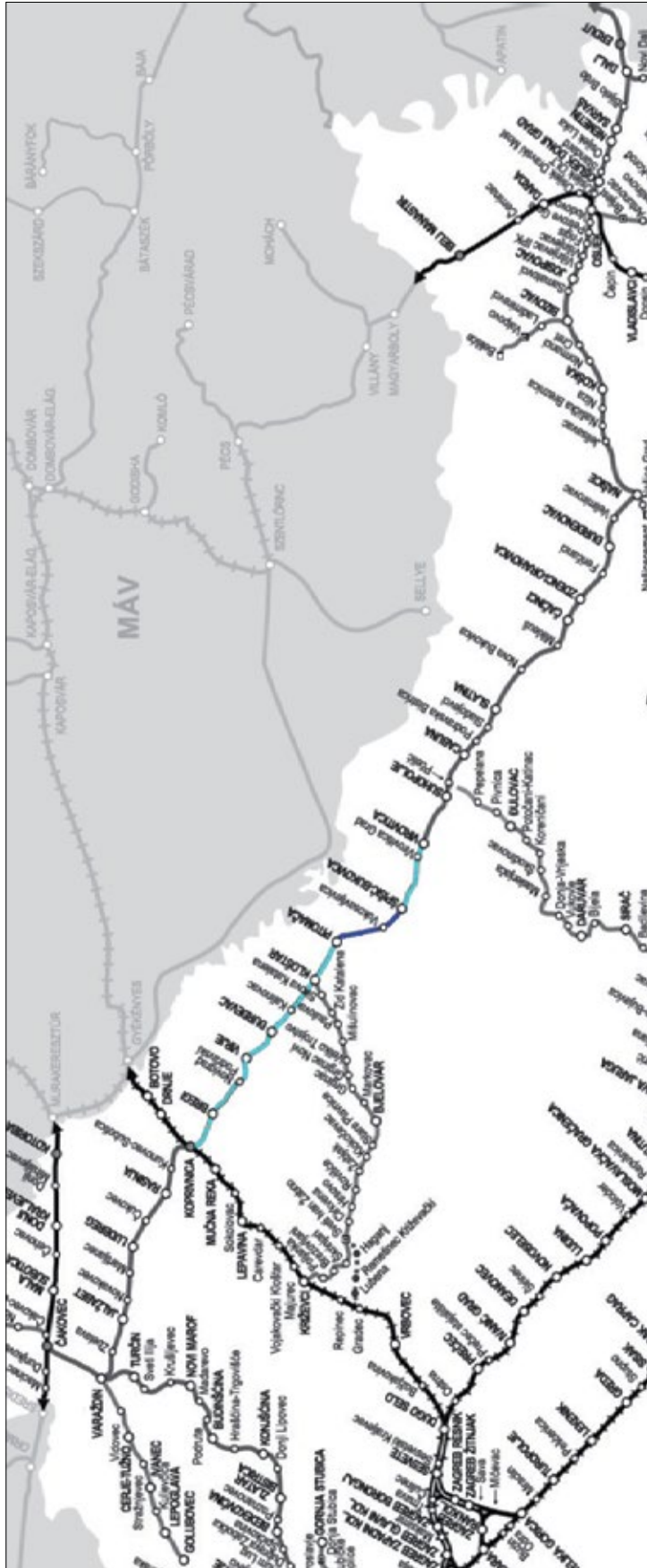
2. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA PRUGE R-202 (VARAŽDIN – DALJ) NA PRUŽNOJ DIONICI KOPRIVNICA – VIROVITICA

Na pružnoj dionici Koprivnica – Virovitica (slika 1) nalazi se je 8 kolodvora i 4 stajališta, a promet se regulira u međukolodvorskom razmaku.

2.1. Kolodvor Koprivnica

Kolodvor Koprivnica se nalazi u kilometarskom položaju 207+866 pruge R202 (Varaždin– Dalj) odnosno u kilometarskom položaju 510+860 pruge M201 (Gyekenyes DG – Botovo – Koprivnica – Dugo Selo). U pogledu prometne službe kolodvor Koprivnica je ranžirni, rasporedni i granični kolodvor, a osiguran je elektro-relejnim signalno-sigurnosnim uređajem tipa »Iskra Lorenz SpDrL30« koji podrazumijeva da se signalima i skretnicama rukuje iz središnjeg mjesta. Kolosijeci u kolodvoru Koprivnica su podijeljeni u slijedeće skupine: prijemno – otpremni kolosijeci za putničke vlakove, prijemno otpremni kolosijeci za teretne vlakove, ranžirno otpremni kolosijeci, izvlačnjaci ranžirne skupine, izvlačnjaci za ranžiranje, skupine manipulativnih kolosijeka, skupine zaštitnih (izvlačnih) kolosijeka, skupine industrijskih kolosijeka, skupine lokomotivskih kolosijeka, skupine kolosijeka nadzornog središta Koprivnica, skupine kolosijeka radionice za popravak vagona Koprivnica.

Kolodvor je opremljen s svjetlosnim ulaznim signalima i predsignalima te izlaznim signalima na glavnim kolosijecima za prijem i otpremu vlakova. Uz to kolodvor je opremljen i svjetlosnim signalima za zaštitu manevarskih voznih putova. S obzirom na to kolodvor Koprivnica zadovoljava suvremene standarde za upravljanje željezničkim prometom. Prema voznom redu 2017./18. u kolodvorskom području dnevno prometuje xx putničkih i yy teretnih vlakova. Pri tome vlakovi koji dolaze iz smjera Virovitice prihvaćaju se na x, y kolosijek, a vlakovi koji se otpremaju u smjeru Virovitice dolaze na kolosijek... Na slici 2 je prikazan shematski prikaz kolodvora Koprivnica u programu OpenTrack.



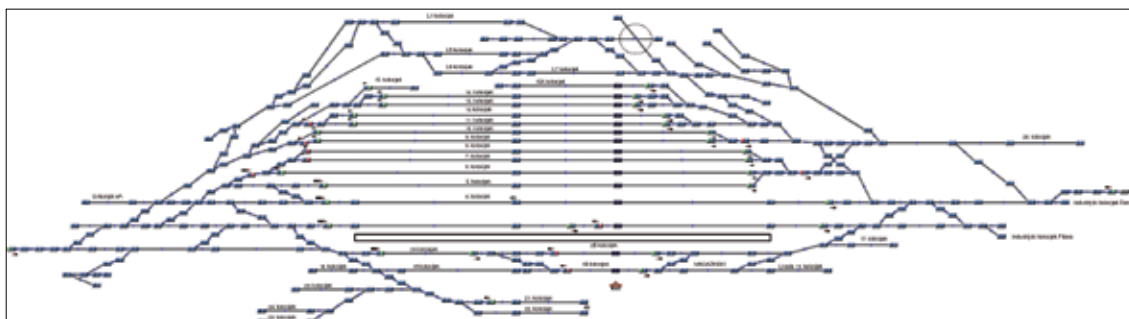
Slika 1. Prikaz pružne dionice Koprivnica – Virovitica i njezinog ograničavajućeg međukolodvorskog razmaka Izvor: HŽ Infrastruktura d.o.o., Izvješće o mreži 2018, Zagreb, 2017.

S obzirom na postojeće stanje u kolodvoru Koprivnica u svrhu učinkovitog prijema i otpreme vlakova koji bi prometovali na dionici Koprivnica - Virovitica nije potrebno modificirati kolosiječnu infrastrukturu te raditi preinake na sustava osiguranja prometa.

2.2. Kolodvor Bregi

Kolodvor Bregi je međukolodvor na rasporednom odsjeku Virovitica – Koprivnica, nalazi se u kilometarskom položaju 199+333 na pruzi R202 (Varaždin – Dalj). Kolodvor ima tri glavna kolosijeka (2, 3 i 4. kolosijek) koji služe za prijem i otpremu vlakova te jedan pomoćni kolosijek (1. kolosijek) koji služi za smještaj tovarnih i praznih vagona.

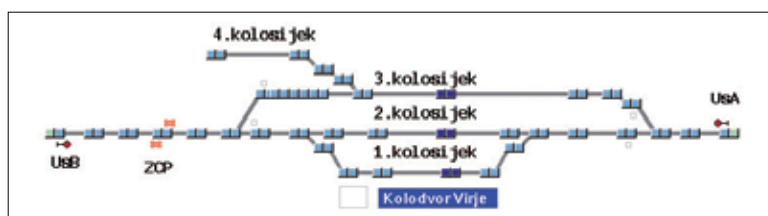
Kolodvor je osiguran elektro-mehaničkim signalno-sigurnosnim uređajem s jednoznačnim likovnim ulaznim signalima i predsignalima što predstavlja zastarjeli način osiguranja koji ne može zadovoljiti suvremene zahtjeve u pogledu regulacije i sigurnosti željezničkog prometa. Naime, primjena takvih kolodvorskih signalno-sigurnosnih uređaja zbog tehnologije prijema i otpreme vlakova koja podrazumijeva duže kolodvorske intervale, te manje pouzdanosti u radu u odnosu na suvremene tipove signalno-sigurnosnih uređaja, može se negativno odraziti i na kvalitetu realizacije planiranog



Slika 2. Shematski prikaz kolodvora Koprivnica izrađen u simulacijskom programu OpenTrack



