

Planiranje taktnog voznog reda prigradskih vlakova na relaciji pruge Harmica - Zagreb Glavni kolodvor

Krajina, Ema

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:483275>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-14**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

ZAVRŠNI RAD

PLANIRANJE TAKTNOG VOZNOG REDA NA RELACIJI PRUGE
HARMICA – ZAGREB GLAVNI KOLODVOR

PLANNING OF CYCLIC TIMETABLE FOR SUBURBAN RAILWAY
SERVICES ON THE LINE FROM HARMICA TO ZAGREB GLAVNI
STATION

Predmet: Planiranje i upravljanje u željezničkom prometu

Mentor: izv. prof. dr. sc. Hrvoje Haramina

Studentica: Ema Krajina

JMBAG: 01 3525 8043

Zagreb, rujan 2022.

Zagreb, 5. svibnja 2022.

Zavod: **Zavod za željeznički promet**
Predmet: **Planiranje i upravljanje u željezničkom prometu**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 6702

Pristupnik: **Ema Krajina (0135258043)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Željeznički promet**

Zadatak: **Planiranje taktnog voznog reda prigradskih vlakova na relaciji pruge
Harmica - Zagreb Glavni kolodvor**

Opis zadatka:

U radu je potrebno analizirati postojeće stanje željezničke infrastrukture i voznog reda na relaciji Harmica - Zagreb Glavni kolodvor. Potrebno je izraditi prijedlog taktnog voznog reda prigradskih vlakova na relaciji Harmica - Zagreb Glavni kolodvor i simulirati njegovu realizaciju.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

izv. prof. dr. sc. Hrvoje Haramina

Ivica Ljubaj, mag. ing. traff. (komentor)

SAŽETAK

U završnom radu analizirano je postojeće stanje željezničke infrastrukture i voznog reda na relaciji Zagreb Glavni kolodvor – Harmica. Na promatranoj relaciji analizom različitih varijanti voznog reda primjenom računalnih simulacija željezničkog prometa izrađen je prijedlog taktnog voznog reda prigradskih vlakova. U svrhu izrade prijedloga taktnog voznog reda korišten je simulacijski program OpenTrack.

KLJUČNE RIJEČI: taktni vozni red, željeznička pruga Harmica – Zagreb Glavni kolodvor, simulacijsko modeliranje

SUMMARY

In the thesis is analysed the current state of the railway infrastructure and the timetable between Zagreb Glavni station and Harmica. On the observed route, an analysis of different variants of the timetable using computer simulations of railway traffic, a proposal for a cyclic timetable for commuter trains was drawn up. For the purpose of drafting the cyclic timetable proposal, the OpenTrack simulation program was used.

KEY WORDS: cyclic timetable, railway line Harmica – Zagreb Glavni station, simulation modeling

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	OPĆENITO O VOZONOM REDU	2
3.	TAKTNI VOZNI RED	4
4.	PREGLED POSTOJEĆEG STANJA ŽELJEZNIČKE INFRASTRUKTURE NA RELACIJI HARMICA – ZAGREB GLAVNI KOLODVOR	6
4.1.	KOLODVOR SAVSKI MAROF	6
4.1.1.	Stajalište BRDOVEC	8
4.1.2.	Stajalište LADUČ	8
4.1.3.	Stajalište SUTLA	9
4.1.4.	Stajalište HARMICA	9
4.2.	KOLODVOR ZAPREŠIĆ	11
4.2.1.	Stajalište PODSUSED	12
4.2.2.	Stajalište ZAPREŠIĆ SAVSKA	12
4.3.	ZAGREB ZAPADNI KOLODVOR	14
4.3.1.	Stajalište KUSTOŠIJA	15
4.3.2.	Stajalište VRAPČE	15
4.3.3.	Stajalište GAJNICE	16
4.4.	ZAGREB GLAVNI KOLODVOR	18
5.	IZRADA SIMULACIJE U MODELU NA RELACIJI PRUGE HARMICA – ZAGREB GLAVNI KOLODVOR	22
5.1.	POSTAVLJANJE PUTA VOŽNJE, PATHA I ITINERARA	22
5.2.	MODELIRANJE VUČNIH VOZILA I VLAKOVA	24
5.3.	IZRADA TRASE VLAKA I VOZNI RED	25
6.	SIMULACIJSKA ANALIZA TAKTNOG VOZNOG REDA NA RELACIJI PRUGE HARMICA – ZAGREB GLAVNI KOLODVOR	27
7.	ZAKLJUČAK	29
	LITERATURA	30
	POPIS SLIKA	31
	POPIS TABLICA	32
	PRILOZI	33
	IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI	34

1. UVOD

Relacija pruge Harmica – Zagreb Glavni kolodvor nalazi se na pruzi L102 lokalnog značaja i na pruzi M101 međunarodnog značaja. Prugom prometuju putnički vlakovi u unutarnjem prometu, brzi vlakovi u međunarodnom prometu i teretni vlakovi u unutarnjem i međunarodnom prometu.

Na relaciji od Harmice do Zagreb Glavnog kolodvora nalaze se kolodvori Savski Marof, Zaprešić, Podsused Tvornica, Zagreb Zapadni kolodvor i Zagreb Glavni kolodvor te stajališta Sutla, Laduč, Brdovec, Zaprešić Savska, Podsused, Gajnice, Vrapče i Kustošija.

U ovome radu analizirana je postojeća infrastruktura na relaciji Harmica – Zagreb Glavni kolodvor te je napravljen prijedlog taktnog voznog reda u svrhu poboljšanja prijevozne usluge.

Rad je podijeljen u sedam cjelina:

1. Uvod
2. Općenito o voznom redu
3. Taktni vozni red
4. Pregled postojećeg stanja željezničke infrastrukture na relaciji Harmica – Zagreb Glavni kolodvor
5. Izrada simulacije u modelu na relaciji pruge Harmica – Zagreb Glavni kolodvor
6. Simulacijska analiza taktnog voznog reda na relaciji pruge Harmica – Zagreb Glavni kolodvor
7. Zaključak

Nakon uvoda, u drugoj cjelini objašnjeno je značenje voznog reda i općenito o njemu. U trećoj je cjelini objašnjeno značenje taktnog voznog reda i općenito o njemu. Četvrta cjelina opisuje trenutno stanje željezničke infrastrukture na relaciji Harmica – Zagreb Glavni kolodvor. U petoj je cjelini objašnjena izrada simulacije u modelu računalnog programa OpenTrack. Šesta cjelina sadrži rezultate simulacijske analize taktnog voznog reda na relaciji pruge Harmica – Zagreb Glavni kolodvor.

2. OPĆENITO O VOZKOM REDU

Vozni red je skup podataka koji određuje sva planirana kretanja vlakova i željezničkih vozila na određenoj infrastrukturi u određenom vremenskom periodu. Planira se s ciljem odgovarajućeg iskorištenja resursa koji su potrebni za ostvarenje željezničkog prometa u svrhu učinkovitog prijevoza putnika i robe [1].

Izradom voznog reda treba uskladiti pokazatelje učinkovitosti željezničkog prometnog sustava, a to su:

1. sigurnost,
2. zadovoljenje korisničkih potreba korisnika,
3. raspoloživost i cijena ponuđenih usluga željeznice te kvaliteta njihove realizacije,
4. pokazatelji učinkovitosti iskorištenja stabilnih sredstava željeznice,
5. pokazatelji učinkovitosti iskorištenja pokretnih sredstava željeznice,
6. usklađenost rada kolodvora i pripadajućih im dionica pruge,
7. racionalno iskorištenje kadrova te
8. uspješnost optimizacije pri realizaciji voznog reda i drugo.

Glavni je element voznog reda plan prijevoza putnika i tereta. Vozni red izrađuje se na osnovi plana prijevoza, prema kadrovskim potencijalima i prema raspoloživim materijalno-tehničkim potencijalima [2].

Prvi i osnovni element prilikom izrade voznog reda je plan prijevoza. Prije same izrade plana, istražuje se transportno tržište na osnovi čega se dolazi do informacija za kreiranje putničkih i robnih tokova [2].

Plan prijevoza putnika sadrži [2]:

- broj putnika koji će se prevesti,
- prosječnu duljinu prijevoznog puta te
- broj putničkih kilometara koji će se pri tome ostvariti.

Količina putnika prikazuje se po vrstama vlakova i vagonskim razredima te po prugama i vrstama prometa [2].

Vozni red ima nekoliko podjela, a njegova glavna podjela je ona s obzirom na rok valjanosti. To su slijedom prethodni vozni red, postojeći vozni red, novi vozni red i sljedeći vozni red.

Prethodni vozni red – vozni red čija je valjanost prestala trajati stupanjem na snagu postojećeg voznog reda [1].

Postojeći vozni red – vozni red koji je trenutno na snazi [1].

Novi vozni red – vozni red koji će stupiti na snagu nakon isteka postojećeg voznog reda [1].

Sljedeći vozni red – vozni red koji će stupiti na snagu nakon isteka novog voznog reda [1].



Slika 1. Podjela voznog reda obzirom na važenje

3. TAKTNI VOZNI RED

Taktni vozni red često je zastupljen u europskim putničkim linijama zbog komercijalnih razloga [3].

Odlazak i dolazak vlakova u kolodvore i iz kolodvora u pravilnim vremenskim intervalima uvodi se radi zadovoljavanja korisnika prijevoza odnosno putnika. Taktni je vozni red jednostavan za čitanje i lako je razumljiv. Također, svaki ga putnik vrlo brzo može naučiti napamet obzirom da su odlasci i dolasci vlakova uvijek u fiksnom intervalu. Putniku bi na svakom taktnom kolodvoru trebala stajati na raspolaganju i optimalna veza presjedanja, a na taj mu se način omogućava brzo i jednostavno putovanje. Optimalna veza presjedanja definira se kao najkraće moguće vrijeme koje je potrebno korisniku usluge da presjedne iz jednog vlaka u drugi.

Taktni interval najčešće podrazumijeva da se u voznom redu na jednoj relaciji mijenjaju isključivo sati vremena polaska vlakova, a minute svakog sata ostaju jednake. Jasan taktni interval ovisi o broju putnika na toj relaciji. Prigradskim vlakovima dodjeljuje se najčešće interval od 20 minuta.

U vremenu vršnog opterećenja prometa, vlakovi će voziti intenzivnijim i gušće raspoređenim taktnim intervalima. Na primjer, u periodu od 6:00 do 9:00, vlakovi primjerice mogu voziti svakih 15 minuta, a u ostalo doba dana voziti 30 minuta. Kako bi se putnicima udovoljilo, za gradove sa preko 50 000 stanovnika, preporuča se organizacija prigradskog prometa po zasebnom kolosijeku kako bi se u što većoj mjeri izbjegli bilo kakvi incidenti koji bi prouzrokovali poremećaje taktnog intervala.

