

Primljen / Received: 25.4.2012.

Ispravljen / Corrected: 7.2.2013.

Prihvaćen / Accepted: 21.2.2013.

Dostupno online / Available online: 15.3.2013.

# Karakteristike kolosijeka za formiranje sabirnih vlakova

## Autori:



<sup>1</sup>Prof. dr. sc. **Miloš Ivić**  
m.ivic@sf.bg.ac.rs



<sup>1</sup>Ivan Belošević  
i.belosevic@sf.bg.ac.rs



<sup>1</sup>Mr. sc. **Sanjin Milinković**  
s.milinkovic@sf.bg.ac.rs



<sup>1</sup>Mr. sc. **Milana Kosijer**  
m.kosijer@sf.bg.ac.rs



<sup>1</sup>Mr. sc. **Norbert Pavlović**  
norbert@sf.bg.ac.rs

<sup>1</sup> Sveučilište u Beogradu  
Prometni fakultet

Pregledni rad

**Miloš Ivić, Ivan Belošević, Sanjin Milinković, Milana Kosijer, Norbert Pavlović**

## Karakteristike kolosijeka za formiranje sabirnih vlakova

U ovom radu razmatran je problem kolosijeka za formiranje sabirnih vlakova s analizom i prijedlogom mogućih rješenja. Predložena rješenja zasnovana su na rezultatima provedenih simulacija čiju osnovu predstavljaju podaci dobiveni iz ranžirnih kolodvora Beograd i Lapovo. Procesi koji se realiziraju u tim kolodvorima pokazali su se diskretnim sa stohastickim elementima te su i simulacijski modeli izabrani za rješavanje ovog problema prilagođeni istom, primjenjivi i ucinkoviti. Dobiveni rezultati pokazuju da dosadašnja praksa rješavanja ovog problema nije bila dobra, da ne daje dobre rezultate i da je treba mijenjati.

### Ključne riječi:

tehničke teretne stanice, metode za formiranje sabirnih vlakova, broj i dužina kolosijeka

Subject review

**Miloš Ivić, Ivan Belošević, Sanjin Milinković, Milana Kosijer, Norbert Pavlović**

## Track properties for formation of pick-up trains

The problem of tracks for formation of pick-up trains, with the analysis and proposal of possible solutions, is considered in the paper. Proposed solutions are derived from the results of simulations, which are based on the information obtained from the Belgrade and Lapovo marshalling yards. It was established that processes realized in these train stations are discrete with stochastic elements, and so the simulation models selected for solving this problem have been adapted accordingly, and have proven to be implementable and efficient. The results obtained show that the current practice in solving this issue has not been appropriate, that it does not provide good results and, hence, that it has to be changed.

### Key words:

technical cargo stations, Pick-up train formation methods, number and length of tracks

Übersichtsarbeit

**Miloš Ivić, Ivan Belošević, Sanjin Milinković, Milana Kosijer, Norbert Pavlović**

## Eigenschaften von Gleisen für die Formierung von Sammelzügen

In der vorliegenden Arbeit wird das Problem von Gleisen für die Formierung von Sammelzügen analysiert und mögliche Lösungsvorschläge werden gegeben. Die vorgeschlagenen Verfahren beruhen auf den Resultaten durchgeführter Simulationen, die sich auf Daten der Rangierbahnhöfe in Belgrad und Lapovo stützen. Die Abläufe an diesen Bahnhöfen sind als diskrete Prozesse mit stochastischen Elementen identifiziert worden und folglich sind anwendbare effektive Simulationsmodelle für die gegebene Problemstellung angepasst worden. Die erhaltenen Resultate zeigen, dass die bisherige Verfahrungsweise nicht zuverlässig ist, da sie nicht zu zufriedenstellenden Ergebnissen führt, und daher Änderungen vorgenommen werden sollten.

### Schlüsselwörter:

technische Güterstationen, Methoden für die Formierung von Sammelzügen, Anzahl und Länge der Gleise