Slika 3. Shematski prikaz kolodvora Bregi



Slika 4. Shematski prikaz kolodvora Virje

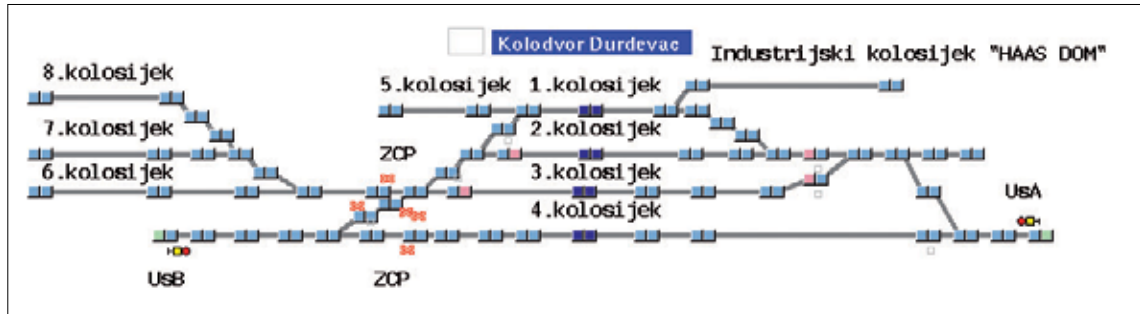
voznog reda. Na području kolodvora nalazi se željezničko – cestovni prijelaz (ŽCP) osiguran branicima i svjetlosno – zvučnom signalizacijom. Branicima se rukuje mehanički pomoću postavnog uređaja koji se nalazi ispred prometnog ureda, a isti je u ovisnosti sa ulaznim signalom A. Takav način osiguranja željezničko cestovnih prijelaza u usporedbi sa suvremenim rješenjima zbog dužih kolodvorskih intervala negativno utječe na propusnu sposobnost kolodvora. Na slici 3 je prikazan shematski prikaz kolodvora Bregi izrađen u programu OpenTrack.

2.3. Kolodvor Virje

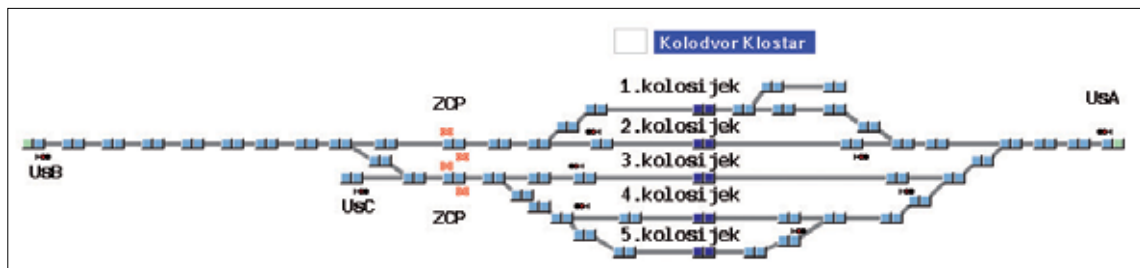
Kolodvor Virje ima status međukolodvora između rasporednih kolodvora Virovitica i Koprivnica, nalazi se u kilometarskom položaju 187+260 pruge R202 (Varaždin – Dalj). Kolodvoru je podređeno službeno mjesto Novigrad Podravski u kilometarskom položaju 192+467, a koje je neprekidno zaposjednuto čuvarom ŽCP-a. Kolodvor ima dva glavna kolosijeka (2. i 3. kolosijek) koji služe za prijem i otpremu vlakova te dva pomoćna kolosijeka (1. i 4. kolosijek) koji služe za smještaj tovarenih i praznih vagona. Kolodvor je osiguran mehaničkim signalno-sigurnosnim uređajem s jednoznačnim likovnim ulaznim signalima i predsignalima, što isto kao i u slučaju kolodvora Bregi predstavlja zastarjeli način osiguranja željezničkog prometa. Na području kolodvora Virje nalazi se željezničko – cestovni prijelaz koji je u ovisnosti s ulaznim signalom B, a osiguran je polubranicama te svjetlosnom i zvučnom signalizacijom. Na slici 4 prikazan je shematski prikaz kolodvora Virje izrađen u programu OpenTrack.

2.4. Kolodvor Đurđevac

Kolodvor Đurđevac se nalazi u kilometarskom položaju 180+533 pruge R202 (Varaždin – Dalj) i ima status međukolodvora između rasporednih kolodvora Virovitica i Koprivnica, a podređeno mu je stajalište Kalinovac. Kolodvor Đurđevac ima devet kolosijeka i to: tri glavna prijemno – otpremna kolosijeka (2, 3. i 4. kolosijek), tri manipulacijska kolosijeka (6,7. i 8. kolosijek), dva izvlačnjaka (5. i 9. kolosijek) i jedan garažni kolosijek (1. kolosijek). Kolodvor Đurđevac je osiguran elektro-mehaničkim signalno-sigurnosnim uređajem s jednoznačnim svjetlosnim ulaznim signalima koji su u ključevnoj ovisnosti sa skretnicama, što također predstavlja zastarjeli način osiguranja željezničkog prometa u



Slika 5. Shematski prikaz kolodvora Đurđevac



Slika 6. Shematski prikaz kolodvora Kloštar

kolodvorskom području. U kolodvoru na kilometarskom položaju 180+900 se nalazi željezničko-cestovni prijelaz koji je osiguran mehaničkim branicima, a koji su u zavisnosti sa ulaznim signalom B od strane kolodvora Virje. Na slici je prikazan shematski prikaz kolodvora Đurđevac izrađen u programu OpenTrack.

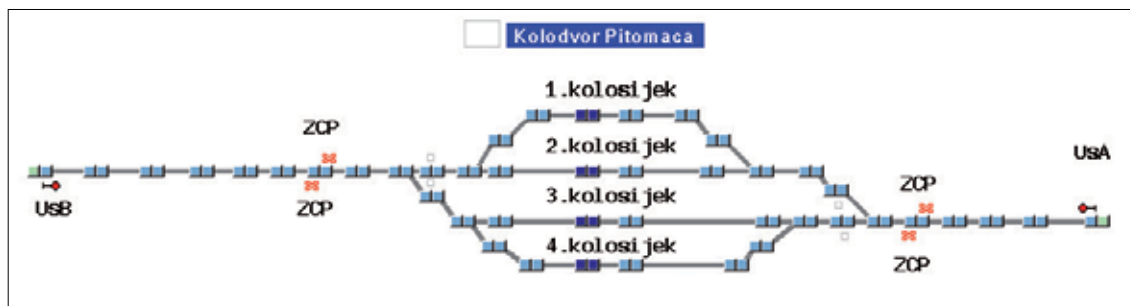
2.5. Kolodvor Kloštar

Kolodvor Kloštar je međukolodvor na rasporednom odsjeku Virovitica – Koprivnica pruge R202 (Varaždin -Dalj), a krajnji odnosno početni kolodvor na pruzi L204 Križevci – Bjelovar. Kolodvoru Kloštar podređena su stajališta na pruzi L204: Sirova Katalena i Zid Katalena.

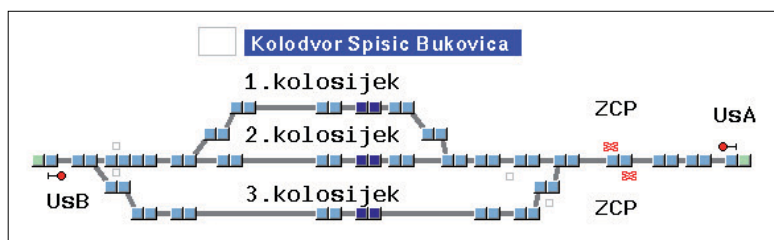
Kolodvor Kloštar ima šest kolosijeka. Prvi kolosijek je manipulativni i služi za utovar odnosno istovar vagona te za smještaj praznih vagona. Drugi kolosijek je glavni prolazni kolosijek služi za prihvata i otpremu putničkih i teretnih vlakova. Treći kolosijek služi za prijem i otpremu putničkih i teretnih vlakova, a četvrti kolosijek služi za prijem i otpremu samo teretnih vlakova. Peti kolosijek je utovarno – istovarni kolosijek, služi za smještaj vagona za otpremu u smjeru kolodvora Bjelovar. Šesti kolosijek služi za utovar odnosno istovar vagona. Kolodvor je osiguran elektro-relejnim signalno-sigurnosnim uređajem tipa »Siemens-Ei Sp-Dr-S64 s dvoznačnim ulaznim signalima i pripadajućim svjetlosnim pred-signalima, te s jednoznačnim izlaznim signalima na glavnim kolosijecima. S obzirom na način osiguranja ovaj kolodvor u dovoljnoj mjeri zadovoljava kriterije koji su potrebni za realizaciju svrhe ovog istraživanja. Na slici 6 prikazan je shematski prikaz kolodvora Kloštar izrađen u programu OpenTrack.