Na prugama za jednokolosiječni promet vrijeme vožnje između dvije zakazane točke sastajanja, mjesta gdje će se dogoditi križanje vlakova, jednaka je polovici fiksnog predviđenog vremena putovanja. Broj točaka sastajanja na jednokolosiječnoj pruzi može varirati, ali moguće je izračunati fiksne intervale sa slijedećom jednadžbom:

$$n_{BT} \geq 2 * \frac{t_P}{t_F},$$

gdje oznake imaju sljedeće značenje:

n_{BT} – broj točaka sastajanja,

t_P – vrijeme putovanja linije,

t_F – fiksno vrijeme intervala između dvije linije [3].

Broj vlakova i putničkih garnitura potrebnih na trasi u fiksnom intervalu može se izračunati slijedećom jednadžbom:

$$n_V = \frac{t_T}{t_F},$$

gdje oznake imaju sljedeće značenje:

n_T – broj vlakova i putničkih garnitura,

t_T – vrijeme fiksnog vremena (takta) [3].

Vrijeme jednog takta odnosi se na ukupno vrijeme između dvaju uzastopnih polazaka istog vlaka postavljenog na istom stajalištu u istom smjeru [3].

Postoje tri vrste zakazivanja trase koje se koriste u taktном voznom redu:

- ne simetrični taktни vozni red,
- simetrični taktни vozni red i
- integrirani taktни vozni red.

4. PREGLED POSTOJEĆEG STANJA ŽELJEZNIČKE INFRASTRUKTURE NA RELACIJI HARMICA – ZAGREB GLAVNI KOLODVOR

Željeznička pruga Harmica – Zagreb Glavni kolodvor od stajališta Harmica do kolodvora Savski Marof spada u pruge lokalnog značaja, a od kolodvora Savski Marof do Zagreb Glavnog kolodvora spada u pruge međunarodnog značaja. Sastavni je dio željezničke pruge L102 Savski Marof – Kumrovec – državna granica (u daljnjem tekstu DG) i željezničke pruge M101 (Dobova) – DG – Savski Marof – Zagreb Glavni kolodvor. Na navedenoj relaciji pruge nalaze se kolodvori Savski Marof, Zaprešić, Podsused Tvornica, Zagreb Zapadni kolodvor i Zagreb Glavni kolodvor [4].

Ukupna duljina trase Harmica – Zagreb Glavni kolodvor iznosi 26,482 kilometara (u daljnjem tekstu km), od čega se 4,819 km nalazi na željezničkoj pruzi L102, a 21,663 km na željezničkoj pruzi M101.

4.1. KOLODVOR SAVSKI MAROF

Kolodvor Savski Marof, prikazan na shematskoj slici 2., nalazi se u KM 446+107 na pruzi M101 odnosno u KM 0+271 na pruzi L102. Prema zadaći u reguliranju prometa Savski Marof je međukolodvor, granični kolodvor i odvojni kolodvor [5].

Međukolodvor je zbog toga što se nalazi unutar rasporednih odsjeka:

- Zagreb GK – Savski Marof – Zagreb GK,
- Zagreb RK – Savski Marof – Zagreb RK,
- Zagreb GK – Kumrovec,
- Kumrovec – Zagreb GK,
- Zagreb RK – Kumrovec i
- Kumrovec – Zagreb RK.

Granični je kolodvor zbog toga što se u njemu regulira promet između Hrvatskih željeznica (u daljnjem tekstu HŽ) i susjedne željezničke uprave Slovenskih željeznica (u daljnjem tekstu SŽ).

Odvojni je kolodvor zbog toga što se u KM 445+836 kolodvora Savski Marof odvaja pruga L 102 Savski Marof – Kumrovec – DG.

Službena mjesta koja su podređena kolodvoru Savski Marof, a pripadaju relaciji pruge Harmica – Zagreb Glavni kolodvor su stajališta Brdovec, Laduč, Sutla i Harmica. Kolodvor Savski Marof nalazi se u nagibu 1,3‰ (promila) prema kolodvoru Zaprešić [5].

Kolodvor Savski Marof otvoren je za prijem i otpremu putnika u unutarnjem prometu, tranzitnom prometu (za Istru preko pruga SŽ-a) i pograničnom prometu (relacija Zagreb GK – Sevnica, SŽ). Stajalište Brdovec je otvoreno za prijem i otpremu putnika u unutarnjem prometu

i u pograničnom prometu (relacija Zagreb GK – Sevnica, SŽ). Stajališta Laduč, Sutla i Harmica otvoreni su za prijem i otpremu putnika u unutarnjem prometu. Pruga od stajališta Harmica do kolodvora Kumrovec (Kumrovec DG) trenutno je zatvorena za promet vlakova [5].

Ulazni signali kolodvora Savski Marof čine granice kolodvorskog područja u odnosu na otvorenu prugu, a svaki od njih smješten je na određenom kilometarskom području:

- Ulazni signal **UsA** u KM 444+920 iz smjera kolodvora Zaprešić,
- Ulazni signal **UsB1** u KM 446+808 iz smjera kolodvora Dobova za lijevi kolosijek,
- Ulazni signal **UsB2** u KM 446+808 iz smjera kolodvora Dobova za desni kolosijek i
- Ulazni signal **UsC** u KM 0+976 iz smjera kolodvora Klanjec (Kumrovec).

Kolodvor je osiguran potpunim elektro-relejnim osiguranjem tipa Lorenz Sp-30 sa svjetlosnim glavnim signalima koji pokazuju dvoznačne signalne znakove osim izlaznih signala E-1 do E-4 koji pokazuju jednoznačne signalne znakove [5].

U kolodvorskom području nalazi se osam kolosijeka, a to su:

- Prvi kolosijek ima oznaku 1 (jedan) i on je glavni prolazni kolosijek. Redovito je namijenjen za prijem i otpremu vlakova iz smjera Dobove za smjer Zaprešić na ulaznom i izlaznom pravcu vožnje. Također, on je i nepravilni glavni prolazni kolosijek za vlakove iz smjera kolodvora Klanjca za smjer Zaprešić ulaznom vožnjom u skretanje, a izlaznom vožnjom u pravac. Njegova korisna duljina iznosi 664 metra ili 132 osovine.
- Drugi kolosijek ima oznaku 2 (dva) i on je glavni prolazni kolosijek. Redovito je namijenjen za prijem i otpremu vlakova iz smjera Zaprešića za smjer Dobova na ulaznom i izlaznom pravcu vožnje. Također, on je i nepravilni glavni prolazni kolosijek za vlakove iz smjera Zaprešića za Klanjec ulaznom vožnjom u pravac i izlaznom vožnjom u skretanje. Njegova korisna duljina iznosi 711 metara ili 142 osovine.
- Treći kolosijek ima oznaku 3 (tri) i on je nepravilni glavni prolazni kolosijek jer na zapadnoj strani čini produženje otvorene pruge, ali se na istočnoj strani spaja s drugim (2) kolosijekom vožnjom u skretanje. Redovito je namijenjen za prijem i otpremu vlakova koji prometuju sa kumrovečke pruge odnosno na kumrovečku prugu kada se ovi vlakovi ne mogu primiti na drugi (2) odnosno prvi (1) kolosijek te služi i kao preticajni kolosijek za vlakove iz smjera Zaprešića za smjer Dobova. Njegova korisna duljina iznosi 619 metara ili 123 osovine.
- Četvrti kolosijek ima oznaku 4 (četiri) i on je glavni kolosijek. Redovito je namijenjen za prijem i otpremu vlakova iz smjera Zaprešića za smjer Dobova i za smjer Kumrovec te teretnih vlakova za smjer Kumrovec i iz smjera Kumrovca. Njegova korisna duljina iznosi 621 metar ili 123 osovine.

- Peti kolosijek ima oznaku 5 (pet) i on je glavni kolosijek. Redovito služi za prijem i otpremu vlakova iz smjera Dobove i iz smjera Kumrovec za smjer Zaprešić a služi i kao preticajni kolosijek za vlakove istog smjera.
- Peti a kolosijek ima oznaku 5a (pet a) i on je sporedni, krnji, industrijski kolosijek u vlasništvu tvornice Kvasac.
- Šesti kolosijek ima oznaku 6 (šest) i on je sporedni industrijski kolosijek u vlasništvu tvornice Kvasac.
- Sedmi kolosijek ima oznaku 7 (sedam) i on je sporedni industrijski kolosijek u vlasništvu tvornice Kvasac.

Kolodvor Savski Marof ima tri uređene površine. Prva se nalazi uz prvi kolosijek do kolodvorske zgrade i proteže se od KM 446+106 do KM 446+268 te joj je korisna duljina 162 metra. Druga se nalazi između prvog i drugog kolosijeka i proteže se od KM 445+966 do KM 446+127 te joj je korisna duljina 161 metar. Treća uređena površina nalazi se između drugog i trećeg kolosijeka i proteže se od KM 445+966 do KM 446+238, a korisna duljina joj iznosi 161 metar odnosno od KM 0+131 do KM 0+292 (za prugu L102) korisne duljine 161 metar. Sve tri uređene površine nalaze se u kolodvoru Savski Marof te su izgrađene od betonskih elemenata sa asfaltiranom površinom, visine 20 cm od GRT-a, širine 160 cm. Također, svaka od njih ima povezanost sa pristupnom stazom izgrađenom od pružnih pragova u KM 446+130. Visina pristupne staze u visini je GRT-a [5].

Prometni ured kolodvora Savski Marof opremljen je telekomunikacijskim pultom (TKP) s lijeve strane blok uređaja. Također, ondje se s desne strane blok uređaja nalazi zidna ploča s induktorskim telefonskim aparatom koji se koristi u slučaju kvara TKP-a.

4.1.1. Stajalište BRDOVEC

Postoje dvije uređene površine stajališta Brdovec. Jedna se proteže s vanjske strane lijevog kolosijeka, a druga se proteže s vanjske strane desnog kolosijeka sa zaštitnom ogradom između lijevog i desnog kolosijeka. Obje uređene površine protežu se od KM 443+720 do KM 443+880 te im korisna duljina iznosi 160 metara. Izgrađene su od betonskih elemenata sa asfaltiranom površinom, a visina im iznosi 35 cm iznad GRT-a, a širina im je 160 cm.

Stajalište Brdovec opremljeno je induktorskim telefonskim aparatom koji je priključen na ČV-1, 90+100, Savski Marof – Zaprešić, to jest na prvu ručicu drugog mjenjača.