## 1. Uvod

Za obavljanje poslova u procesu formiranja sabirnih vlakova, tehnički teretni kolodvori koriste kolosiječne grupe (posebne ili u sastavu ranžirnog ili ranžirno-otpremnog parka) ili krajeve ranžirno-otpremnih kolosijeka. U oba slučaja trebaju biti ispunjeni uvjeti vezani za broj i dužinu kolosijeka kako bi se uspješno obavio proces završnog formiranja sabirnih vlakova. Iako se u praksi za formiranje sabirnih teretnih vlakova primjenjuju poznate i davno osmišljene metode koje su u literaturi poznate kao klasične (Futnerova, specijalna i japanska) i simultana (elementarna, geometrijska i trokutna), učinci njihove primjene nisu do sada u potpunosti istraženi, posebno kada su u pitanju kolosiječni kapaciteti značajni za primjenu odgovarajuće organizacije i tehnologije rada i za definiranje konačnog rješenja kolodvora. Nedostatak ovakvih podataka otežava kvalitetno planiranje i investiranje u kolosiječne kapacitete potrebne za obavljanje manevarskog rada u promatranim kolodvorima. S obzirom na složenost i stohastičku prirodu promatranih procesa, simulacija predstavlja učinkovit postupak koji se može primijeniti u analizi ponašanja ovakvih sustava s ciljem da se dođe do adekvatnih rješenja.

Iz tog razloga u radu je predstavljeno istraživanje na bazi simulacija koje je korišteno za analizu složenih procesa koji se odvijaju prilikom prikupljanja i formiranja sabirnih teretnih vlakova s ciljem da se utvrde vrijednosti pokazatelja značajnih za analizu rješenja promatranog realnog sustava i za donošenje odgovarajućih odluka. Pokazatelji koji se u ovom simulacijskom modelu analiziraju, a koji su, prije svega, značajni za ovaj rad, odnose se na broj i dužine kolosijeka potrebnih za izvršavanje navedenih zadataka, iz kojih se nameću moguća rješenja.

Prilikom određivanja numeričkih vrijednosti ovih pokazatelja, analizirane su njihove funkcionalne zavisnosti u odnosu na: primijenjenu metodu, broj međukolodvora koje opslužuju sabirni vlakovi, broj vagona po međukolodvorima i broj vagona u vlakovima nastalih u procesu prikupljanja. Primijenjeni simulacijski modeli daju rezultate koji mogu pomoći ne samo planerima i projektantima već i manevarskim dispečerima u svakodnevnoj praksi.

## 2. Dosadašnja istraživanja

Kada su u pitanju kolosiječni kapaciteti potrebni za formiranje sabirnih vlakova, može se reći da postoje tri vrste istraživanja. U prvoj grupi autori radova [1, 2, 3, 10, 14] bavili su se istraživanjima čiji je cilj bio definirati broj kolosijeka potrebnih za primjenu odgovarajuće tehnologije (metode) tijekom procesa formiranja sabirnih vlakova bez utvrđivanja bilo kakvih dodatnih učinaka. Ti radovi predstavljaju same početke formuliranja metoda za formiranje sabirnih vlakova i u njima je izvršena formulacija i osnovne zavisnosti između broja međukolodvora i zahtijevanih kolosiječnih kapaciteta.

U radovima [4, 5, 6 i 12], koji su se pojavili znatno kasnije, provedena su detaljnija istraživanja nekih od metoda. Tako je u radu [4] detaljno provedena analiza trokutne simulacijske metode i dan je prikaz mogućnosti njene primjene u tehničkim teretnim kolodvorima opremljenim ranžirnim brijegom ili izvlačnjakom. U radu [6] definirana je veza između broja međukolodvora i potrebnog broja kolosijeka za jednofazno formiranje sabirnih vlakova, dok je u radu [12] upotrijebljeno cjelobrojno linearno programiranje kako bi se pronašao optimalan plan formiranja vlakova i potreban broj kolosijeka za uvjete rada konkretnog ranžirnog kolodvora.

U svim ovim radovima provedena istraživanja bazirana su samo na teorijskoj razini, bez dodatnih analiza utjecaja na druge, realne, pokazatelje ovog sustava. Zbog toga se može reći da oni predstavljaju dobru, ali ne i konačnu, osnovu za daljnja istraživanja.

Druga grupa autora bavila se dodatnim uvjetima primjene određenih metoda na osnovi postojećih podataka. Ovakva istraživanja, poput radova [8, 9, 11], omogućavaju preciznije utvrđivanje učinaka primjene pojedinih metoda vezanih na broj i na dužinu kolosijeka, prije nego se one realiziraju. U radovima [9, 11] prikazani su učinci simulacijske metode formiranja sabirnih vlakova. Klasične metode formiranja su opisane u radu [8], a komparativna analiza primjene metoda u realnim uvjetima rada u [11]. Međutim, takva istraživanja ne upućuju na vrstu preventivnih mjera koje treba poduzeti, a koje se odnose na definiranje konačnog rješenja kolosiječnih kapaciteta.