2.6. Kolodvor Pitomača

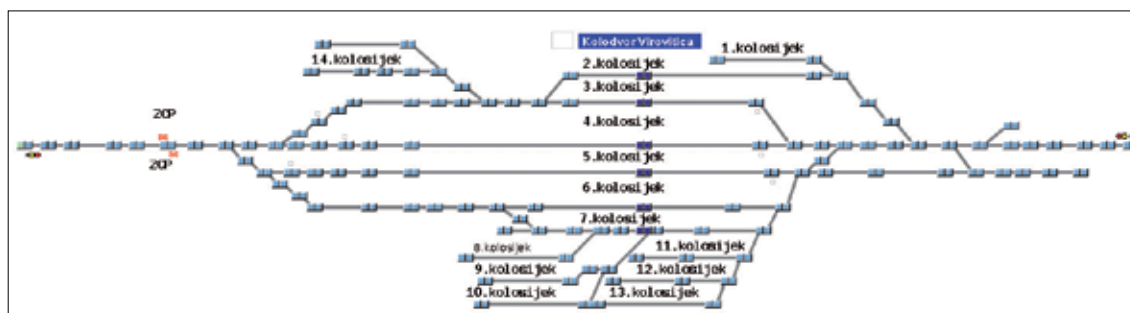
Kolodvor Pitomača je međukolodvor na rasporednom odsjeku Virovitica – Koprivnica u km 164+590 pruge R202 (Varaždin – Dalj). Kolodvor je osiguran s jednoznačnim svjetlosnim ulaznim signalima koji se postavljaju iz prometnog ureda, kolodvor nije opremljen izlaznim signalima. U kolodvoru Pitomača postoje 4 kolosijeka koji su međusobno povezani sa 6 skretnica, slika 7. Skretnice se postavljaju na samom mjestu te su u ključevnoj ovisnosti sa ulaznim signalima, tako da se isti mogu postaviti u položaj za dozvoljenu vožnju samo kada su skretnice postavljene u pravilan položaj, u tome položaju zaključane te se njihov ključ nalazi u sanduku mehaničke zavisnosti. Sustav osiguranja u kolodvoru Pitomača predstavlja zastarjeli i s tehnološkog aspekta neučinkoviti način osiguranja željezničkog prometa u kolodvorskom području koji ne zadovoljava svrhu ovog istraživanja.



Slika 7. Shematski prikaz kolodvora Pitomaca izrađen u simulacijskom programu OpenTrack



Slika 8. Shematski prikaz kolodvora Špišić Bukovica izrađen u simulacijskom programu OpenTrack



Slika 9. Shematski prikaz kolodvora Virovitica izrađen u simulacijskom programu OpenTrack

Prvi kolosijek je manipulativni i služi za utovar vagnskih pošiljaka te smještaj praznih i tovarnih vagona i istovar vagnskih pošiljaka. Drugi i treći kolosijeci služe za prihvata i otpremu vlakova. Četvrti kolosijek je također manipulativni, a služi za utovar i istovar vagnskih pošiljaka te smještaj praznih i tovarnih vagona.

2.7. Kolodvor Špišić Bukovica

Kolodvor Špišić Bukovica je međukolodvor na rasporednom odsjeku Virovitica – Koprivnica. Smješten je u km 151 + 677 pruge R202 Varaždin - Koprivnica – Virovitica – Osijek - Dalj. Kolodvor je osiguran sa jednoznačnim mehaničkim signalima, ali nije osiguran izlaznim signalima. U kolodvoru Špišić Bukovica postoje 3 kolosijeka, slika 8. Prvi kolosijek je manipulativni, a služi za smještaj tovarnih i praznih vagona. Drugi i treći kolosijeci su glavni i služe za prihvata i otpremu vlakova. Kolosijeci su međusobno povezani sa 4 skretnice, a koje su u ključevnoj ovisnosti sa ulaznim signalima, tako da se isti mogu postaviti u položaj za dozvoljenu vožnju samo kada su skretnice postavljene u pravilan položaj, u tome položaju zaključane, a ključ se nalazi u sanduku mehaničke zavisnosti. Takav način osiguranja zahtjeva duže vrijeme sporazumijevanja u procesu postavljanja putova vožnje što nepovoljno utječe na kapacitet kolodvora i pruge zbog relativno dugačkih kolodvorskih intervala.

2.8. Kolodvor Virovitica

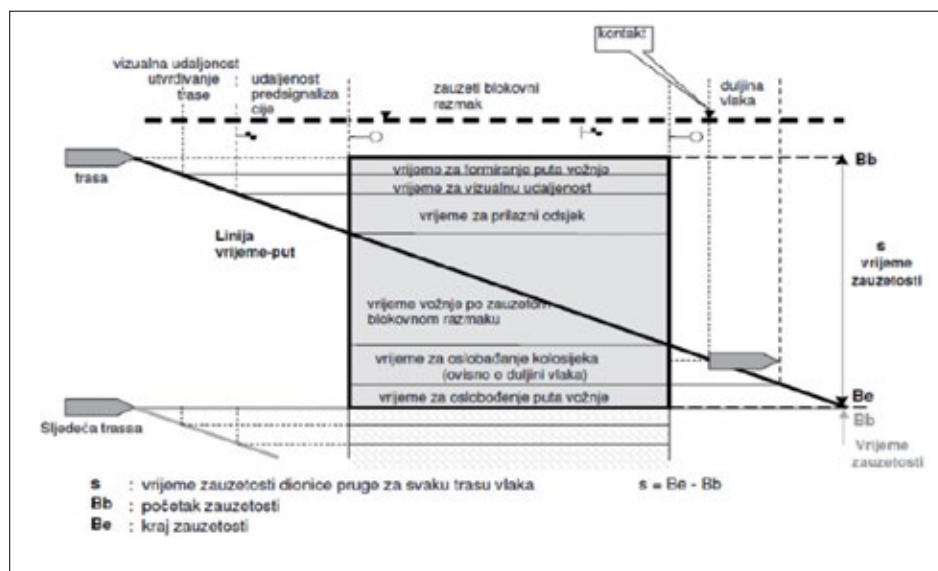
Kolodvor Virovitica je rasporedni kolodvor za dionice pruge Virovitica – Banova Jaruga, Virovitica – Osijek i Virovitica – Koprivnica. Kolodvoru Virovitica je podređeno stajalište Virovitica Grad. Kolodvor ima 15 kolosijeka. Drugi kolosijek namijenjen je za prihvata i otpremu putničkih vlakova. Treći

kolosijek je glavni prolazni kolosijek, namijenjen je za prihvat i otpremu svih vrsta vlakova, ali prvenstveno vlakova za prijevoz putnika. Četvrti i peti kolosijeci su namijenjeni za prihvat i otpremu teretnih vlakova, dok su ostali kolosijeci pomoćni. Kolodvor Virovitica je osiguran elektro-mehaničkim signalno-sigurnosnim uređajem sa jednoznačnim svjetlosnim ulaznim signalima i predsignalima koji nisu u zavisnosti sa skretnicama. Takav način osiguranja kolodvora ne zadovoljava suvremene tehnološke i sigurnosne standarde za odvijanje željezničkog prometa. Na slici je prikazan shematski prikaz kolodvora Virovitica u programu OpenTrack.

2.9. Propusna sposobnost pruge na relaciji Koprivnica - Virovitica

Propusna sposobnost pruge je sposobnost pruge da u određenom vremenskom razdoblju s obzirom na tehničke karakteristike pruge, vučna vozila i organizaciju prometa propusti određeni broj vlakova. Postupak procjene kapaciteta metodom UIC 406 obavlja se na način koji podrazumijeva da se za svaku pojedinu prugu u okviru definirane pružne mreže s obzirom na karakteristike željezničkog prometa definiraju jedna ili više pružnih dionica. Za svaku definiranu pružnu dionicu, određuje se ograničavajući međukolodvorski razmak koji određuje i kapacitet pripadajuće pružne dionice. Ograničavajući razmak predstavlja onaj međukolodvorski razmak koji na pripadajućoj dionici pruge ima najveću vrijednost iskorištenja kapaciteta. Ograničavajući kolodvorski razmak na pružnoj dionici Koprivnica – Virovitica je Pitomača – Špišić Bukovica.

Za vlakove koji u referentnom danu prema voznom redu prometuju u određenom ograničavajućem međukolodvorskom razmaku određuje se njihovo stvarno vrijeme korištenja željezničke infrastrukture, a koje ne obuhvaća ostala vremena ugrađena u vozni red koja služe za postizanje zadovoljavajuće kvalitete odvijanja prometa. To vrijeme korištenja infrastrukture prikazuje se dijagramima zauzeća koji se određuju za svaku pojedinu trasu vlaka u voznom redu na način prikazan na slici 10.



Slika 10. Određivanje dijagrama zauzeća željezničke infrastrukture

Izvor: HŽ Infrastruktura, 2015., Uputa HŽI 70 - Uputa za utvrđivanje pružnih i kolodvorskih kapaciteta

Podatak o vremenu zauzetosti predstavlja ulazni parametar za izračun vrijednosti iskorištenja kapaciteta koji se računa po formuli 1.

$$\text{Iskorištenost kapaciteta [\%]} = \frac{\text{Vrijeme zauzetosti} \cdot (1 + \text{dodatna vrem.stopa})}{\text{Definirano vremensko razdoblje}} \cdot 100$$

Vrijednost predloženih dodatnih vremenskih stopa prikazane su u tablici 1.