4.1.2. Stajalište LADUČ

Stajalište se nalazi u KM 1+980 između kolodvora Savski Marof i kolodvora Klanjec. U stajalištu Laduč prvi peron nalazi se s desne strane pruge Savski Marof – Kumrovec – DG od KM 1+964 do KM 2+124. Korisna duljina perona iznosi 160 metara. Peron se koristi samo za vlakove koji voze po pruzi Savski Marof - Kumrovec - DG i to za vlakove iz oba smjera. Izgrađen je od betonskih elemenata s popločanom površinom, visine 55 cm iznad GRT-a i širine 160 cm. Oko sredine perona u KM 2+050 izgrađena je nadstrešnica za putnike površine 10 m². Između pruge Savski Marof – Kumrovec - DG i desnog kolosijeka pruge Zagreb - Savski Marof

- DG izgrađena je zaštitna ograda [5]. Signalne oznake „Približavanje stajalištu“ i „Mjesto zaustavljanja“ nalaze se u oba smjera stajališta Laduč [6].

4.1.3. Stajalište SUTLA

Stajalište se nalazi u KM 4+099 između kolodvora Savski Marof i kolodvora Klanjec [6]. U stajalištu Sutla prvi peron nalazi se s desne strane pruge Savski Marof – Kumrovec – DG od KM 3+975 do KM 4+135. Korisna duljina perona iznosi 160 metara. Peron se koristi samo za vlakove koji voze po pruzi Savski Marof - Kumrovec - DG i to za vlakove iz oba smjera. Izgrađen je od betonskih elemenata s popločanom površinom, visine 55 cm iznad GRT-a i širine 260 cm. Oko sredine perona od KM 4+050 do KM 4+070 izgrađena je nadstrešnica za putnike površine 20 m². Između pruge Savski Marof – Kumrovec - DG i desnog kolosijeka pruge Zagreb - Savski Marof - DG izgrađena je zaštitna ograda. U stajalištu se nalazi jedan ŽAT telefon i telefon priključen na fiksnu mrežu [5]. Signalne oznake „Približavanje stajalištu“ i „Mjesto zaustavljanja“ nalaze se u oba smjera stajališta Sutla [6].

4.1.4. Stajalište HARMICA

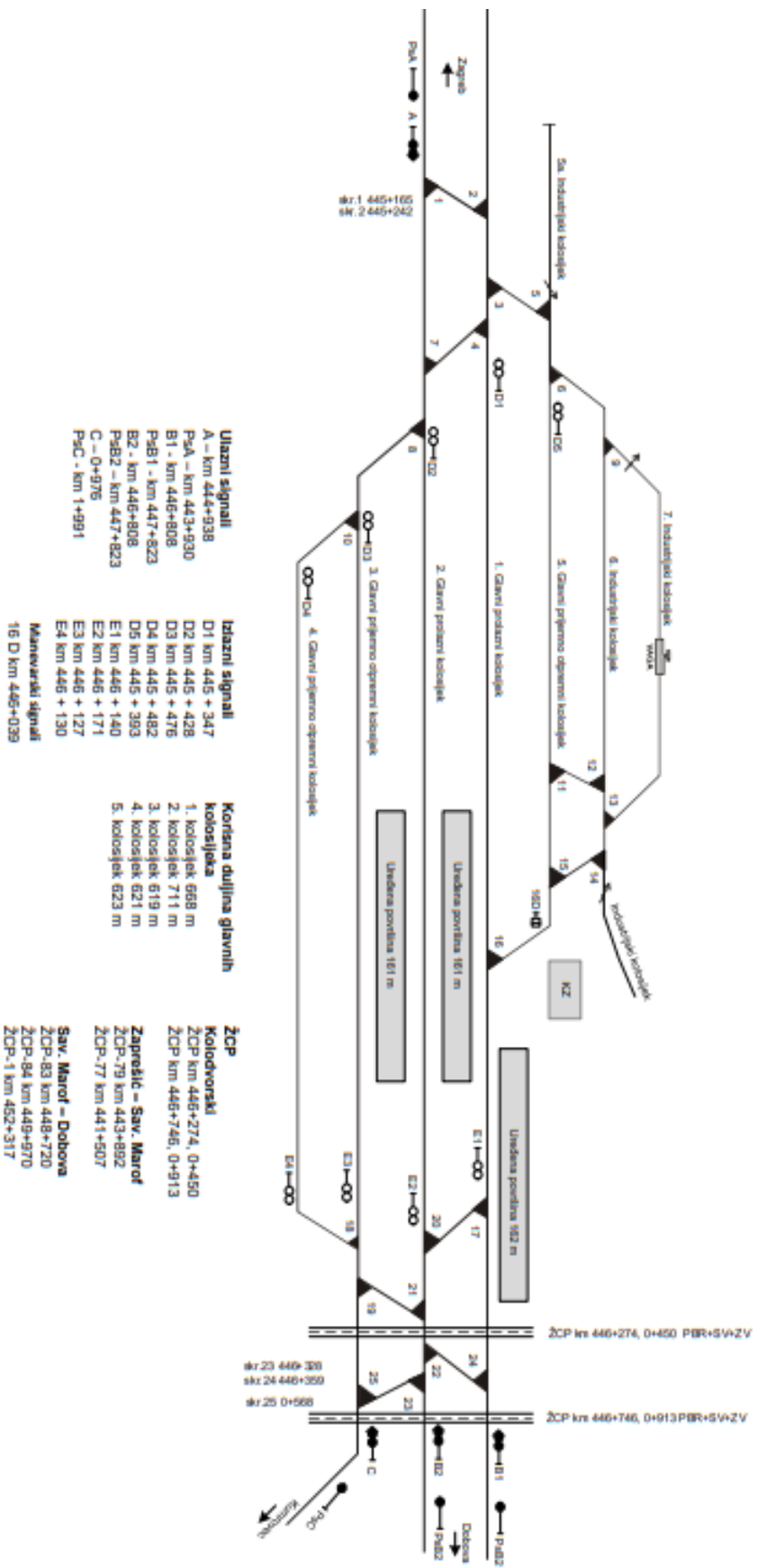
Nalazi se u KM 5+082 pruge L102 Savski Marof – Kumrovec -DG između kolodvora Savski Marof i kolodvora Klanjec [6]. U stajalištu Harmica nalazi se prvi peron s desne strane pruge Savski Marof – Kumrovec – DG od KM 4+963 do KM 5+123. Korisna duljina perona iznosi 160 metara. Izgrađen je od betonskih elemenata s popločanom površinom, visine 55 cm iznad GRT-a i širine 300 cm. U KM 5+100 izgrađena je nadstrešnica za putnike površine 30 m².

Stajalište Harmica opremljeno je induktorskim telefonskim aparatom koji ima mogućnost uključanja na PV-40+254, Savski Marof – Kumrovec i ČV-3, 90+254, Savski Marof – Klanjec (Kumrovec). To je ostvarivo pomoću mjenjača smještenog u zidnoj kutiji koja se nalazi s desne strane prozora na južnom zidu. Također, peron stajališta kod nadstrešnice opremljen je induktorskim telefonskim aparatom u samostojećem telefonskom ormariću koji se priključen na poslovni vod Savski Marof – Harmica PV-41-254 [5].

Signalna oznaka „Mjesto zaustavljanja“ nalazi se u oba smjera stajališta Harmica, dok se signalna oznaka „Približavanje stajalištu“ nalazi isključivo iz smjera kolodvora Savski Marof obzirom da vlakovi prometuju samo iz stajališta Harmica. Prije otpreme vlaka iz kolodvora Savski Marof u smjeru stajališta Harmica, prometnik vlakova kolodvora Savski Marof osigurava vozni put za vlak kolodvorskim signalno sigurnosnim uređajem [6].

KOLODVOR SAVSKI MAROF

Km 446 + 107



Slika 2. Kolosiječna shema kolodvora Savski Marof

4.2. KOLODVOR ZAPREŠIĆ

Kolodvor Zaprešić, prikazan na shematskom prikazu slike 3., nalazi se u KM 439+567 pruge M101 Savski Marof – DG (Dobova) – Zagreb Glavni kolodvor, a također se nalazi u nultom kilometru pruge R201 Zaprešić – Varaždin – Kotoriba – DG (Murakeresztur). Prema zadaći u reguliranju prometa kolodvor Zaprešić je međukolodvor na pruzi M101, a odvojni kolodvor za prugu R201 [7].

Službena mjesta koja su podređena kolodvoru Zaprešić, a pripadaju relaciji Harmica – Zagreb Glavni kolodvor su Podsused stajalište i stajalište Zaprešić Savska. Zaprešić je kolodvor otvoren za prijem i otpremu putnika, vagnskih pošiljaka i živih životinja.

Ulazni signali kolodvora Zaprešić čine granice kolodvorskog područja u odnosu na otvorenu prugu, a svaki od njih smješten je na određenom kilometarskom području [7]:

- ulazni signal **A** u KM 438+538 pruge M101 od strane kolodvora Podsused Tvornica,
- ulazni signal **B** u KM 440+180 pruge M101 od strane kolodvora Savski Marof i
- ulazni signal **C** u KM 0+830 pruge R201 od strane kolodvora Novi Dvori.

U kolodvorskom području nalazi se petnaest kolosijeka od kojih su prvih šest glavni kolosijeci svrstani u skupinu prihvatno – otpremnih kolosijeka [7].

- Prvi kolosijek je glavno prihvatno otpremni kolosijek za vlakove pruge Zaprešić – Čakovec u oba smjera po potrebi (zbog kratkog perona). Njegova korisna duljina iznosi 492 metra ili 98 osovina.
- Drugi kolosijek je glavni kolosijek za pretjecanje vlakova u smjeru Savskog Marofa i Varaždina i služi za smještaj tranzitnog i loko bruta, ali i za prijem vlakova iz smjera Zagreba (u posebnim slučajevima i u određenim uvjetima i za prijem putničkih vlakova). Njegova korisna duljina iznosi 593 metra ili 118 osovina.
- Treći kolosijek je glavni prolazni kolosijek u smjeru Savskog Marofa, a nepravilni glavni prolazni kolosijek u smjeru Varaždina. Njegova korisna duljina iznosi 664 metara ili 132 osovine.
- Četvrti kolosijek je glavni prolazni kolosijek u smjeru Zagreba za vlakove iz kolodvora Savski Marof, a nepravilni glavni prolazni kolosijek za vlakove iz smjera Varaždina. Njegova korisna duljina iznosi 671 metar ili 134 osovine.
- Peti kolosijek je glavni kolosijek koji služi za pretjecanje vlakova u smjeru Zagreba. Njegova korisna duljina iznosi 709 metara ili 140 osovina.
- Šesti kolosijek je glavni kolosijek koji služi za smještaj vlakova koji čekaju dispoziciju, za prijem tranzitnog bruta iz „Pro-Reg d.o.o.“ i „Mehaničke radionice“. Njegova korisna duljina iznosi 688 metara ili 137 osovine.

Kolodvor je osiguran elektrotelegrafnim signalno-sigurnosnim uređajem tipa Sp DR Lorenz 30 sa automatskim pružnim blokom (APB-om) u međukolodvorskim odsjecima između kolodvora Zaprešić i Podsused Tvornica te između kolodvora Zaprešić i Savski Marof. Svi su glavni signali kolodvora Zaprešić svjetlosni. Ulazni su signali dvoznačni kao i svi izlazni signali izuzev izlaznih signala E1, E2 i E3 koji su za vožnju vlakova u međukolodvorskom odsjeku Zaprešić – Novi Dvori jednoznačni, a za vožnju u međukolodvorskom odsjeku Zaprešić – Savski Marof dvoznačni [7].