Da bi se uočeni problem riješio, u ovom su radu sublimirana i dodatno unaprijeđena prethodna rješenja. Zbog specifičnog promatranog problema, ovaj rad predstavlja početak novih istraživanja na navedenu temu i kao takav može se svrstati u treću grupu. Potvrda ovakvog stava bit će vidljiva iz analize prikazanih rezultata istraživanja.

## 3. Opis realnog sustava

Sabirni vlakovi su jedna od kategorija teretnih vlakova pomoću kojih se obavlja prijevoz robe na željeznici. Prometuju na dionicama pruga između dva teretna kolodvora i pri tom obavljaju rad u međukolodvorima po principu "ostavi, uzmi ili razmijeni vagon". U tim međukolodvorima lokomotive mogu obavljati rad s vagonima na jedan od sljedećih načina:

- uzimati vagone iz početnog sastava vlaka formiranog u tehničkim teretnim kolodvorima i ostavljaju ih na utovarno-istovarnim i manipulativnim mjestima u kolodvoru
- uzimati vagone s utovarno-istovarnih i manipulativnih mjesta u kolodvoru i uvrstiti ih u vlak
- obavljati obje prethodne aktivnosti, prvo jednu pa drugu.

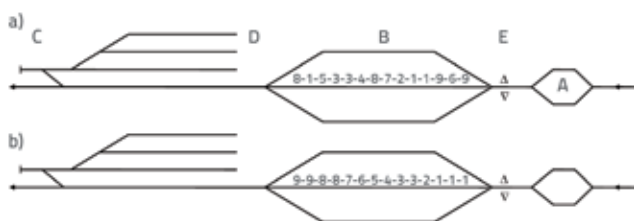
Ovakve operacije promjene sastava zahtijevaju dodatni manevarski rad u promatranim međukolodvorima i u znatnoj mjeri utječu na brzinu prijevoza robe. Istodobno, takav rad znači smanjenu prijevoznu moć željeznice i utječe

na kvalitetu usluga koje ona pruža. U kolikoj će mjeri biti narušeni pokazatelji njenog rada, umnogome će zavisiti od primijenjene metode za provedbu navedenih operacija i kapaciteta angažiranih za realizaciju te metode.

Da bi se postigli što povoljniji učinci, odnosno da bi se ubrzao proces dodatnog manevarskog rada po međukolodvorima, tehnički teretni kolodvori imaju zadatak obaviti odgovarajuću pripremu sastava za to. Ta priprema uključuje grupiranje i uvrštavanje vagona u vlak prema redoslijedu međukolodvora na pruzi, a da bi se udovoljilo ovom zahtjevu nužno je u tehničkim teretnim kolodvorima, nakon završenog prikupljanja vagona, obaviti njihovo naknadno raspoređivanje (slika 1.). Ovaj proces zahtijeva angažiranje odgovarajućih kolosiječnih i lokomotivskih postrojenja u kombinaciji s predviđenom organizacijom i tehnologijom rada, odnosno pripadajućom metodom za njegovu provedbu.

Za završno formiranje sabirnih vlakova u praksi se primjenjuju već navedene metode, od kojih se Futnerova, specijalna i japanska metoda ubrajaju u klasične, odnosno metode uzastopnog formiranja sabirnih vlakova, a elementarna, geometrijska i trokutna metoda ubrajaju se u simultane metode, odnosno metode istodobnog formiranja više sabirnih vlakova. Sve te metode razlikuju se kako po primijenjenoj tehnologiji grupiranja vagona po međukolodvorima tako i po mogućim kolosiječnim kapacitetima angažiranim za obavljanje ovog procesa, a samim tim i po učincima cjelokupnog procesa.

O tome koji su i kakvi kolosiječni kapaciteti potrebni, koja su i kakva rješenja moguća za primjenu navedenih metoda, najznačajnija su pitanja na koja simulacijski model, u ovom radu, treba pružiti odgovore.



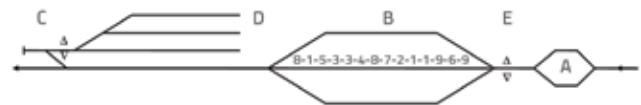
Slika 1.. Redoslijed vagona u sastavu: a) poslije završenog prikupljanja vagona; b) poslije završenog raspoređivanja vagona

Napomena:

Za konačni izgled sabirnog vlaka važno je znati kakav redoslijed vagona u vlaku treba biti u odnosu na položaj vučne lokomotive (trebaju li vagoni biti raspoređeni od početnoga međukolodvora prema krajnjem kolodvoru ili obrnuto) kako bi se mogla odrediti i primijeniti adekvatna organizacija i tehnologija tijekom ovog procesa. Odgovor na ovo pitanje treba biti baziran na postizanju minimalnih usputnih zadržavanja vlaka po međukolodvorima, odnosno na osiguranju postizanja maksimalne brzine dostave vagona na utovarno-istovarna mjesta.