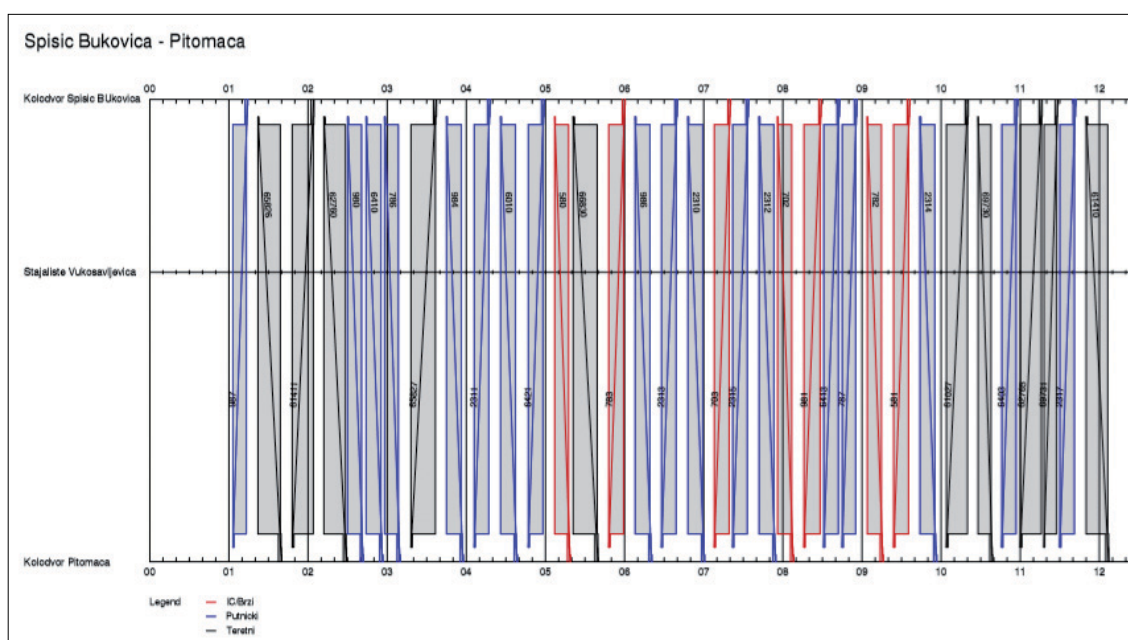
Tablica 1. Predložene dodatne vremenske stope za pruge

Tip pruge	Vršni sati	24 sata
Prigradski putnički promet	18 %	43 %
Pruga velikih brzina	33 %	67 %
Pruge za mješoviti promet	33 %	67 %

Izvor: HŽ Infrastruktura, 2015., Uputa HŽI 70 - Uputa za utvrđivanje pružnih i kolodvorskih kapaciteta

Nakon toga provodi se postupak procjene kapaciteta pruge koji podrazumijeva unos novih reprezentativnih trasa vlakova u vozni red, a koji završava kada se u vozni red uvede dovoljan broj vlakova koji podrazumijeva 100%-tno iskorištenje kapaciteta pruge. Na taj način dobivaju se podaci o propusnoj sposobnosti pruge izraženi u broju vlakova. Za postupak procjene kapaciteta pruge prema UIC 406 metodi korišten je program OpenTrack.

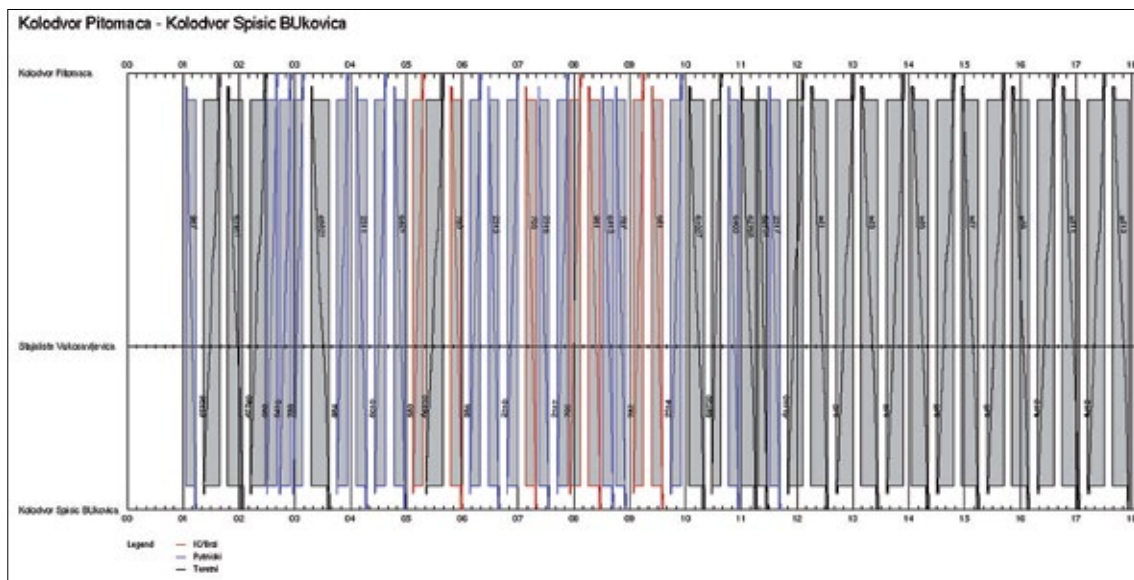
Prikaz komprimiranog dijagrama zauzeća postojećih i dodanih trasa vlakova u grafikonu voznog reda za ograničavajući kolodvorski razmak Pitomača – Špišić Bukovica dan je na slikama 11 i 12. Na taj način dobivaju se podaci o propusnoj sposobnosti pruge izraženi u broju vlakova. Komprimirane trase iz postojećeg voznog reda su prikazane na slici 11., Na temelju tog prikaza određeno je vrijeme zauzetosti ograničavajućeg kolodvorskog razmaka, a koje iznosi 11 sati i 4 minute.



Slika 11. Prikaz komprimiranih dijagrama zauzeća trasa vlakova u grafikonu voznog reda za međukolodvorski razmak Pitomača – Špišić Bukovica za vozni red 2016./17.

Iznos iskorištenja propusne sposobnosti pruge izveden je prema formuli 1 i iznosi 75,62 %, pri čemu je $T_z = 11$ sati 4 minute odnosno 664 minute, a dodatna vremenska stopa za pruge za mješoviti promet iznosi 0,67.

Nakon komprimiranja kako bi se utvrdila prijevozna sposobnost pruge dodani su teretni vlakovi mase 2028 tona sa dizel lokomotivom serije 2062. Na slici 12. je prikazan postojeći vozni red sa dodatnim trasama vlakova. Prema voznom redu 2016./17. na ograničavajućem kolodvorskom razmaku Pitomača – Špišić Bukovica prometuje 36 vlakova, od toga je 9 vlakova za teretni promet, 2 lokomotivska vlaka i 25 vlakova za prijevoz putnika s obzirom na trenutno iskorištenje propusne moći pruge na ograničavajućem kolodvorskom razmaku moguće je u postojeći vozni red dodati još 13 teretnih vlakova



Slika 12. Prikaz komprimiranih dijagrama zauzeća postojećih i dodanih trasa vlakova u grafikonu voznog reda za međukolodvoski razmak Pitomača – Špišić Bukovica za vozni red 2016./17.

mase 2028 tona. S obzirom na to, na ograničavajućem kolodvorskom razmaku može prometovati 49 vlakova po danu.

2.10. Prijevozna sposobnost pruge na relaciji Koprivnica - Virovitica

Prijevozna sposobnost pruge je sposobnost pruge da u određenom vremenskom razdoblju s obzirom na tehničke karakteristike pruge, vučna vozila i organizaciju prometa preveze određena količina robe. U voznom redu 2016./17. dnevno prometuje 9 vlakova za teretni prijevoz, pri čemu je njihova dnevna prijevozna moć iznosi 13280 tona, a obzirom na postojeće karakteristike pruge, vučna vozila i organizaciju prometa u vozni red je moguće dodati još 13 vlakova mase do 2028 tona iz čega proizlazi da je dnevna prijevozna moć pruge 39644 tone.

3. PRIJEDLOG MJERA ZA UNAPREĐENJE ŽELJEZNIČKOG PROMETA NA RELACIJI KOPRIVNICA - VIROVITICA

3.1. Prijedlog mjera za poboljšanje tehničke sposobnosti pruge i sigurnosti željezničkog prometa na relaciji Koprivnica - Virovitica

Pod tehničkom sposobnosti pruge se podrazumijevaju prijevozna i propusna sposobnost pruge. Kada se postigne najveća razina iskorištenja tehničke sposobnosti pruge toliko da utječe na kvalitetu realizacije prometa, potrebno je pristupiti organizacijsko – tehničkim odnosno rekonstrukcijskim mjerama kako bi se osigurala njezina zadovoljavajuća razina.

Organizacijske mjere provode se s ciljem učinkovitijeg korištenja postojećeg kapaciteta željezničkog sustava na određenoj pruzi odnosno promatranom dijelu mreže. Ukoliko takvim organizacijskim mjerama nije moguće postići zadovoljavajući napredak, poduzimaju se rekonstrukcijske mjere koje zahtijevaju određene izmjene željezničke infrastrukture.

Prema proračunu vrijednost iskorištenja propusne sposobnosti pruge na relaciji Koprivnica – Virovitica je 75,62%. Na toj relaciji odvija se mješoviti promet vlakova, a prema preporukama Međunarodne željezničke Unije na prugama ukoliko je iskorištenost propusne sposobnosti pruge za mješoviti promet veća od 60% postoji visoki rizik da će doći da narušavanja kvalitete prometne usluge. S obzirom na opremljenost kolodvora i područja otvorene pruge te način organizacije prometa s ciljem poboljšanja tehničke sposobnosti pruge predložene su sljedeće mjere:

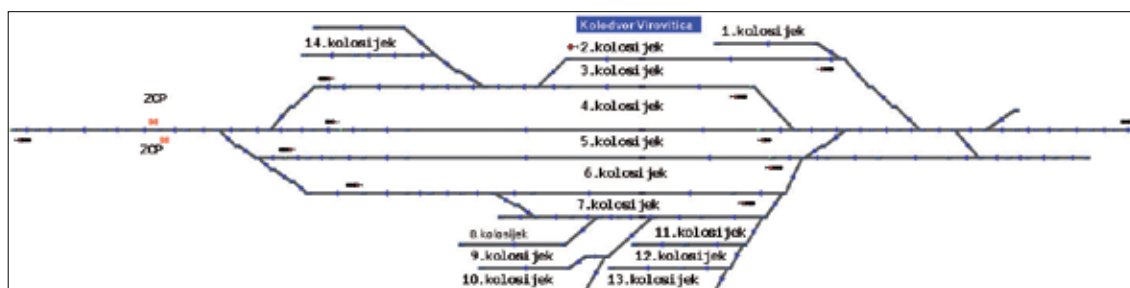
- Ugradnja modernijih kolodvorskih signalno – sigurnosnih uređaja u svrhu smanjenja kolodvorskih intervala i povećanja sigurnosti željezničkog prometa

- Ugradnja automatskog pružnog bloka u svrhu smanjenja intervala slijeđenja uzastopnih vlakova
- Osvremenjivanje voznog parka
- Povećanje propusne moći kolodvora
- Povećanje tehničke brzine vlakova

3.1.1. Modifikacija sustava osiguranja željezničkog prometa u kolodvorima

Na relaciji Koprivnica – Virovitica kolodvori su većinom osigurani mehaničkim odnosno elektro-mehaničkim kolodvorskim signalno-sigurnosnim uređajima. Pri tome, iznimka su samo kolodvori Koprivnica i Kloštar koji su opremljeni uređajima elektro-relejnog tipa.