Prometni ured kolodvora Zaprešić opremljen je TKP-om, a u istom je instaliran i zidni induktorski telefon s mogućnošću uključivanja uklopnicima na sve važnije linije u slučaju kvara TKP-a te zidni ŽAT telefon. Blok I i blok II kolodvora Zaprešić opskrbljeni su sa po jednim induktorskim telefonom gdje je moguća uspostava veze između istih te prometnog ureda i susjednih kolodvora. Pojedine linije uključene u TKP prometnog i telegrafskog ureda kolodvora Zaprešić uključene su u registrofon. Registrofon je instaliran u Zagreb Glavnom kolodvoru, tip ATIS/UHER MDD 500MT, a putem istog se obavlja jednostrano i dvostrano snimanje, višekanalnog je tipa [7].

4.2.1. Stajalište PODSUSED

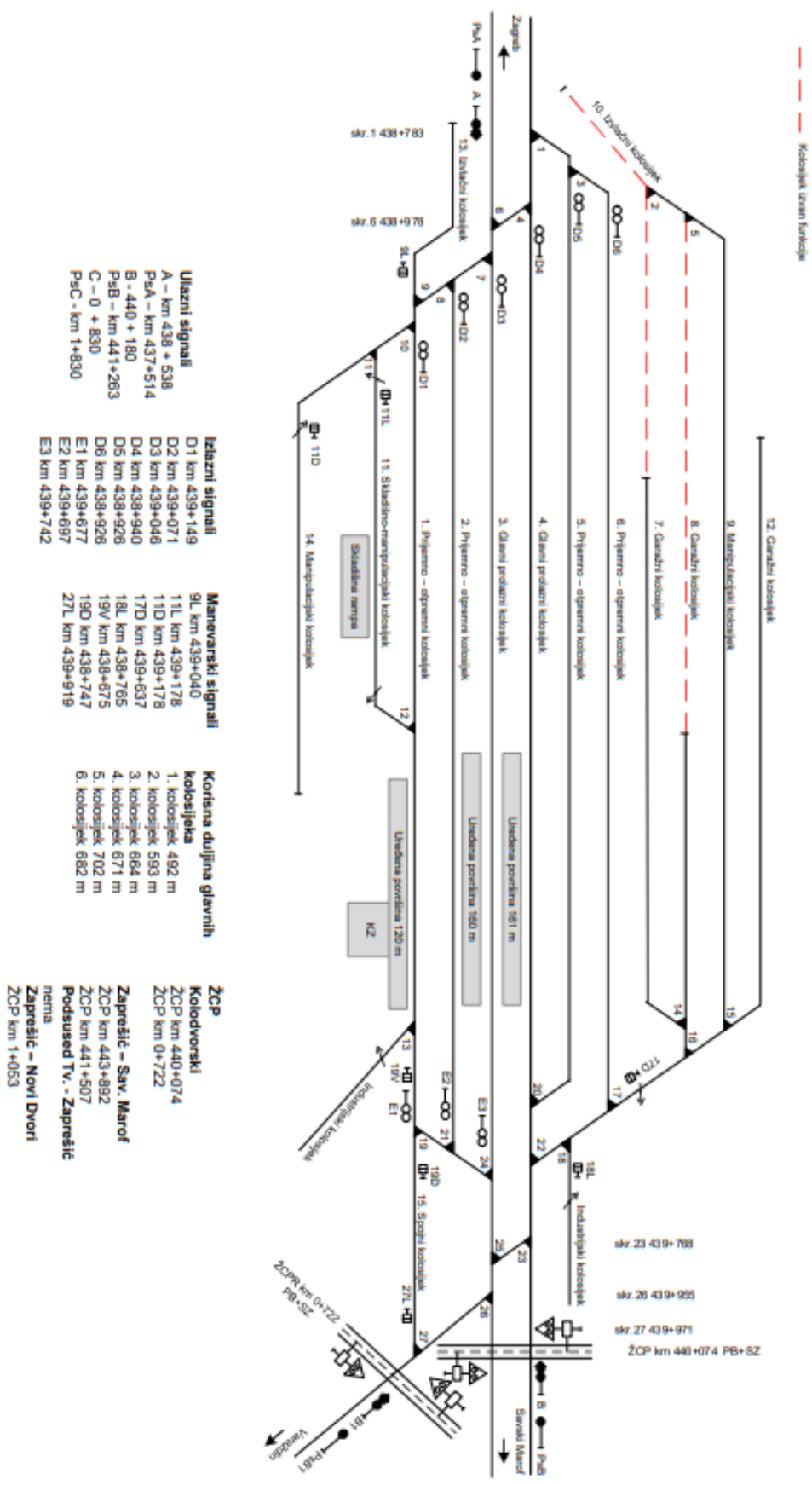
U Podsused stajalištu uz desni kolosijek postoji peron za manipulaciju putnika od KM 435+645 do KM 435+799 širine 2,25 m, dugačak 154 metra ukupne površine 347 m² omeđen betonskim okvirom i asfaltiranje gornje površine. Uz lijevi kolosijek postoji peron za manipulaciju putnika od KM 435+640 do KM 435+794 širine 2,20 m ukupne površine 346 m², omeđen betonskim okvirom i asfaltirane gornje površine [7].

4.2.2. Stajalište ZAPREŠIĆ SAVSKA

U Zaprešić Savskoj nalazi se peron s vanjske strane oba kolosijeka od KM 441+340 do KM 441+500 dužine 160 metara, a širine uz lijevi kolosijek 3,25 m i ukupne površine 360 m², omeđene betonskim okvirom i asfaltirane gornje površine. Uz lijevi kolosijek stajališta u KM 441+460 nalazi se ostakljena nadstrešnica za prihvat putnika koja je udaljena od kolosijeka 2,5 metara [7].

KOLODVOR ZAPREŠIĆ

Km 439 + 567



Slika 3. Kolosiječna shema kolodvora Zaprešić

Izvor: [7]

4.3. ZAGREB ZAPADNI KOLODVOR

Kolodvor Zagreb Zapadni, prikazan na shematskoj slici 4., sastoji se od dvaju kolodvorskih područja koja čine jednu tehnološku cjelinu, a to su Zagreb Zapadni kolodvor (putnički dio) i Zagreb Zapadni kolodvor (teretni dio). Putnički dio kolodvora nalazi se u KM 426+571, a teretni dio kolodvora nalazi se u KM 428+433 pruge M101 (Dobova) – DG – Savski Marof – Zagreb Glavni kolodvor. Prema zadaći u regulaciji prometa Zagreb Zapadni je međukolodvor na pruzi M101 i odvojni kolodvor na pruzi Zagreb Zapadni kolodvor – rasputnica Trešnjevka (M405) prema kolodvorima Zagreb Klara i Hrvatski Leskovac [8].

Službena mjesta koja su podređena kolodvoru Zagreb Zapadni su stajališta Kustošija, Vrapče i Gajnice te se ona nalaze na pruzi M101.

Zagreb Zapadni kolodvor otvoren je za prijem i otpremu putnika, prijem i otpremu vagnskih pošiljaka, za carinske poslove, za manipulaciju svim vrstama kontejnera te za djelomičan utovar i istovar, samo kod pretega [8].

Ulazni signali kolodvora Zagreb Zapadni čine granice kolodvorskog područja u odnosu na otvorenu prugu, a svaki od njih smješten je na određenom kilometarskom položaju [8]:

- ulazni signal **A** u KM 425+910 od strane Zagreb Glavnog kolodvora,
- ulazni signal **B** u KM 0+650 od strane rasputnice Trešnjevka i
- ulazni signal **C** u KM 429+095 od strane kolodvora Podsused Tvornica.

Kolodvor je osiguran elektro-relejnim signalno-sigurnosnim uređajem tipa SpDrL "Lorenz". Uređaj se sastoji od komandnog stola koji se nalazi u prometnom uredu u putničkom dijelu kolodvora, a kojim se centralno rukuje ulaznim i izlaznim svjetlosnim signalima, manevarskim signalima za zaštitu voznog puta, te skretnicama i iskliznicama koje su uključene u blok postavnicu kao i cestovnim prijelazima u kolodvoru [8].

U putničkom dijelu kolodvorskog područja nalazi se šesnaest kolosijeka.

- 1a. i 1b. kolosijeci su prijemno-otpremni za putničke vlakove, a mogu služiti i u potrebe pretjecanja vlakova te kao prolazni kolosijek. Služi za prijem, otpremu i prolaz vlakova.
- Drugi kolosijek je glavni prolazni kolosijek dvokolosiječne pruge za pravac Zagreb Glavni kolodvor / rasputnica Trešnjevka / - Savski Marof – DG – (Dobova) te on služi za prijem, otpremu i prolaz vlakova.
- Treći kolosijek je glavni prolazni kolosijek dvokolosiječne pruge za pravac Zagreb Glavni kolodvor / rasputnica Trešnjevka / - Savski Marof – DG / Dobova te on služi za prijem, otpremu i prolaz vlakova.
- Četvrti kolosijek je glavni kolosijek za prijem, otpremu i prolaz vlakova za pravac Zagreb Glavni kolodvor / rasputnica Trešnjevka / - Savski Marof – DG – (Dobova) i obratno.

- Peti kolosijek je glavni kolosijek za prijem, otpremu i prolaz teretnih vlakova za pravac rasputnica Trešnjevka - Savski Marof – DG – (Dobova) i obratno.
- Šesti kolosijek je manipulativni, a služi za istovar i utovar tovarnog pribora (paleta i pokrivača).
- Sedmi kolosijek "Bosna" namijenjen je za utovar i istovar vagonskih pošiljaka.
- Osmi kolosijek "Istra" (garažni) je posebni manipulativni kolosijek.
- Deveti kolosijek "Dalmacija" je manipulativni kolosijek koji ima namjenu izvlačnjaka.
- Deseti kolosijek "Čeona rampa" služi za istovar motornih vozila i ostalih vagonskih pošiljaka.
- Jedanaesti kolosijek je nastavak šestog manipulativnog kolosijeka.
- Dvanaesti kolosijek "Velebit" spaja putnički dio kolodvora za teretnim dijelom.
- Trinaesti kolosijek "Macedonija" je manipulativni kolosijek koji služi za utovar i istovar vagonskih pošiljaka.
- Četrnaesti kolosijek "Albanija" je manipulativni kolosijek koji služi za utovar i istovar carinske robe te carinjenje.
- Petnaesti kolosijek je krnji kolosijek i on je izvan upotrebe.
- Šesnaesti kolosijek "Lika" spaja putnički dio kolodvora sa teretnim dijelom.