### 3.1. Završno formiranje sabirnih vlakova

Za obavljanje završnog formiranja sabirnih vlakova potrebna su kolosiječna postrojenja za prikupljanje i raspoređivanje vagona kao i postrojenja preko kojih se obavlja promatrani proces (slika 2.). Oblikovanje tih postrojenja dosta je slično po strukturi (sadržaj i lokacija), a mogu se itekako razlikovati po drugim karakterističnim pokazateljima (oblik, broj i dužina), ovisno o primijenjenoj metodi za obavljanje promatranog procesa.



Slika 2. Postrojenja za završno formiranje sabirnih vlakova

Za prikupljanje vagona za sabirne vlakove služe kolosijeci ranžirnog ili ranžirno-otpremnog parka. Njihov broj i dužine su u funkciji ne samo frekvencije vlakova i vagona koje treba pokrenuti iz kolodvora već i primijenjene metode.

Za obavljanje rasformiranja s ciljem prikupljanja, koristi se isključivo ranžirni brijeg, a veoma rijetko izvlačnjak, a za obavljanje razvrstavanja može se upotrebljavati ranžirni brijeg, izvlačnjak ili pak modificirani ranžirni brijeg. Istodobno, u ovom tzv. finalnom raspoređivanju koriste se kolosijeci ranžirnog ili ranžirno-otpremnog parka (cijelom dužinom ili samo krajevi tih kolosijeka), a može poslužiti i posebna grupa kolosijeka za sitno ranžiranje, tzv. stanična grupa kolosijeka. Novoformirani vlakovi se obično otpremaju s ranžirno-otpremnih kolosijeka s kojih je vagon izvučen poslije prikupljanja i vraćen ponovno nazad poslije završenog raspoređivanja ili s posebne otpremne grupe kolosijeka.

#### 3.1.1. Karakteristike postrojenja za formiranje sabirnih vlakova Futnerovom i specijalnom metodom

Broj i namjena kolosijeka ranžirnog ili ranžirno-otpremnog parka, na kojima se obavlja prikupljanje vagona za sabirne vlakove, obično se vezuju za broj ranžirnih zadataka (svaki ranžirni zadatak jedan kolosijek ili manji ranžirni zadaci objedinjeni na jedan kolosijek, a veći na posebne kolosijeke), dok su dužine u funkciji veličine kolskog toka koji pripada danom ranžirnom zadatku. Sam proces rastavljanja odvija se, prije svega, preko ranžirnog brijega.

Konačno razvrstavanje obavlja se na krajevima ranžirnih ili ranžirno-otpremnih kolosijeka ili pak na staničnoj grupi kolosijeka uz pomoć izvlačnjaka ili modificiranog ranžirnog brijega (slika 3.). Upotreba krajeva ranžirnih ili ranžirno-otpremnih kolosijeka nije racionalna jer remeti otpremu vlakova, pa ako treba koristiti te kolosijeke, preporučuje se da to budu manje frekventni kolosijeci. Zbog toga se češće koristi stanična grupa kolosijeka za raspoređivanje tih vlakova. Ova grupa sastoji se od određenog broja kraćih

kolosijeka koji su vezani izvlačnjakom ili modificiranim ranžirnim brijegom. Osim toga, treba osigurati dobru vezu izvlačnjaka ili modificiranog ranžirnog brijega sa svim kolosijecima s kojih se uzimaju i na koje se ostavljaju vagoni od kojih se formiraju sabirni vlakovi.



Slika 3. Postrojenja za formiranje sabirnih vlakova Futnerovom i specijalnom metodom

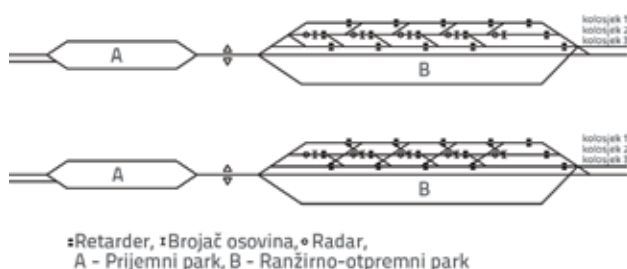
S druge strane, kolosijeci stanične grupe (oblik i broj kolosijeka) mogu se donekle mijenjati i prilagođavati lokalnim uvjetima i potrebama. Tako na primjer, ti kolosijeci mogu biti oblikovani kao slijepi kolosijeci ili kao kolosiječna grupa obostrano vezana skretnicama [13], mogu biti paralelni s izvlačnjakom ili pod određenim kutom (Slika 4.). Rješenje s obostranim vezama kolosijeka je skuplje, ali je učinkovitije pri prebacivanju novoformiranih sabirnih vlakova u posebnu otpremnu grupu, naročito kada se ona nalazi paralelno s ranžirnom grupom kolosijeka.