Općenito, vrijeme trajanja kolodvorskih intervala ovisi o tehničkoj opremljenosti kolodvora i o vremenu koje je potrebno da izvršno osoblje primi naredbu za osiguranje voznog puta, vremenu za postavljanje i osiguranje voznog puta te vremenu za realizaciju vožnje vlaka. Ukoliko bi se kolodvori opremili sa suvremenijim signalno-sigurnosnim uređajima sa elektro-relejom ili elektroničkom postavnicom koje omogućavaju centralno rukovanje vanjskim elementima kolodvorskog signalno-sigurnosnog uređaja odnosno postavljanje putova vožnje iz jednog središnjeg mjesta, kolodvorski intervali bi se značajno smanjili, a time bi se utjecalo i na povećanje propusne odnosno prijevozne sposobnosti pruge. Naime, takav način osiguranja kolodvorskog područja pretpostavlja postojanje svjetlosnih ulaznih signala i pripadajućih predsignala te izlaznih signala na svim glavnim kolosijecima koji služe za prijem i otpremu vlakova i to za oba smjera prometovanja. Na slici 13 prikazan je prijedlog osiguranja kolodvora Virovitica koji u usporedbi s postojećim stanjem prikazanim na slici 9 umjesto postojećeg elektro-mehaničkog kolodvorskog signalno-sigurnosnog uređaja obuhvaća primjenu elektroničke kolodvorske postavnice. Također, prema novom prijedlogu sustava osiguranja, za razliku od postojećeg stanja, kolodvor je opremljen svjetlosnim dvoznačnim ulaznim signalima i izlaznim signalima na 2, 3, 4, 5 i 6. kolosijeku.



Slika 13. Prijedlog osiguranja kolodvora Virovitica suvremenim signalno-sigurnosnim uređajem

Uz to, takav način osiguranja kolodvora bi otvorilo mogućnost za uvođenje centraliziranog načina upravljanja željezničkim prometom koje je učinkovitije i ekonomski isplativije od postojećeg mjesnog upravlja prometom.

3.1.2 Povećanje najveće dopuštene brzine vlakova na relaciji Koprivnica – Virovitica

Dopuštena brzina je najveća brzina kojom vlakovi smiju voziti na željezničkoj pruzi odnosno dijelu željezničke pruge ovisno o projektiranoj građevinskoj brzini i stvarnoj tehničkoj uporabnoj sposobnosti željezničkih infrastrukturnih podsustava.

Prema izvješću o mreži HŽ infrastrukture za 2018. godinu najveća dopuštena brzina na relaciji Koprivnica – Virovitica je 80 km/h, a na nekim dionicama je ograničena na 35 km/h.

Podizanjem najveće dopuštene brzine na 120 km/h bi se znatno unaprijedila kvaliteta prometne usluge te znatno povećala tehnička moć pruge. Pri tome, kako bi se najveća dopuštena brzina povećala na 120 km/h potrebno je napraviti slijedeće zahvate na željezničkoj infrastrukturi:

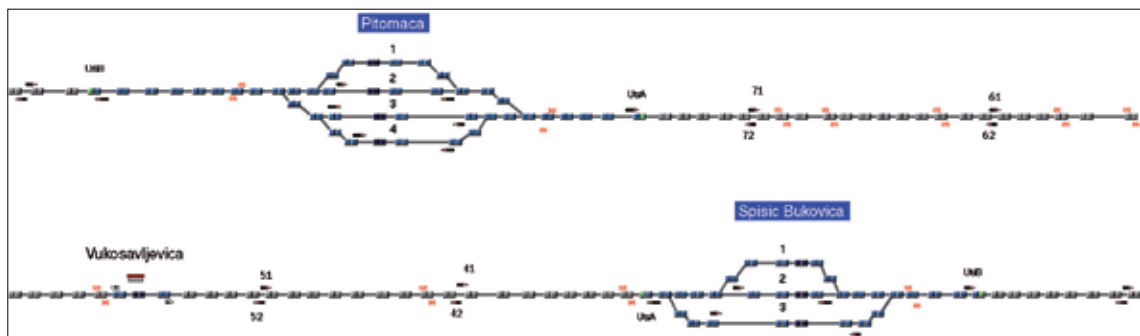
obaviti radove na donjem željezničkom ustroju pruge kako bi kolosijek zadovoljavao uvjete za brzinu od 120 km/h

prugu je potrebno opremiti autostop uređajima što znači da je potrebno postojeće mehaničke likovne signale zamijeniti svjetlosnom signalizacijom

regulacija prometa vlakova trenutno se realizira bez međukolodvorske ovisnosti, a da bi se željeznička vozila kretala brzinom do 120 km/h prugu potrebno opremiti s uređajima međukolodvorske ovisnosti ili uređajem automatskog pružnog bloka

3.1.3. Ugradnja sustava automatskog pružnog bloka

Željeznička pruga na relaciji Koprivnica – Virovitica obuhvaća osam kolodvora između kojih se promet regulira u kolodvorskom razmaku. Regulacija slijeđenja vlakova u kolodvorskom razmaku podrazumijeva da između dva kolodvora u istom trenutku može prometovati samo jedan vlak, dok bi se u slučaju uvođenja regulacije prometa u blokovnom razmaku mogla značajno povećati tehnička sposobnost pruge i time postići veća kvaliteta voznog reda. Na slici 14 prikazan je način osiguranja otvorene pruge sustavom automatskog pružnog bloka na međukolodvorskom razmaku Špišić Bukovica – Pitomača.



Slika 14. Prikaz prijedloga za osiguranje otvorene pruge na međukolodvorskom razmaku Špišić Bukovica – Pitomača

3.1.4. Primjena suvremenijih vučnih vozila

U tablici 2 prikazane su karakteristike različitih serija dizel motornih vlakova (DMV) 7121, 7122 te klasične garniture koja se sastoji od lokomotive serije 2044 i 5 putničkih vagona serije B, koje se trenutno koriste za putničke vlakove na promatranj relaciji pruge. U tablici su također prikazane i karakteristike novog niskopodnog dizel-motornog vlaka serije 7022 namijenjenog je za regionalni promet, a koji se trenutno ne primjenjuje na toj relaciji pruge.

S obzirom na prikazanu maksimalnu brzinu i kapacitet tih vozila, primjena dizel-motornog vlaka serije 7022 umjesto trenutno korištenih motornih vlakova serije 7121 i 7122, mogla bi omogućiti povećanje prijevozne sposobnosti pruge. Uz to DMV 7022 opremljen je i autostop uređajem koji predstavlja mobilnu komponentu sustava automatske zaštite vlaka, a ugradnja njegove pružne komponente predstavlja prijedlog za unaprjeđenje željezničke infrastrukture na pruzi Koprivnica – Virovitica s ciljem povećanja sigurnosti željezničkog prometa.

Seriya vučnog vozila	Kapacitet	Maksimalna brzina	Opremljenost vozila autostop uređajem
DMV 7121	144 sjedeća mjesta 68 stajaćih mjesta	120 km/h	Da
DMV 7122	68 sjedeća mjesta 12 stajaćih mjesta	133 km/h	Ne
Dizel lokomotiva 2044 + 5 vagona serije B	300 sjedećih mjesta	124 km/h	Da
DMV 7022	209 sjedeća mjesta 201 stajaćih mjesta	160 km/h	Da

Tablica 2. Usporedba parametara vučnih vozila (kapacitet vozila, max. brzina, opremljenost s autostop uređajem)

Izvor: HŽ Infrastruktura, d.o.o. Uputa o tehničkim normativima i podacima za izradu i provedbu voznoga reda, Zagreb, 2006.

Dizel-motorni vlakovi serije 7121 i 7122 su proizvedeni 1980-ih godina te su većinom u dosta lošem stanju što se negativno odražava na kvalitetu prijevozne usluge. Korištenjem klasične garniture postiže se veći kapacitet prijevozne usluge, ali je ovaj način prijevoza neprihvatljiv zbog visoke potrošnje pogonske energije. Također, maksimalna brzina koja se može realizirati sa trenutnim voznim parkom je 120 km/h. S obzirom na to optimalno rješenje bilo bi primjena niskopodne dizel-motornog vlaka serije 7022.