Kolodvor Zagreb Zapadni ima natkriveni peron od KM 426+525 do KM 426+620 koji se nalazi između kolodvorske zgrade putničkog dijela kolodvora i 1a. kolosijeka. Dužina perona iznosi 95 m, a širina 5,5 m. Popločen je mramornim pločama te omogućuje brz i siguran ulaz i izlaz putnika. Također, kolodvor ima i uređene asfaltirane površine za ulazak i izlazak putnika koje nisu natkrivene. Nalaze se između prvog i drugog kolosijeka od KM 426+518 do KM 426+678 dužine 160 m te između drugog i trećeg kolosijeka od KM 426+520 do KM 426+670 dužine 151 m. Oni služe isključivo za smještaj putnika neposredno prije dolaska vlaka i za lakši izlazak iz istog te nisu namijenjene za zadržavanje putnika [8].

4.3.1. Stajalište KUSTOŠIJA

Stajalište Kustošija nalazi se na području kolodvora Zagreb Zapadni te ima dva nenatkrivena perona uz lijevi i desni kolosijek pruge Zagreb Zapadni – Podsused Tvornica. Peroni se protežu od KM 428+532 do 428+692 uz desni kolosijek te od KM 428+680 do 428+840 uz lijevi kolosijek. Peron uz desni kolosijek dužine je 160 m i širine 3 m, dok je peron uz lijevi kolosijek istih dimenzija. Oba perona izgrađena su od betonske osnove presvučene završnim asfaltnim slojem [8].

4.3.2. Stajalište VRAPČE

Stajalište Vrapče nalazi se između kolodvora Zagreb Zapadni i Podsused Tvornica u KM 431+058 sa izgrađena dva natkrivena perona uz lijevi i desni kolosijek. Peroni se protežu od KM 430+958 do 431+115 uz desni kolosijek te od KM 430+965 do 431+130 uz lijevi kolosijek. Peron uz desni kolosijek dužine je 157 m i širine 3 m, dok je peron uz lijevi kolosijek dužine 165 m te iste širine kao i peron uz desni kolosijek. Oba perona izgrađena su od betonske

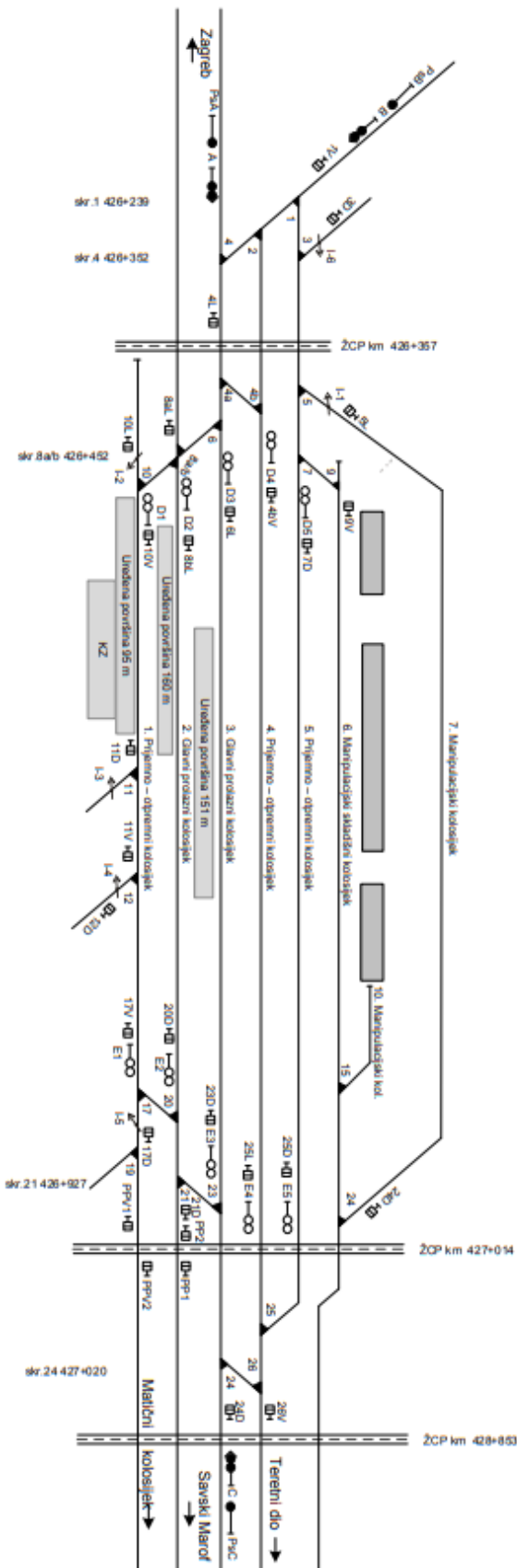
osnove presvučene završnim asfaltnim slojem, a sjeverni i južni peron međusobno su povezani pješačkim pothodnikom [8].

4.3.3. Stajalište GAJNICE

Stajalište Gajnice nalazi se između kolodvora Zagreb Zapadni i Podsused Tvornica u KM 432+904 sa izgrađena dva natkrivena perona uz lijevi i desni kolosijek. Peroni se protežu od KM 432+762 do 432+885 uz desni kolosijek te od KM 432+905 do 433+025 uz lijevi kolosijek. Peron uz desni kolosijek dužine je 122 m i širine 3 m, dok je peron uz lijevi kolosijek dužine 121 m te iste širine kao i peron uz desni kolosijek. Oba perona izgrađena su od betonske osnove presvučene završnim betonskim slojem, a sjeverni i južni peron međusobno su povezani pješačkim pothodnikom [8].

ZAGREB ZAPADNI KOLODVOR

Km 426+571



- Ulazni signali**
- A – km 425+910
 - PSA – km 425+085
 - B - 0+650
 - PSB (R) – km 422+540
 - PSB (S) – km 426+250
 - C – km 429+325
 - PSC – km 430+532
- Izlazni signali**
- D1 km 426+515
 - D2 km 426+502
 - D3 km 426+461
 - D4 km 426+462
 - D5 km 426+468
 - E1 km 426+839
 - E2 km 426+852
 - E3 km 426+982
 - E4 km 426+982
 - E5 km 426+983
- Manevarski signali**
- 1V km 426+237
 - 3D km 426+254
 - 4L km 426+302
 - 4Bv km 426+469
 - 5L km 426+450
 - 6L km 426+463
 - 7D km 426+469
 - 8L km 426+410
 - 9V km 426+474
 - 10L km 426+450
 - 10V km 426+516
 - 11D km 426+673
 - 12L km 426+700

- Korisna dužina glavnih kolosijeka**
- 1. kolosijek 332/325 m
 - 2. kolosijek 359/354 m
 - 3. kolosijek 483/485 m
 - 4. kolosijek 541/517 m
 - 5. kolosijek 526/518 m
- ŽCPR Kolodvorski**
- ŽCPR km 426+357
 - ŽCPR km 427+014
- ŽCPR Podsusjed Tv. – Zagreb Zap. kol.**
- ŽCPR 01 km 429+823
 - ŽCPR 02 km 430+392
 - ŽCPR 03 km 431+257
 - ŽCPR 04 km 432+362
- ŽCPR Zagreb Zap. kol. – Zagreb G. kol.**
- ŽCPR 01 km 429+823
 - ŽCPR 02 km 430+392
 - ŽCPR 03 km 431+257
 - ŽCPR 04 km 432+362

Slika 4. Kolosiječna shema Zagreb Zapadnog kolodvora

Izvor: [8]

4.4. ZAGREB GLAVNI KOLODVOR

Kolodvor Zagreb Glavni, prikazan na shematskoj slici 5., nalazi se u KM 424+423,10 pruge M101, pruge M102 Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo, M202 Zagreb Glavni kolodvor – Karlovac – Rijeka i M502-1 Zagreb Glavni kolodvor – Velika Gorica. Prema zadaći u reguliranju prometa Zagreb Glavni je rasporedni, prolazni, a za pojedine vlakove prolazni i krajnji kolodvor [9].

Odvojne pruge kolodvora su pruga M202 koja se odvaja od skretnice 1a/b u KM 424+948 i pruga M502-1 koja se odvaja od skretnice 5a/b u KM 423+903. Kolodvorska prihvatna zgrada ima dva kata, a sastoji se od istočnog i zapadnog krila, dok istočni dio čini i centralni dio kolodvorske zgrade [9].

Službena mjesta koja su podređena kolodvoru Zagreb Glavni su stajališta Maksimir, Trnava i Čulinec te službeno mjesto rasputnica Trešnjevka i kolodvor Zagreb Borongaj [9].

Zagreb Glavni kolodvor otvoren je za prihvat i otpremu putnika, prijevoz pošiljaka za potrebe HŽ Putničkog prijevoza koji se ne odnosi na pošiljke razreda 3 RID, osim za pošiljke dizel – goriva za potrebe HŽ Putničkog prijevoza [9].

Ulazni signali Zagreb Glavnog kolodvora čine granice kolodvorskog područja u odnosu na otvorenu prugu, a svaki od njih smješten je na određenom kilometarskom položaju [9]:

- ulazni signal **G** u KM 425+785 iz smjera kolodvora Zagreb Borongaj, desni kolosijek – glavna pruga,
- ulazni signal **H** u KM 425+785 iz smjera kolodvora Zagreb Borongaj, lijevi kolosijek – spojna pruga,
- ulazni signal **C1** u KM 425+392 iz smjera Zagreb Zapadnog kolodvora, lijevi kolosijek,
- ulazni signal **C2** u KM 425+392 iz smjera Zagreb Zapadnog kolodvora, desni kolosijek,
- ulazni signal **B** u KM 425+299 iz smjera kolodvora Hrvatski Leskovac i
- ulazni signal **A** u KM 423+548 iz smjera kolodvora Zagreb Klara.

„Kolodvor je osiguran elektroničko signalno-sigurnosnim uređajem (u daljnjem tekstu ESSU) kod kojeg se, sve potrebne zavisnosti između signala, skretnica, međusobnih uvjetovanosti vlakovnih i manevarskih voznih putova i slično ostvaruju softverskim postupcima. Područje ESSU obuhvaća rasputnicu Trešnjevka i Zagreb Glavni kolodvor unutar zaštitnih signala R, S, T, ulaznih signala C1, C2 iz smjera Zagreb Zapadnog kolodvora i prostornih signala 582 i 012 iz smjera kolodvora Zagreb Borongaj [9].“

Ulaznim i izlaznim signalima, ponavljačima glavnih signala, graničnim kolosiječnim signalima, manevarskim signalima za zaštitu voznog puta i skretnicama rukuje se uređajem koji se nalazi u zgradi postavnice. Svi su ulazni, izlazni, granični i

prostorni signali dvoznačni, a stupovi ponavljača predsignaliziranja označeni su crno – bijelim poljima [9].