Općenito, stanična grupa se može iskoristiti i za eventualno sređivanje vagona po utovarno-istovarnim mjestima lokalnih robnih ili industrijskih kolodvora, kao i za druge zadatke. Zbog toga se smatra da je ona veoma pogodna za rad u ranžirnim kolodvorima.

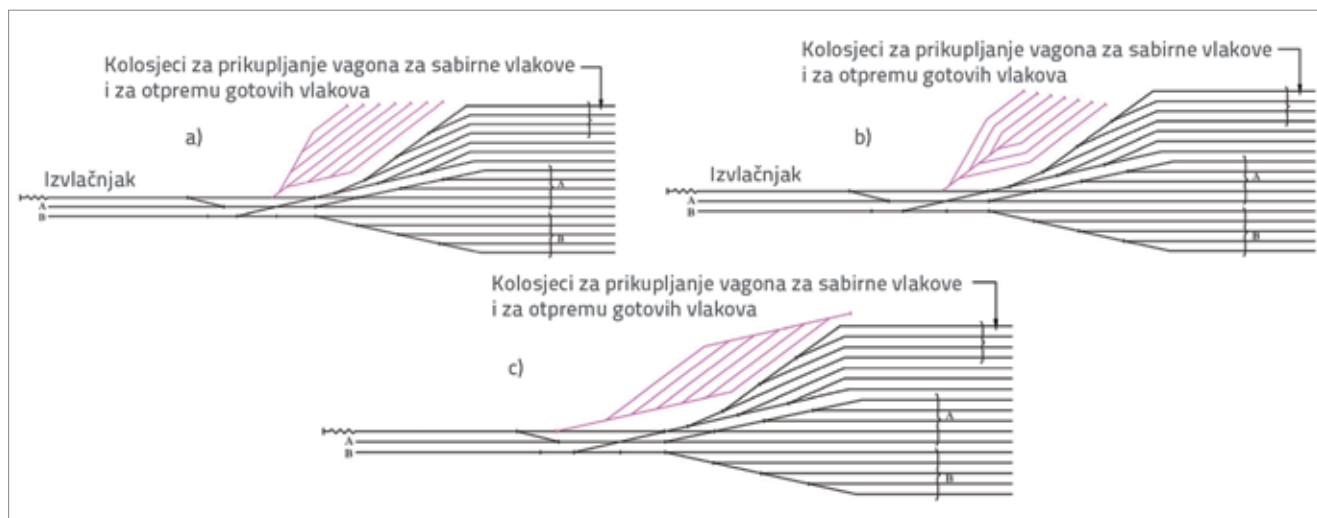
### 3.1.2. Karakteristike postrojenja za formiranje sabirnih vlakova japanskom metodom

Primjena japanske metode u tehničkim teretnim kolodvorima uvjetovana je specifičnim tehničkim kolosiječnim rješenjem. Ta metoda zahtijeva tri ranžirna kolosijeka na kojima se obavlja završno formiranje sabirnih vlakova i oni moraju biti međusobno povezani odgovarajućim kolosiječnim vezama. Najčešće su to jednostruke kolosiječne veze (slika 5.a) ili pak dvostruke kolosiječne veze (slika 5.b). Osim toga, svi ti kolosijeci moraju biti u padu 2,5 ‰ i moraju biti opremljeni kolosiječnim kočnicama, radarima, brojačima osovina, a srednji dostavni kolosijek je obično 50 do 80 mm izdignut u odnosu na krajnje kolosijeke kako bi vagoni lakše odlazili na dijelove krajnjih kolosijeka prema namjeni. U jednom ranžirnom ili rasporednom kolodvoru ovakva kolosiječna rješenja mogu biti:

- samo s jednom kolosiječnom konstrukcijom na kojoj se završno raspoređivanje obavlja za sve vlakove
- s onoliko kolosiječnih konstrukcija koliko ima sabirnih vlakova koje treba formirati u ovom kolodvoru
- s određenim brojem kolosiječnih konstrukcija definiranih u skladu s potrebama i učincima koji se postižu.