3.2. Dodatne mjere za unapređenje željezničkog prometa

U pogledu povećanja ekonomske opravdanosti ovog koncepta dodatno unapređenje željezničkog prometa na promatranj relaciji pruge također bi se moglo postići i uvođenjem centraliziranog načina upravljanja željezničkim prometom, kod kojeg ulogu upravljanja prometom mjesnih prometnika vlakova u manjih kolodvora preuzima dispečer centraliziranog upravljanja. U tom slučaju na ovoj pruzi trebalo bi ugraditi radio dispečerski sustav temeljen na GSM-R (eng. Global System of Mobile Communications for Railway) standardu. Takav sustav uz glasovnu omogućava i podatkovnu komunikaciju između vlakova i upravljačkog centra što je vrlo važno u pogledu primjene koncepta naprednog upravljanja željezničkim prometom. Takav koncept podrazumijeva primjenu sustava podrške centralnom dispečeru u procesu regulacije prometa i strojovođama tijekom vožnje vlaka. Naime, radi se o računalnim programima instaliranim na računalima u upravljačkom centru i upravljačnicama vlakova koji se temelje na naprednim algoritmima za optimizaciju načina kretanja vlakova u svrhu ostvarenja veće stabilnosti voznog reda i uštede pogonske energije vlakova. Njihova primjena značajno bi unaprijedila kvalitetu operativnog upravljanja prometom u slučaju pojave smetnji u procesu realizacije planiranog voznog reda te na taj način osim energetske učinkovitosti u vožnji vlakova smanjila i širenje posljedičnog kašnjenja vlakova kao i time uzrokovane troškove. U slučaju da se pruga ne opremi digitalnim radio dispečerskim sustavom temeljenim na GSM-standardu moguće je u vlakovima primjenjivati autonomne dinamičke sustave podrške u vožnji vlaka, a koji mogu pridonijeti samo energetske učinkovitosti vožnje vlakova. Povećanjem broja vlakova za prijevoz putnika uz privlačenje većeg broja željezničkih prijevoznika u teretnom prometom, moguće je ostvariti kriterije za elektrifikaciju pruge. Naime, njena elektrifikacija bi ovu prugu učinila još privlačnijom za željezničke prijevoznike u teretnom prometom i na taj način dodatno opravdala ovu vrstu ulaganja u željezničku infrastrukturu. U slučaju elektrifikacije pruge najveću dopuštenu brzinu na pruzi trebalo bi povećati na 160 km/h. To bi zahtijevalo modifikaciju sustava osiguranja prometa na otvorenoj pruzi s obzirom na položaj prostornih i zaštitnih signala te predsignalna ulaznih signala.

4. SIMULACIJSKA ANALIZA ŽELJEZNIČKOG PROMETA PRIMJENOM NOVOG MODELA PRUGE NA RELACIJI KOPRIVNICA – VIROVITICA

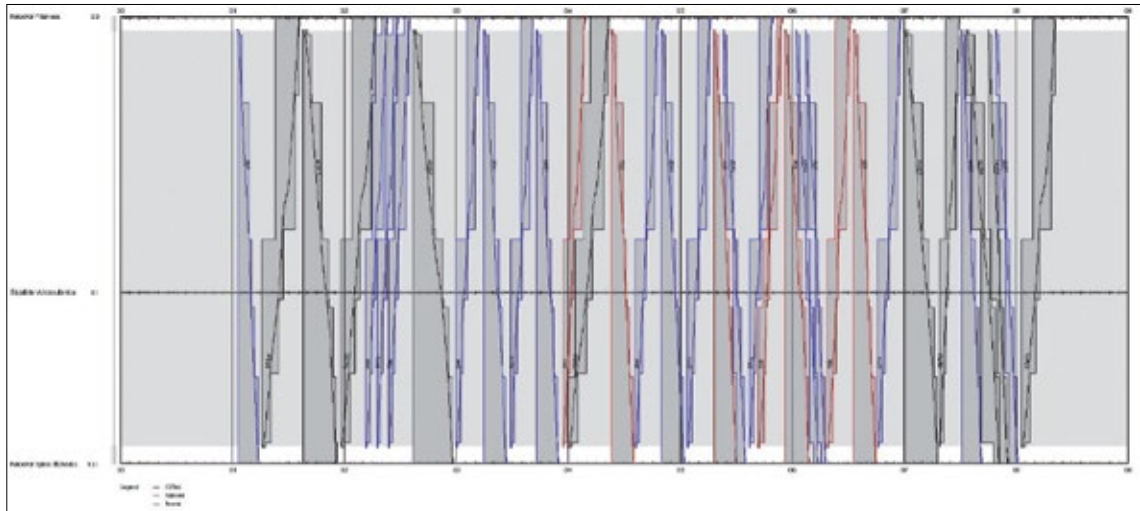
4.1. Analiza utjecaja predloženih mjera na poboljšanje tehničke sposobnosti pruge

Kako bi se poboljšala tehnička sposobnost pruge na relaciji Koprivnica – Virovitica u računalnom modelu su primijenjene slijedeće mjere:

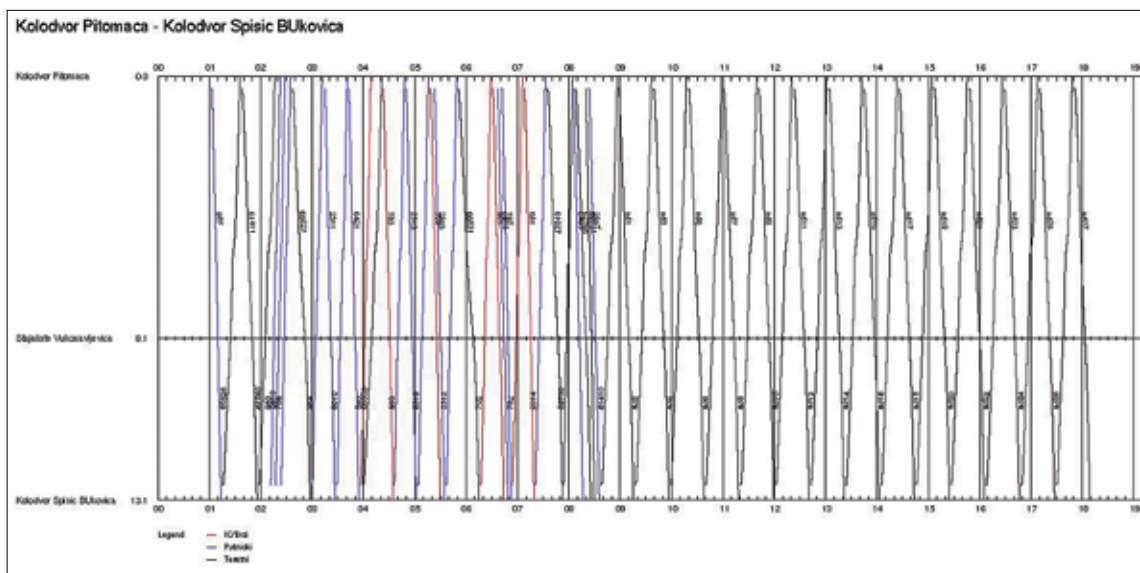
- Ugradnja elektroničkih kolodvorskih signalno – sigurnosnih uređaja u svrhu smanjenja kolodvorskih intervala
- Ugradnja automatskog pružnog bloka

Pri proračunu tehničke sposobnosti pruge s obzirom postojeće stanje kao ograničavajući kolodvorski razmak definiran je kolodvorski razmak Pitomača – Špišić Bukovica te će se na ograničavajućem kolodvorskom razmaku analizirati i utjecaj predloženih izmjena na željezničkoj infrastrukturi i organizaciji prometa vlakova na tehničku moć pruge. Na slici 15 je prikazan komprimirani vozni red 2017./18. ukoliko bi se promet regulirao u blokovnom razmaku i kolodvori opremili relejnim signalno – sigurnosnim uređajima.

Nakon što je izvršeno komprimiranje trasa vlakova postojećeg voznog reda u preostali neiskorišteni dio kapaciteta, kako bi utvrdili propusnu i prijevoznu sposobnost pruge, dodaju se teretni vlakovi mase



Slika 15. Komprimirane trase u grafikonu postojećeg voznog reda



Slika 16. Komprimirane trase u grafikonu postojećeg voznog reda s dodanim teretnim vlakovima.

2028 tona sa voznom lokomotivom serije 2062. Na slici 16. prikazan je komprimirani vozni red sa dodanim teretnim vlakovima.

U slučaju provedbe predloženih mjera za povećanje kapaciteta pruge koje podrazumijevaju izmjene na infrastrukturi i u organizaciji prometa iskorištenje izračunato prema formuli 1 iznosi 49,30 %, pri čemu vrijednost vremena T_z iznosi 7 sati i 19 minuta odnosno 439 minute, a T_d 281 minutu.

Takvo smanjenje iskorištenja propusne sposobnosti pruge u odnosu na postojeće, pridonosi potencijalnom povećanju broja trasa vlakova, kao i povećanju stabilnosti voznog reda uslijed pojave poremećaja u prometu.

Nakon postupka komprimiranja trasa vlakova u postojećem voznom redu u njega je dodano 27 novih vlakova mase 2028 tona. Uslijed toga bi se, uz predložene izmjene na željezničkoj infrastrukturi i organizaciji prometa, propusna sposobnost pruge s obzirom na postojeće stanje povećala za 48,14%.

Osim utjecaja na propusnu sposobnost pruge predložene izmjene bi pozitivno utjecale i na prijevoznu sposobnost pruge. S obzirom na karakteristike pruge, vučna vozila te na predložene izmjene na željezničkoj infrastrukturi i organizaciji prometa, prijevozna sposobnost pruge bi iznosila 68 036 tona / dan, odnosno prijevozna moć pruge bi se u odnosu na postojeće stanje povećala za 58,26 %.