U Zagreb Glavnom kolodvoru nalazi se više skupina kolosijeka i to su:

- kolosiječna skupina za prijem i otpremu vlakova za prijevoz putnika prikazana u tablici 1.,
- kolosijeci za prijem i otpremu teretnih vlakova,
- kolosiječna skupina za gariranje putničkih garnitura prikazana u tablici 2.,
- kolosiječna skupina za gariranje i čišćenje putničkih garnitura,
- skupina kolosijeka za izvlačenje garnitura i manevriranje i ostali.

Tablica 1. Kolosiječna skupina za prijem i otpremu vlakova za prijevoz putnika

KOLOSIIJEK	NAMJENA
S-1	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
S-2 / S-2a	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
S-3 / S-3a	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
S-4 / S-4a	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
S-5 / S-5a	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
VD-1	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
VD-2	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
VD-3	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
VL-1	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika
V1 (ROGOŠ)	prijem i otprema vlakova za prijevoz putnika

Izvor [9]

Tablica 2. Kolosiječna skupina za gariranje putničkih vagona

KOLOSIIJEK	NAMJENA
11	gariranje putničkih vagona, EMV, DMV i lokomotiva
12	gariranje putničkih vagona, EMV, DMV i lokomotiva
13	gariranje putničkih vagona, EMV, DMV i lokomotiva

Izvor [9]

Kolosijeci 11, 12 i 13 iznimno se mogu koristiti za prijem i otpremu vlakova.

Korisne duljine glavnih kolosijeka za prijem i otpremu putnika navedene su u tablici 3.

Tablica 3. Korisne duljine glavnih kolosijeka za prijem i otpremu Zagreb Glavnog kolodvora

KOLOSIIJEK	KORISNA DULJINA (M)	
	SMJER B - A	SMJER A - B
S-1	393	385
II STARI	277	268
S-2	322	321
S-2a	342	357
S-3	283	273

S-3a	279	262
S-4	256	257
S-4a	267	275
S-5	211	198
S-5a	207	205
VD-1	197	203
VD-2	184	200
VD-3	185	201
VL-1	233	237
VL-2	310	310
V-1	105	105

Izvor [9]

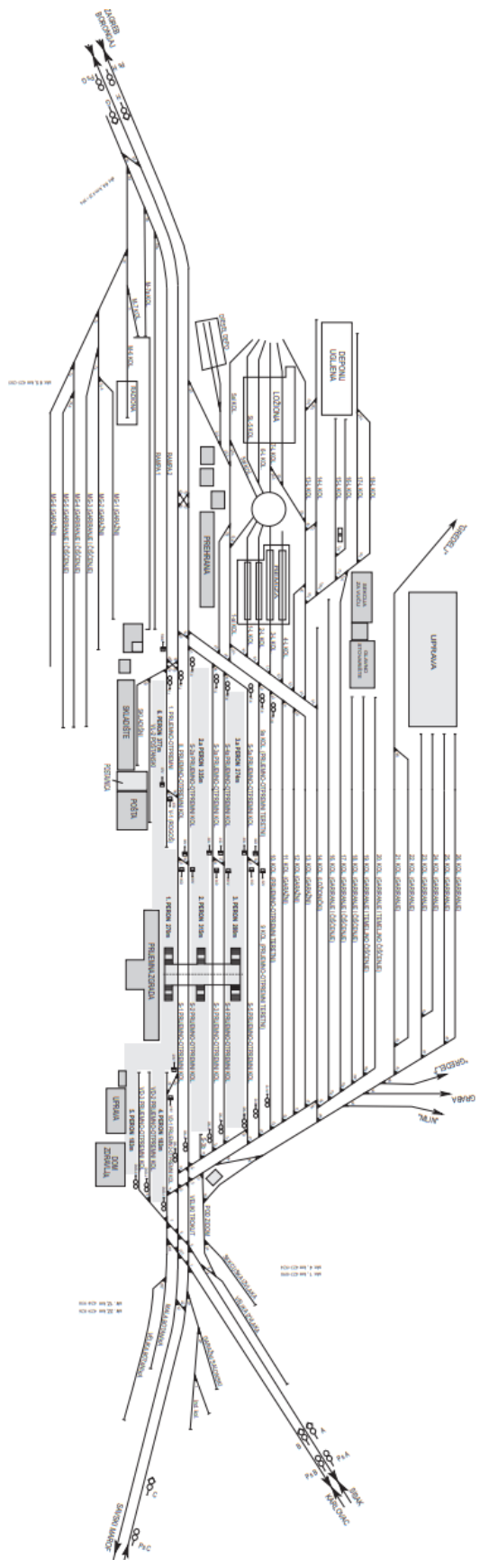
Zagreb Glavni kolodvor posjeduje osam perona, prikazanih u tablici 4., različitih dimenzija i položaja u odnosu na kolosijeke i osnovnu shemu kolodvorske zgrade. Svi su peroni asfaltirani, izuzev prvog perona koji je popločen. Četiri su perona pokrivena nadstrešnicama, a to su I., II., III. i IV. peron. Nadstrešnica I. perona vezana je za nadstrešnicu IV. perona i zajedno čine jednu cjelinu [9].

Tablica 4. Peroni Zagreb Glavnog kolodvora

PERON	VRSTA PERONA	DULJINA (m)	ŠIRINA (m)
I	bočni	270	12
II	otočni	315	6,6
IIA	otočni	335	6,43
III	otočni	280	6,7
IIIA	otočni	274	6,73
IV	otočni	183	5,7
V	bočni	183	5,5
VI	otočni	377	6,2

Izvor [9]

U kolodvoru se nalazi pothodnik za prolazak putnika u KM 424+422,92 te spaja I. peron sa II. i III. peronom, a namijenjen je za manipulaciju putnika za dolazak i odlazak putnika na II, IIA, III i IIIA peron [9].



Slika 5. Kolosiječna shema Zagreb Glavnog kolodvora

Izvor: [9]

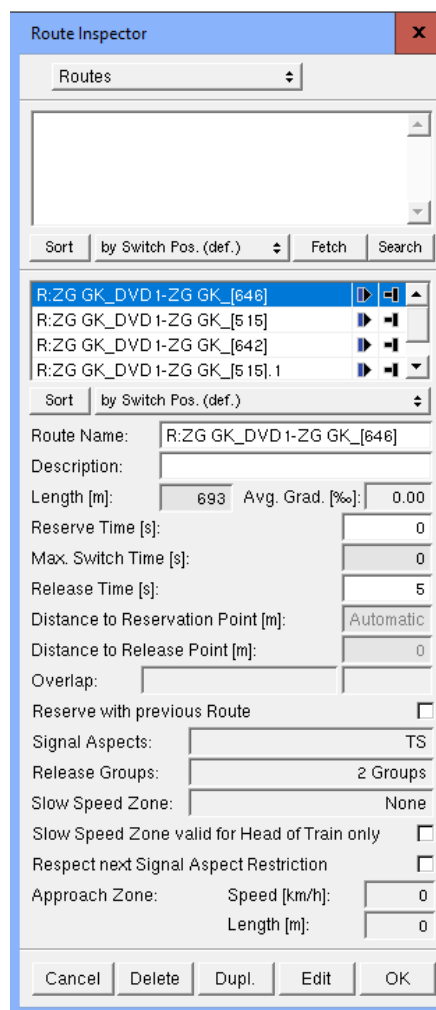
5. IZRADA SIMULACIJE U MODELU NA RELACIJI PRUGE HARMICA – ZAGREB GLAVNI KOLODVOR

Za izradu završnog rada korišten je računalni program OpenTrack pomoću kojega je moguće detaljno simuliranje realnog odvijanja željezničkog prometa. Za simulaciju je potreban model pruge sa svim potrebnim podacima o infrastrukturi.

5.1. POSTAVLJANJE PUTA VOŽNJE, PATHA I ITINERARA

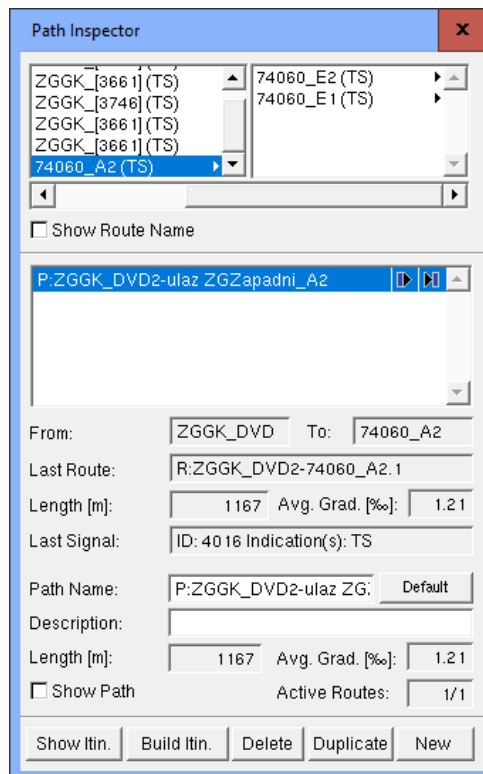
OpenTrack koristi nekoliko vrsta struktura podataka za opisivanje kretanja vlaka. Strukture podataka razlikuju se prema razini i vrsti informacije uključujući posebnu strukturu podataka, a predstavljaju ih formiranje puteva vožnji, pathova i itinerara.

Prva razina u strukturi modela koja određuje način simulacije kretanja vlaka je put vožnje vlaka (eng. Route). Funkcionira tako što se svakom vlaku prilikom izvođenja simulacije daje put vožnje po kojemu se on kreće. Nakon što vlak prođe kroz zadani put vožnje, on se završava i tada taj put vožnje može koristiti drugi vlak. Put vožnje vlaka uvijek počinje i završava glavnim signalima [10].



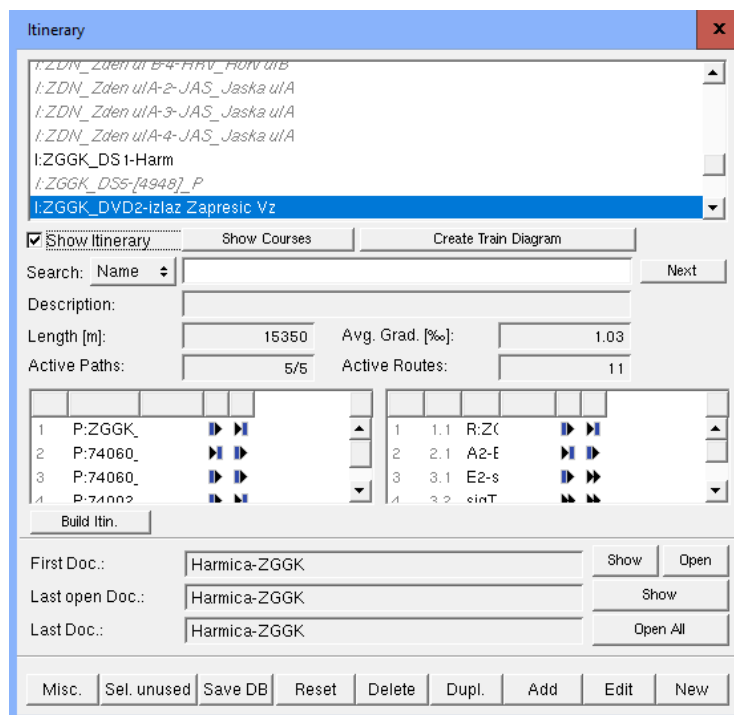
Slika 6. Prikaz izbornika „Route“

Druga razina u strukturi modela koja određuje način simulacije kretanja vlaka je skup koji se sastoji od jednog ili više puteva vožnji (eng. Path). On omogućava brzu i jednostavnu izradu putanje kretanja vlaka to jest „itinerara“ [10].