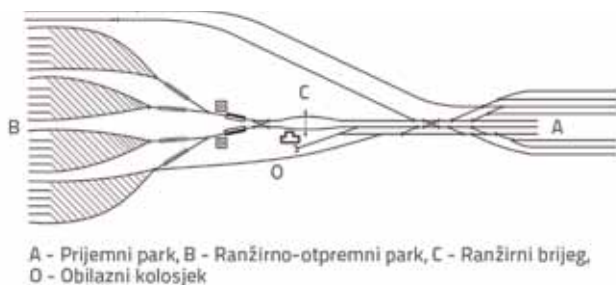
Slika 5. Tehnička rješenja za formiranje sabirnog vlaka japanskom metodom: a) s jednostrukim kolosiječnim vezama; b) s dvostrukim kolosiječnim vezama



Slika 4. Oblici stanične grupe kolosijeka: a) lepeza; b) jelka; c) rešetka

### 3.1.3. Karakteristike postrojenja za formiranje sabirnih vlakova simultanim metodama

Kad se primjenjuju simultane metode za formiranje sabirnih vlakova u procesu prikupljanja i završnog raspoređivanja vagona prema vlakovima i međukolodvorima, koriste se isključivo kolosijeci ranžirnog ili ranžirno-otpremnog parka, a ranžirni brijeg kao postrojenje za rasformiranje i formiranje (slika 6.). Broj i namjena kolosijeka za prikupljanje obično ovise o broju međukolodvora, a njihove dužine su u funkciji broja vagona koji se prikupljaju na predviđenom kolosijeku. Broj kolosijeka za raspoređivanje vagona prema vlakovima i međukolodvorima odgovara broju novoformiranih sabirnih vlakova, a njihove dužine dužinama samih vlakova.



Slika 6. Postrojenja za formiranje sabirnih vlakova primjenom simultane metode

### 3.2. Tehnološki uvjeti za realizaciju pojedinih metoda pri formiranju sabirnih vlakova

Tehnološki uvjeti realizacije pojedinih metoda koje se primjenjuju za formiranje sabirnih vlakova izravno su povezani s tim metodama. Zbog toga se u radu daje kratak prikaz njihova funkcioniranja. Razmatraju se: Futnerova, specijalna, japanska i simultana metoda.

#### 3.2.1. Futnerova metoda

Futnerova metoda je najstarija metoda za sastavljanje sabirnih vlakova. Nazvana je po autoru Hariju Futneru koji ju je prvi put primijenio 1880. godine na kolodvoru Liverpool koji je imao mali broj kolosijeka i gdje se manevarski rad obavljao s velikim teškoćama. Prema Futneru, poslije završenog prikupljanja vagona ili grupa vagona na kolosijecima za prikupljanje sabirnih vlakova pomoću dva rastavljanja i dva ponovna sastavljanja, na kolosijecima za završno formiranje sabirnih vlakova, mogu se brzo poslagati vagoni u grupe za onoliki broj kolodvora (međukolodvora) koliko iznosi kvadrat broja raspoloživih kolosijeka za taj manevarski rad. To znači da između broja grupa, odnosno broja međukolodvora i broja manevarskih kolosijeka za slaganje grupa po međukolodvorima postoji zavisnost oblika:

$$m = n^2, \text{ or } n = \begin{cases} \sqrt{m}; \sqrt{m} \in N \\ \lceil \sqrt{m} \rceil + 1; \sqrt{m} \notin N \end{cases} \quad (1)$$

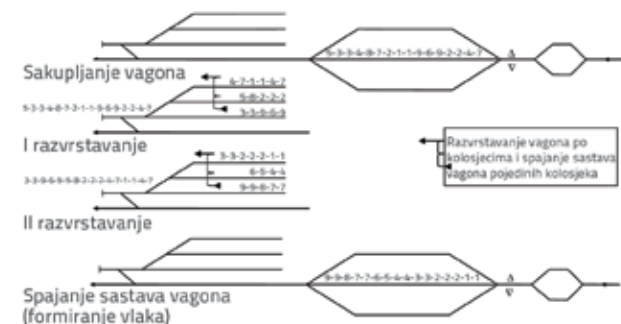
gdje su:

- m - broj međukolodvora za koje se sastavlja sabirni vlak;
- n - broj kolosijeka za obavljanje završnog pregrupiranja-raspoređivanja vagona prema redoslijedu međukolodvora.