4.2. Analiza utjecaja predloženih mjera na smanjenje voznih vremena vlakova za prijevoz putnika

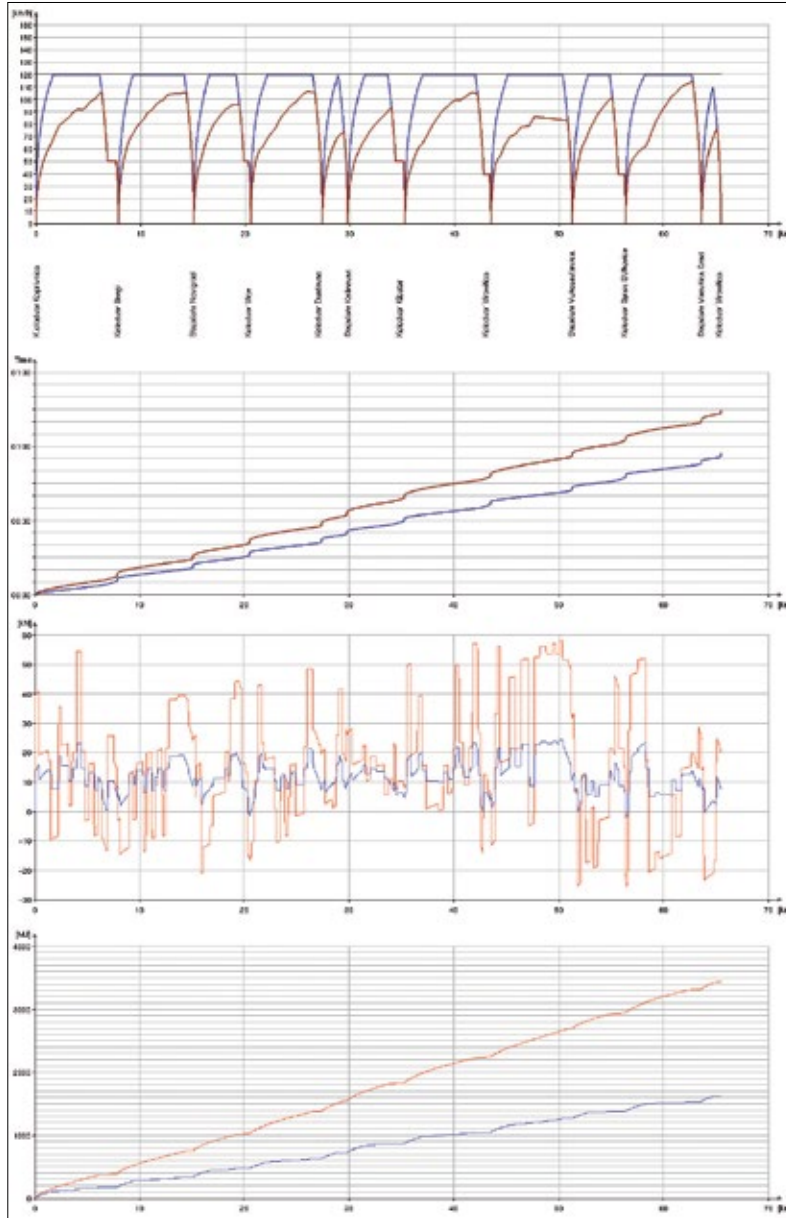
Kod prometa vlakova na jednokolosiječnoj pruži veliki udio vremena vožnje vlaka odnosi se na kolodvorske intervale. Kolodvorski intervali su minimalno potrebna vremena za izvršavanje radnji vezanih za proces osiguranja vlakovnih voznih putova te realizirala vožnja vlakova bez njihova neplaniranog zadržavanja ispred ulaznih signala. Na vrijeme potrebno za osiguranje voznog puta najveći utjecaj ima vrsta kolodvorskih signalno-sigurnosnih uređaja odnosno način formiranja puta vožnje vlakova. Kao što je ranije konstatirano kolodvori na relaciji Koprivnica – Virovitica su većinom osigurani elektro-mehaničkim kolodvorskim signalno-sigurnosnim uređajima, a postavljanje skretnica za realizaciju voznog puta vlaka se obavlja na samom mjestu što zahtjeva određeno vrijeme da kolodvorsko osoblje nakon zaprimanja naredbe za formiranje voznog puta vozni put formira. Ugradnjom elektro-relejnog tipa kolodvorskih signalno-sigurnosnih uređaja bi se znatno smanjilo vrijeme trajanja kolodvorskih intervala. To bi osim na povećanje propusne sposobnosti kolodvora, utjecalo i na smanjenje vremena putovanja koje je jedan od važnih pokazatelja kvalitete prijevozne usluge. Uz to, kako bi se smanjilo vrijeme putovanja predložena je mjera povećanja tehničke brzine vlakova sa trenutno maksimalnih 80 km/h na 120 km/h. Povećanje brzine iznad 120 km/h nije predloženo iz razloga što dizel-motorni vlak serije 7121 koji se trenutno koristi za prijevoz putnika na relaciji Koprivnica – Virovitica može postići maksimalnu brzinu od 120 km/h, odnosno u slučaju dizel -motornog vlaka serije 7122 maksimalna brzina koju on može postići je 133 km/h. Ukoliko bi se najveća dopuštena brzina na pruži povećala na 120 km/h, vozno vrijeme putničkog vlaka na relaciji Koprivnica - Virovitica bi se u odnosu na postojeće smanjilo za 5 do 10 minuta. Na slici 17 je prikazano vozno vrijeme DMV-a serije 7121 prema trenutnom stanju željezničke infrastrukture i DMV-a serije 7022 na istoj relaciji prema prijedlogu izmjena na željezničkoj infrastrukturi koje podrazumijeva maksimalno dozvoljenu brzinu vlakova od 120 km/h.

Course ID	Station	Arrival	Departure	Dwell	Stop
DMV 7121	Koprivnica	HH:MM:SS	00:00:00	60	✓
DMV 7121	Bregi	00:07:37	00:08:37	60	✓
DMV 7121	Novigrad	00:14:58	00:15:58	60	✓
DMV 7121	Vilje	00:21:36	00:22:36	60	✓
DMV 7121	Durdevac	00:29:29	00:30:29	60	✓
DMV 7121	Kalinovac	00:33:20	00:34:20	60	✓
DMV 7121	Kloštar	00:40:28	00:41:28	60	✓
DMV 7121	Pitomača	00:50:14	00:51:14	60	✓
DMV 7121	Vukosavljevica	00:59:55	00:59:55	60	✓
DMV 7121	Spisic Bukovica	01:05:17	01:06:17	60	✓
DMV 7121	Virovitica Grad	01:12:50	01:13:50	60	✓
DMV 7121	Virovitica	01:18:47	HH:MM:SS	60	✓

Course ID	Station	Arrival	Departure	Dwell	Stop
DMV 7022	Koprivnica	HH:MM:SS	00:00:00	60	✓
DMV 7022	Bregi	00:05:31	00:06:31	60	✓
DMV 7022	Novigrad	00:11:04	00:12:04	60	✓
DMV 7022	Vilje	00:16:05	00:17:05	60	✓
DMV 7022	Durdevac	00:21:27	00:22:27	60	✓
DMV 7022	Kalinovac	00:24:38	00:25:38	60	✓
DMV 7022	Kloštar	00:29:51	00:30:51	60	✓
DMV 7022	Virovitica	00:36:31	00:37:31	60	✓
DMV 7022	Vukosavljevica	00:42:23	00:43:23	60	✓
DMV 7022	Spisic Bukovica	00:47:29	00:48:29	60	✓
DMV 7022	Virovitica Grad	00:53:05	00:54:05	60	✓
DMV 7022	Virovitica	00:55:57	HH:MM:SS	60	✓

Slika 17. Vozno vrijeme DMV-a serije 7121 prema trenutnom stanju željezničke infrastrukture i DMV-a serije 7022 prema prijedlogu izmjena na željezničkoj infrastrukturi

Također, simulacijskim postupkom utvrđeno je da dizel motorni vlak serije 7022 u usporedbi s navedenom klasičnom garniturom sastavljenom od lokomotive serije 2044 i 5 putničkih vagona serije B, ima bolje dinamičke karakteristike u vožnji vezane za svladavanje otpora kretanja koje utječu na vozno vrijeme vlaka (slika 18), te da primjena motornog vlaka unatoč istom kapacitetu s obzirom na broj putnika u odnosu na spomenutu klasičnu garnituru, omogućava značajnu uštedu u potrošnji pogonske energije. Na slici 18 prikazana je usporedba profila brzine, voznog vremena, otpora kretanja i



Slika 18. Usporedba profila brzine, akceleracije i otpora kretanja za DMV 7022 (plava linija) i HŽ 2044+ 5 B (crvena linija)

* Timetable

Course ID	Station	Arrival	Departure	Dwell	Stop
DMV 7022	Koprivnica	HH:MM:SS	00:00:00	60	✓
DMV 7022	Bregi	00:05:07	00:06:07	60	✓
DMV 7022	Novigrad	00:10:13	00:11:13	60	✓
DMV 7022	Virje	00:15:03	00:16:03	60	✓
DMV 7022	Durđevac	00:20:02	00:21:02	60	✓
DMV 7022	Kalinovac	00:23:13	00:24:13	60	✓
DMV 7022	Klostar	00:28:19	00:29:19	60	✓
DMV 7022	Virovitica	00:34:31	00:35:31	60	✓
DMV 7022	Vukosavljevica	00:39:55	00:40:55	60	✓
DMV 7022	Spisic Bukovica	00:44:55	00:45:55	60	✓
DMV 7022	Virovitica Grad	00:50:06	00:51:06	60	✓
DMV 7022	Virovitica	00:52:58	HH:MM:SS	60	✓

Slika 19. vozno vrijeme DMV-a serije 7022 na relaciji Koprivnica-Virovitica s najvećom dopuštenom brzinom na pruzi od 160 km/h