Slika 7. Prikaz izbornika „Path“

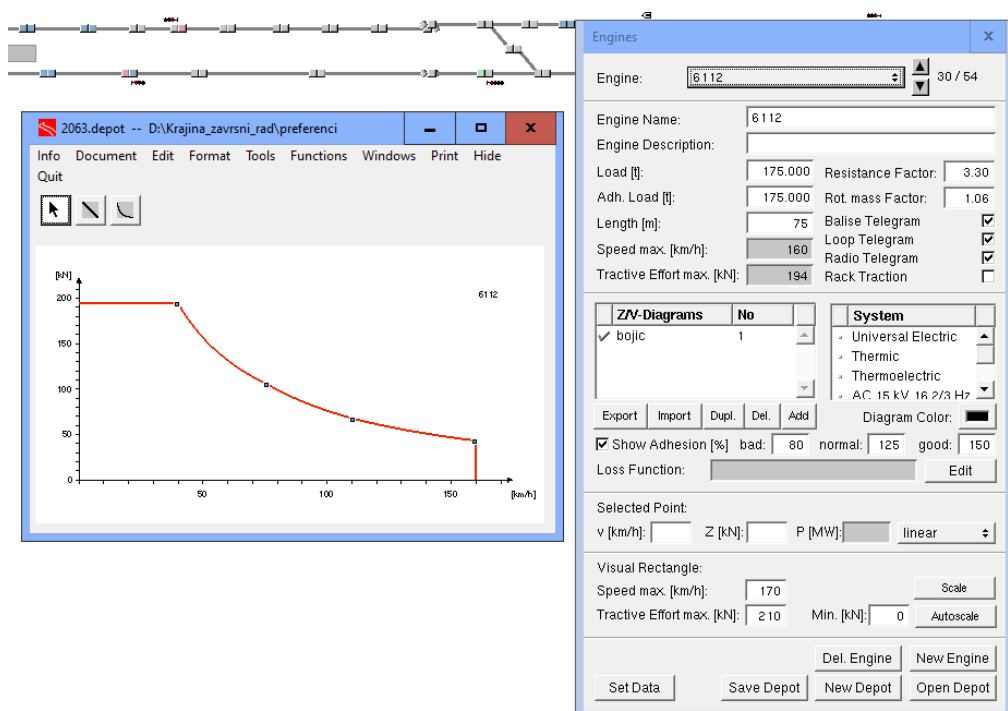
Treća razina u strukturi modela koja određuje način simulacije kretanja vlaka je itinerar (eng. Itinerary). On opisuje cijeli put vožnje vlaka, a sastoji se od jednog ili više pathova. Itinerari mogu biti lokalni ili potpuni. Lokalni itinerar predstavlja put vožnje između dvaju kolodvora, to jest dijela trase, dok potpuni itinerar predstavlja put vožnje kroz cijelu trasu, to jest više kolodvora [10].



Slika 8. Prikaz izbornika „Itinerary“

5.2. MODELIRANJE VUČNIH VOZILA I VLAKOVA

Program OpenTrack može podržati neograničen broj vučnih vozila (eng. Engines) koji se spremaju u programsku bazu podataka. Vučna vozila moguće je izraditi u izborniku naziva engines u koji je moguće unijeti svojstva vozila kao što su naziv vučnog vozila, masa vozila, maksimalna brzina, duljina vozila, sustav napajanja za električnu vuču i ostale karakteristike vučnog vozila [10].



Slika 9. Prikaz izbornika „Engines“

The 'Trains - Edit' window displays the configuration for a train with ID 8002. The 'Engines' section contains a table with one entry:

Pos.	Name	Load [t]	Len. [m]	
1	6112	175.000	75	

Summary statistics for engines: Σ Load [t]: 175.000, Σ Len. [m]: 75. The 'Trailers' section is currently empty. The 'Resistance Equation' section is set to 'Strahl / Sauthoff Formula' with parameters A, B, and C, and a unit of 'N'. The 'Gradient' is set to 'Distributed Mass per Train' and the 'Curve' is 'Roeckl Formula Standard Gauge (Trains)' with a percentage of 100.0.

Slika 10. Prikaz izbornika „Trains - Edit“

5.3. IZRADA TRASE VLAKA I VOZNI RED

Opentrack koristi naziv „course“ za definiranje usluge upravljanja vlaka tijekom određenog vremenskog razdoblja, na primjer jednog dana. Trasom vlaka (eng. Course) svakom vlaku određuje se njegov broj odnosno ID i pridružuje jedan ili nekoliko itinerara čime se određuje plan putovanja vlaka od početne do završne točke. Također, moguće je odrediti i pomoćne itinerare kojima se mogu dodijeliti i određeni prioriteti ovisno o planu simulacije vožnje vlaka [10].

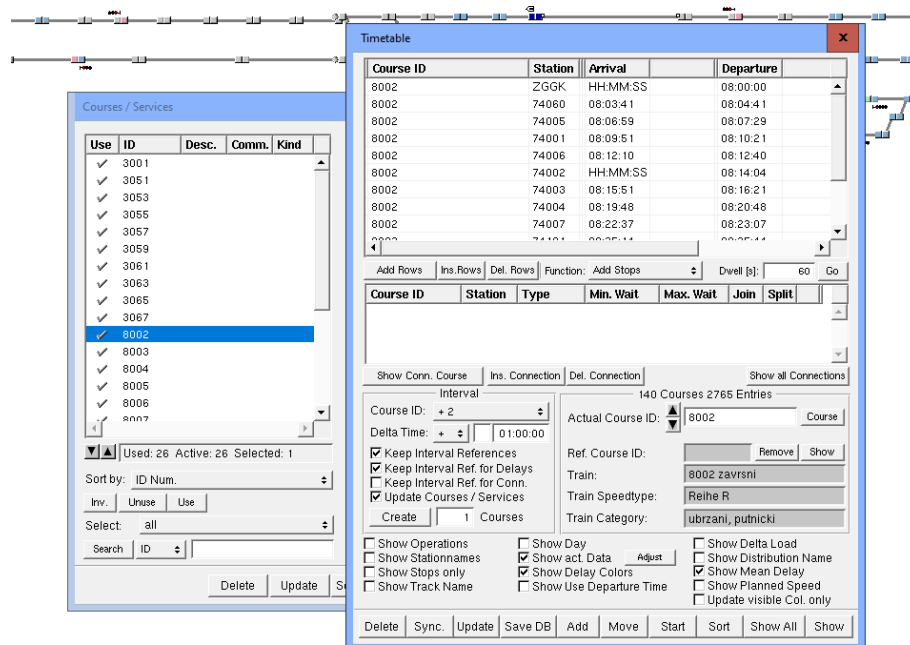
The 'Courses / Services' window shows a list of courses on the left and detailed configuration for the selected course '3001' on the right. The list includes courses 3001 through 8007. The details for course 3001 are as follows:

- Itineraries:** IZGGK_DVD2-izlaz Za: 1
- Description:** [Empty]
- Comment:** [Empty]
- Kind:** [Empty]
- Train:** 3001 završni
- Train Category:** ubrzani, putnicki
- Train Speedtype:** Reihe R
- Route Reservation / Release:** Discrete
- Timetable: First Departure:** 08:15:00 at ZGGK
- Performance:** Perf. (on Time) [%]: 100, Perf. (delayed) [%]: 100
- Speed:** Entry Speed [km/h]: 0.0, Output Offset [m]: 0

At the bottom, there are buttons for 'Delete', 'Update', 'Sets', 'Analyze', 'Duplicate', 'Edit', and 'New'.

Slika 11. Prikaz izbornika „Courses / Services“

Vozni red (eng. Timetable) izrađuje se u izborniku „Timetable“ kojemu se može pristupiti putem izbornika „Courses / Services“. U vozni red upisuju se vremena polaska i dolaska vlaka iz ili u kolodvor odnosno stajalište, upisuje se i minimalno vrijeme zadržavanja vlaka u kolodvoru odnosno stajalištu i drugo.



Slika 12. Prikaz izbornika „Timetable“

6. SIMULACIJSKA ANALIZA TAKTNOG VOZNOG REDA NA RELACIJI PRUGE HARMICA – ZAGREB GLAVNI KOLODVOR

Na relaciji Harmica – Zagreb Glavni kolodvor analiziran je i simuliran model pruge kako bi se unaprijedio prigradski željeznički promet te kako bi se pružila kvalitetnija usluga prijevoza prema korisnicima putničkog prometa. Stabilan vozni red s češćim polascima u vršnom prometnom opterećenju važno je osigurati korisnicima putničkog prometa obzirom da je prema statistici HŽ Putničkog prijevoza navedena trasa jedna od najprometnijih u Hrvatskoj.

Prijedlog taktnog voznog reda kreiran je za putničke vlakove pomoću simulacijske analize. U modelu je korišten niskopodni elektromotorni vlak serije 6112 čije su glavne karakteristike navedene u tablici 5.

Tablica 5. Glavne karakteristike niskopodnog elektromotornog vlaka serije 6112

	Gradsko - prigradski
Vrsta vozila	EMV
Širina kolosijeka	1.435 mm
Vrsta napajanja	25 kV, 50 Hz
Najveća brzina	160 km/h
Ubrzanje	$\geq 1 \text{ m/s}^2$
Usporenje u redovitom pogonu	1 m/s^2
Usporenje kod brzog kočenja	$1,3 \text{ m/s}^2$
Duljina vlaka (preko kvačila)	do 76 m
Broj vrata sa svake strane	6 – 8
Minimalni broj sjedala	130 sjedala (500 ukupni kapacitet putnika)
Visina poda na ulazu i niskopodni dio vlaka	između 550 i 650 mm
Postotak niskopodnosti vlaka	>50%
Profil	UIC 505-1

Izvor: [11]

U prilogu 1. prikazani su polasci prigradske putničke linije vlakova iz Zagreb Glavnog kolodvora prema stajalištu Harmica. Vlakovi prema stajalištu Harmica polaze sa I. perona S-1 kolosijeka, dok dolazni vlakovi iz Harmice pristižu na III. peron kolosijek S-3.