Da bi se lakše uočile karakteristike ove metode, navodi se općenit primjer formiranja sabirnog vlaka koji u svom sastavu ima grupe vagona za "m" međukolodvor, a samo formiranje se obavlja na "n" kolosijeka.

Postupak je sljedeći:

Prikupljeni vagoni za sabirni vlak s ranžirnog ili ranžirno-otpremnog kolosijeka najprije se izvlače na izvlačnjak, a zatim se obavlja razvrstavanje prema uputnim kolodvorima. U prvom razvrstavanju vagoni za međukolodvore 1; n+1; 2n+1; ...; do m-n+1 ostavljaju se na prvom kolosijeku, vagoni za međukolodvore 2; n+2; 2n+2; ...; do m-n+2 na drugom kolosijeku i tako redom do vagona za međukolodvore n; 2n; 3n; ...; m, koji se ostavljaju na n-tom kolosijeku (ako je  $n = \sqrt{m}$ ). Na ovaj način završava se prvi proces rastavljanja vagona po kolosijecima. Zatim slijedi prvi proces sastavljanja vagona za pojedinih kolosijeka i njihovo izvlačenje na izvlačnjak radi pripreme za drugi proces razvrstavanja. U tom procesu svi vagoni u grupi za jedan međukolodvor ostavljaju se na jednom kolosijeku, za drugi susjedni međukolodvor na drugom kolosijeku i tako redom dok se ne stigne do vagona s rednim brojem međukolodvora koji je susjedan s nekim čiji su vagoni već razvrstani. U tom slučaju takvi vagoni se pridodaju - razvrstavaju na taj kolosijek. (Primjer: vagoni za međukolodvore 1; 2;...; do n ostavljaju se na prvom kolosijeku, vagoni za međukolodvore n+1; n+2;...; do 2n na drugom kolosijeku i tako redom do vagona za međukolodvore m-n+1; m-n+2; ...; do m, koji se ostavljaju na n-tom kolosijeku.). Na taj su način svi razvrstani vagoni iz sabirnog vlaka pripremljeni po redoslijedu međukolodvora, ali na različitim kolosijecima. Zato preostaje drugi proces, a to je spajanje po kolosijecima kako bi vagoni u vlaku bili posve pripremljeni po redoslijedu međukolodvora. Kod ovog procesa spajanja važno je znati da se obavlja po istom redoslijedu kao i prethodni. Znači ako je u prvom procesu spajanja redoslijed bio od 1-og do n-tog kolosijeka, odnosno od n-tog do 1-og kolosijeka, onda se u drugom procesu spajanja zadržava isti takav redoslijed.



Slika 7. Formiranje sabirnog vlaka Futnerovom metodom

Primjer procesa formiranja sabirnog vlaka po fazama, za slučaj kada postoje tri kolosijeka na kojima se obavlja prikupljanje za devet međukolodvora prikazan je na slici 7.

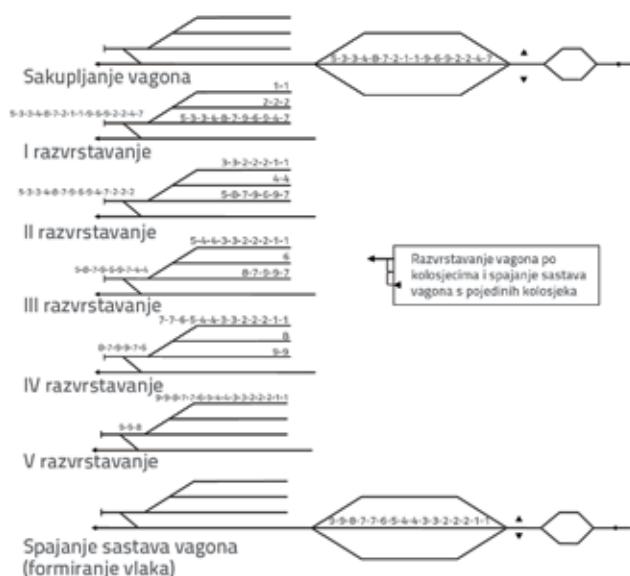
### 3.2.2. Specijalna metoda

Specijalna metoda sastavljanja sabirnih vlakova također se primjenjuje na kolodvorima koji raspolažu malim brojem kolosijeka. Kod primjene ove metode ne postoji nikakva zavisnost između broja kolosijeka i broja međukolodvora na osnovu kojih treba grupirati vagonu u vlak. Ona se može primijeniti na proizvoljnom broju kolosijeka za razliku od Futnerove metode gdje to nije slučaj.