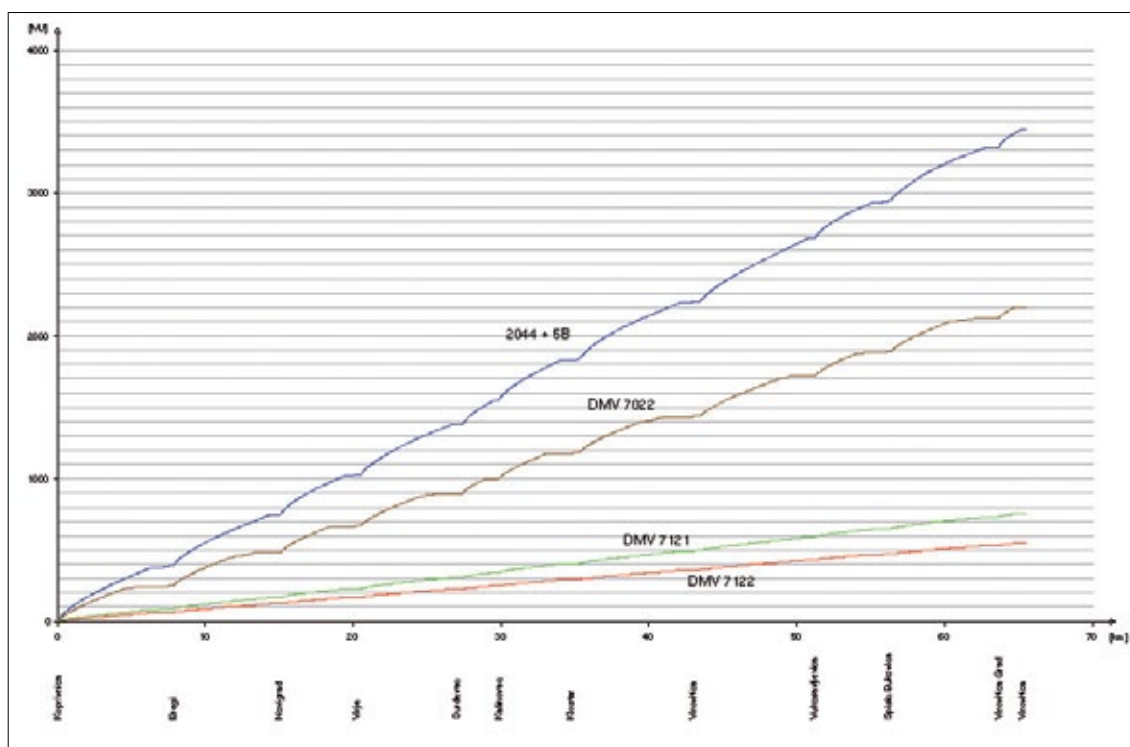
potrošnje pogonske energije dizel-motornog vlaka serije 7022 i klasične kompozicije koja se sastoji od lokomotive serije HŽ 2044 i 5 putničkih vagona na relaciji Koprivnica – Virovitica prema predloženom stanju željezničke infrastrukture.

Također, ukoliko bi se za prijevoz putnika koristio DMV serije 7022, brzina putničkih vlakova bi se mogla povećati na 160 km/h što bi rezultiralo s 20 minuta kraćim vremenom vožnje na relaciji Koprivnica – Virovitica. Na slici 20 je prikazano vozno vrijeme DMV-a serije 7022 na relaciji Koprivnica-Virovitica s najvećom dopuštenom brzinom na pruzi od 160 km/h.

4.3. Analiza utjecaja predloženih mjera na uštedu pogonske energije vlakova

Na relaciji Koprivnica – Virovitica prijevoz putnika se realizira s tri različita tipa vozila, i to: klasična garnitura koja se sastoji od lokomotive serije 2044 i putničkih vagona 2. razreda, dizel motorni vlak serije 7121 i dizel motorni vlak serije 7122.

Na slici 21 prikazan je grafikon potrošnje pogonske energije vozila koja se trenutno koriste za prijevoz putnika te za dizel motorni vlak 7022 koji je predložen kako bi se unaprijedila prijevozna usluga. Unatoč nešto većoj potrošnji pogonske energije u odnosu na vlakove serije 7122 i 7121, vlak serije 7022 predstavlja povoljnije rješenje za kvalitetu prijevozne usluge zbog većeg kapaciteta, trajanja i udobnosti putovanja.



Slika 21. Usporedba u potrošnji pogonske energije između DMV 7022 (smeđa linija) DMV 7121 (zelena linija), DMV 7122 (crvena linija) i HŽ 2044+5 B vagona (plava linija)

ZAKLJUČAK

U ovom radu istražene su mogućnosti i predložene mjere za unapređenje postojećeg stanja željezničkog sustava na pružnoj dionici Koprivnica - Virovitica u svrhu unapređenja kvalitete željezničke prijevozne usluge. Analizom postojećeg stanja utvrđeno je da sustav upravljanja željezničkim prometom na pruzi ne odgovara suvremenim zahtjevima u pogledu sigurnosti i učinkovitosti željezničkog prometa. To se prvenstveno odnosi na način osiguranja te dotrajalost kolodvorskih signalno-sigurnosnih uređaja. Naime, na toj dionici pruge tehnologija osiguranja željezničkog prometa velikim se dijelom oslanja na pouzdanost čovjeka u procesu vođenja vlakova, što osim tehnoloških nedostataka u pogledu dužih

kolodvorskih intervala, može imati i značajan utjecaj na sigurnost odvijanja željezničkog prometa. Naime, samo su kolodvori Koprivnica i Kloštar osigurani elektro-relejnim signalno-sigurnosnim uređajima te na glavnim kolosijecima imaju izlazne signale, dok su ostali kolodvori osigurani zastarjelim mehaničkim ili elektro-mehaničkim signalno-sigurnosnim uređajima bez izlaznih signala. Vozni park namijenjen putničkom prometu je zastario i energetski je neučinkovit, a s obzirom na duge kolodvorske intervale zbog navedenog neodgovarajućeg načina osiguranja kolodvora i na primjenu tehnologije slijeđenja vlakova u međukolodvorskom razmaku, propusna sposobnost pruge nije dovoljna da bi se na toj pruži mogao značajnije povećati broj vlakova. S obzirom na to kako bi se povećala kvaliteta prijevozne usluge predložene su mjere s ciljem povećanja sigurnosti željezničkog prometa i propusne sposobnosti pruge. Učinkovitost predloženih mjera je ispitana primjenom simulacijske analize željezničkog prometa na računalnim modelima postojećeg i predloženog stanja pruge koji su za tu svrhu izrađeni u simulacijskom programu OpenTrack.

Rezultati simulacijske analize pokazuju da bi se primjenom predloženih mjera mogla značajno unaprijediti postojeća kvaliteta željezničke prijevozne usluge na promatranoj relaciji pruge. Opremanjem svih kolodvora suvremenim tipom signalno-sigurnosnih uređaja uz primjenu autostop sustava za automatsku zaštitu vlakova povećala bi se sigurnost željezničkog prometa, a uz to bi se i smanjili kolodvorski intervali te time povećala propusna sposobnost pruge. Primjenom suvremenijeg dizel-motornog vlaka serije 7022 umjesto postojećih zastarjelih serija 7121 i 7122 te energetski neučinkovite kompozicije sastavljene od lokomotive s putničkim vagonima, osim smanjenja voznog vremena i povećanja udobnosti putovanja, ostvarila bi se i veća energetska učinkovitost prijevozne usluge. Povećanjem dopuštene brzine na 120 km/h uz primjenu sustava automatskog pružnog bloka dodatno bi se povećala tehnička sposobnost pruge, a time i otvorila prilika za uvođenjem novih trasa vlakova za prijevoz putnika čime bi se stanovništvo Podravine moglo privući da u svrhu dnevnih migracija koristi željezničku uslugu prijevoza.

LITERATURA

- Desselbrunner, D.: Pregled razvitka željeznica u Hrvatskoj, Hrvatske željeznice, 2002.
- Feletar, P.: Demografske promjene u Koprivničko-Križevačkoj županiji od 1857. do 2011. godine. Podravina, Vol. 11, broj 21, Str. 129 - 167, Koprivnica, 2012.
- Sivilevičius H., Maskeliūnaitė, L.: Multiple Criteria Evaluation and the Inverse Hierarchy Model for Justifying the Choice of Rail Transport Mode, PROMET - Traffic&Transportation, Vol 30, No.1, 2018.
- HŽ Infrastruktura d.o.o., Izvješće o mreži 2018, Zagreb, 2017.
- HŽ Infrastruktura, Uputa za utvrđivanje pružnih i kolodvorskih kapaciteta, Zagreb, 2015.
- HŽ Infrastruktura, d.o.o., Uputa o tehničkim normativima i podacima za izradu i provedbu voznoga reda, Zagreb, 2006.
- HŽ Infrastruktura d.o.o., Vozni red 2017./18, Zagreb, 2017.

SUMMARY

The paper provides an outline of proposed measures for advancement of railway traffic on the railway relation Koprivnica – Virovitica of the regional railway track R202 (Varaždin – Dalj) with the objective of increasing the quality of transport service in passenger railway traffic for the purpose of commuting from Podravina to Zagreb. In order to test the efficiency of proposed measures computing assisted models of the railway relation Koprivnica - Virovitica were developed depicting existing state and the changes of the existing state of the railway infrastructure on this particular part of the railway track. Proposed changes primarily relate to alteration of the existing system of ensuring the open railway track and railway station areas for the purpose of increasing technical capacity of the railway track and safety of the railway traffic, replacement of vehicle fleet and additional measures for improving the railway traffic management system. Proposed measures were tested by means of application of simulation procedures, and analysis of results indicated that they could significantly improve the quality of transport service from the aspect of availability, comfort, speed, cost-efficiency and safety.