Vrijeme vožnje na relaciji Harmica – Zagreb Glavni kolodvor u oba smjera iznosi 38 minuta, a dozvoljena brzina je navedena u slici 12.

Križanje vlakova na jednokolosiječnoj pruzi L102 (u ovome slučaju između stajališta Harmica i kolodvora Savski Marof) odvija se između kolodvora Savski Marof i stajališta Brdovec.

KM. POLOŽAJ	SLUŽBENA MJESTA	BRZINA		VRIJEME			SASTAJANJA
		PREKO SKRETNIKA		DOLASKA	ODLASKA	SASTAJANJA	
		RED.	OGR.				
1	2	3	4	5	6	7	8
8017							
5.1	Harmica			60	6,59		
	RD A-63; AS						
4.1	Suša			80	7,01	7,01	
	km 3+940						
2.0	Laduž			80	7,04	7,04	
	km 0+569						
446.1	SAVSKI MAROF		40	55	7,06	7,07	
	km 445+147			100			
443.8	Brdovec			120	7,10	7,10	
441.4	Zaprešić - Savska			100	7,13	7,13	
	km 440+750			55			
	km 439+855			100			
439.5	ZAPREŠIĆ		40	55	7,15	7,16	
	km 438+641			100			
	km 437+279			120			
	km 436+471			100			
435.7	Podsused			120	7,20	7,20	
	km 435+651			55			
	km 434+393			20			
434.0	PODSUSED TVOR.		20	120		7,22	
	km 433+293			120			
432.9	Gajnice			55	7,23	7,23	
431.0	Vrapče			55	7,25	7,25	
	km 428+943			55			
428.6	Kustošija			55	7,28	7,29	
426.6	ZAGREB ZAP. KOL.		35	55	7,32	7,33	

	km 426+260			60		
	km 425+385			50		
424.4	ZAGREB GL. KOL.				7,37	

Slika 13. Pregled dozvoljenih brzina na relaciji Harmica - Zagreb Glavni kolodvor

Izrađen je takti vozni red u vremenskom intervalu od dvadeset minuta između stajališta Harmica i Zagreb Glavnog kolodvora. Navedeni takt napravljen je u vremenu vršnog opterećenja na pruzi, odnosno od 6:00 h do 9:30 h.

Polasci vlakova iz smjera stajališta Harmica prema Zagreb Glavnom kolodvoru su, na primjer, u 6:05, 6:25, 6:45 sati odnosno vlakovi odlaze svakih 20 minuta.

Polasci vlakova iz smjera Zagreb Glavnog kolodvora prema stajalištu Harmica su, na primjer, u 6:10, 6:30, 6:45, 7:10 sati, i tako dalje, odnosno vlakovi odlaze također svakih 20 minuta kao u obrnutoj situaciji.

Vlakovi koji se u kolodvoru Zaprešić priključuju s pruge regionalnog značaja R201 imaju mogućnost presjedanja kako se navedeni takt ne bi narušio. Stoga korisnici putničkog prijevoza imaju osiguran prijevoz, to jest polazak vlaka, svakih dvadeset minuta prema središtu grada Zagreba.

Na temelju simulacijske analize izrađen je planirani takti vozni red prigradskih vlakova na relaciji Zagreb Glavni kolodvor – Harmica koji se prikazan u prilogu 1.

7. ZAKLJUČAK

Potražnja stanovništva za uslugom prijevoza zbog dnevnih migracija iz okolnog područja grada Zagreba sve je veća te zahtijeva kvalitetniju uslugu prijevoza na gradsko – prigradskim željezničkim linijama. Važno je osigurati korisnicima putničkog prijevoza kvalitetan, brz i usklađen vozni red koji je prilagođen dnevnim migracijama stanovnika. Osiguranjem kvalitetne usluge prijevoza privukla bi se velika količina novih korisnika.

U radu je analizirano postojeće stanje na relaciji pruge Harmica – Zagreb Glavni kolodvor koja je dio prigradskog prometa grada Zagreba te je izrađen prijedlog taktnog voznog reda na navedenoj trasi. Analizom je vidljivo da je moguće napraviti takt kojim bi se uskladila i ustalila vremena putovanja koja bi bila lakša za pamćenje. Prigradski vlakovi koji voze po taktnom voznom redu trebali bi imati veći prioritet od ostalih vlakova

Svakako je važno napomenuti kako bi se prijevozna usluga prigradskog prometa poboljšala s poboljšanjem postojeće infrastrukture na dijelovima pruge na relaciji Harmica – Zagreb Glavni kolodvor. Izgradnja drugog kolosijeka od kolodvora Savski Marof do stajališta Harmica uvelike bi poboljšala trenutnu situaciju. Time bi se omogućilo kraće vrijeme putovanja kao i bolja učinkovitost te češći polasci vlakova na navedenoj trasi.

LITERATURA

- [1] Republika Hrvatska. *Pravilnik o voznom redu u željezničkom prometu*. Zagreb: Narodne novine; 2017.
- [2] Badanjak D, Bogović B, Jenić V. *Organizacija željezničkog prometa*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu; 2006.
- [3] Hansen IA (ur.), Pachel J (ur.). *Railway Timetabling & Operations*. 2. izd. Hamburg: Eurailpress; 2014.
- [4] HŽ Infrastruktura d.o.o. *Izješće o mreži 2022*. Preuzeto s: <https://www.hzinfra.hr/naslovna/pristup-infrastrukturi/izvjesce-o-mrezi-2022/> [Pristupljeno: 2. kolovoza 2022.]
- [5] HŽ Infrastruktura d.o.o. *Poslovni red kolodvora Savski Marof I. dio*. Zagreb; 2010.
- [6] HŽ Infrastruktura d.o.o. *Uputa o prometu vlakova između kolodvora Savski Marof i stajališta Harmica*. Zagreb; 2019.
- [7] HŽ Infrastruktura d.o.o. *Poslovni red kolodvora Zaprešić I. dio*. Zagreb; 2010.
- [8] HŽ Infrastruktura d.o.o. *Poslovni red kolodvora Zagreb Zapadni kolodvor I. dio*. Zagreb; 2010.
- [9] HŽ Infrastruktura d.o.o. *Poslovni red kolodvora Zagreb Glavni kolodvor I. dio*. Zagreb, 2022.
- [10] Huerlimann D, Nash AB. *OpenTrack, Simulation of Railway Networks*. OpenTrack Railway Technology Ltd. i ETH Zurich Institute for Transport Planning and Systems.
- [11] HŽ Putnički prijevoz d.o.o. *Elektromotorni vlakovi za HŽ Putnički prijevoz*. Zagreb; 2020.

POPIS SLIKA

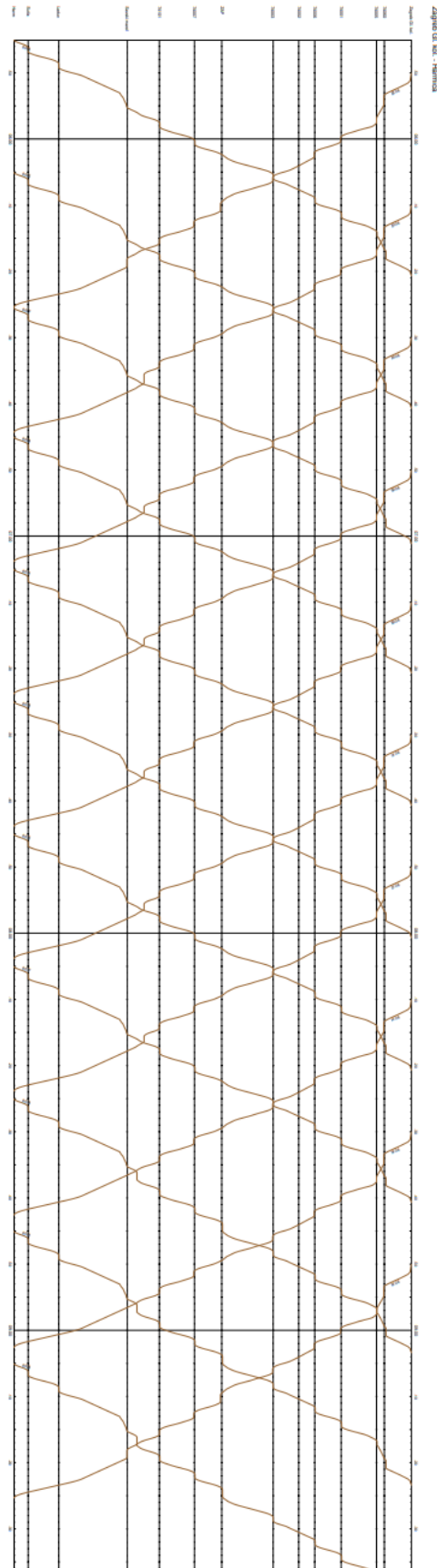
Slika 1. Podjela voznog reda obzirom na važenje	3
Slika 2. Kolosiječna shema kolodvora Savski Marof	10
Slika 3. Kolosiječna shema kolodvora Zaprešić	13
Slika 4. Kolosiječna shema Zagreb Zapadnog kolodvora.....	17
Slika 5. Kolosiječna shema Zagreb Glavnog kolodvora.....	21
Slika 6. Prikaz izbornika „Route“	22
Slika 7. Prikaz izbornika „Path“	23
Slika 8. Prikaz izbornika „Itinerary“	24
Slika 9. Prikaz izbornika „Engines“	25
Slika 10. Prikaz izbornika „Trains - Edit“	25
Slika 11. Prikaz izbornika „Courses / Services“	26
Slika 12. Prikaz izbornika „Timetable“	26
Slika 13. Pregled dozvoljenih brzina na relaciji Harmica - Zagreb Glavni kolodvor..	28

POPIS TABLICA

Tablica 1. Kolosiječna skupina za prijem i otpremu vlakova za prijevoz putnika	19
Tablica 2. Kolosiječna skupina za gariranje putničkih vagona	19
Tablica 3. Korisne duljine glavnih kolosijeka za prijem i otpremu Zagreb Glavnog kolodvora.....	19
Tablica 4. Peroni Zagreb Glavnog kolodvora	20
Tablica 5. Glavne karakteristike niskopodnog elektromotornog vlaka serije 6112	27

PRILOZI

Prilog 1. Grafikon taktnog voznog reda na relaciji pruge Harmica – Zagreb Glavni kolodvor



IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

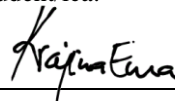
IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je _____ završni rad
(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem danijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog radate da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio radanije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog radapod naslovom Planiranje taktnog voznog reda na relaciji pruge Harmica – Zagreb Glavni kolodvor, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

U Zagrebu, 8. rujna 2022. godine

Student/ica:
Ema Krajina 
(ime i prezime, potpis)