Da bi se bolje objasnile karakteristike ove metode, i ovdje se navodi općenit primjer formiranja sabirnog vlaka koji u svom sastavu ima grupe vagona za "m" međukolodvora, a samo formiranje se obavlja na "n" kolosijeka (slučaj  $m > n$ ).

#### Postupak je sljedeći:

Prikupljeni vagoni za sabirni vlak s ranžirnog ili ranžirno-otpremnog kolosijeka najprije se izvlače na izvlačnjak, a zatim slijedi proces razvrstavanja prema uputnim kolodvorima. U prvom razvrstavanju vagoni za međukolodvora od 1. do n-1. ostavljaju se na odgovarajućim kolosijecima, a svi ostali vagoni na n-tom kolosijeku. Zatim slijedi prvi proces sastavljanja vagona s pojedinih kolosijeka počevši od n-tog kolosijeka, preko n-1-og pa do 2. i njihovo izvlačenje na izvlačnjak radi pripreme za drugi proces razvrstavanja. U tom procesu razvrstavanja svi vagoni u grupama za međukolodvora od 2. do n-1. grupirani su i sređeni po njihovom redoslijedu te se svi ostavljaju na prvom kolosijeku gdje se već nalaze vagoni za prvi međukolodvor. Ovim grupama vagona na prvom kolosijeku dodaju se vagoni za n-ti međukolodvor, a na ostale kolosijeke se razvrstavaju vagoni prema sljedećem redoslijedu: na drugi



Slika 8. Formiranje sabirnog vlaka primjenom specijalne metode

kolosijek vagon za n+1. međukolodvor, na treći kolosijek vagon za n+2. i tako redom do n-1. kolosijeka gdje dolaze vagoni za 2(n-1). međukolodvor, a na n-ti kolosijek vagoni za 2n-1. kolodvor i dalje do m-tog međukolodvora. Sada se ponovno grupiraju vagoni po kolosijecima počevši od n-tog kolosijeka do 2. i njihovo izvlačenje na izvlačnjak radi pripreme za treći proces razvrstavanja koji je sličan onom prethodnom. Takav se proces nastavlja sve dok nisu razvrstani i vagoni za posljednji međukolodvor.

U slučaju da je  $m \leq n$ , tada se u prvom razvrstavanju obavi cjelokupno razdvajanje vagona po međukolodvorima tako da preostaje samo grupiranje - spajanje vagona po kolosijecima. Radi lakšega praćenja samog procesa formiranja sabirnog vlaka po fazama ove metode, za slučaj kada postoje tri kolosijeka na kojima se obavlja prikupljanje za devet međukolodvora prikazuje se na slici 8.

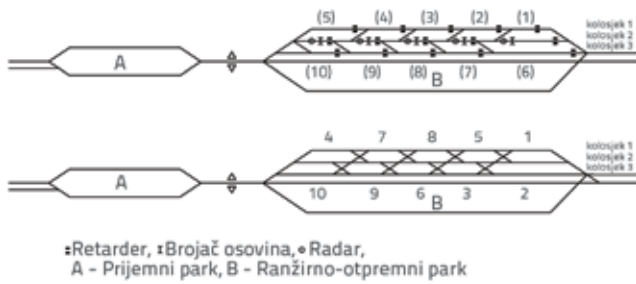
### 3.2.3. Japanska metoda

Tehnologija završnog raspoređivanja sabirnih vlakova primjenom japanske metode ne zavisi od broja kolosiječnih konstrukcija koje se nalaze u sastavu ovih kolodvora već od tehničkog kolosiječnog rješenja, odnosno primijenjenih kolosiječnih veza, jednostruke kolosiječne veze (slika 5a) ili pak dvostruke kolosiječne veze (slika 5b). Bitno je pritom da u svakoj kolosiječnoj grupi srednji kolosijek služi kao dostavni, a dva krajnja su namijenjena za prikupljanje vagona po međukolodvorima. Zbog toga oba krajnja kolosijeka moraju imati onoliko dijelova koliko je maksimalno međukolodvora na nekom rasporednom odsjeku za koji se formiraju sabirni vlakovi (npr. na slici 9, na krajnjim kolosijecima postoji 10 dijelova - na svakom kolosijeku po 5 - na kojima je moguće formirati sabirni vlak za 10 međukolodvora). Način formiranja, odnosno prikupljanja vagona na odsječcima, a po međukolodvorima, zavisi od upotrijebljenih kolosiječnih veza:

- ako su upotrijebljene jednostruke kolosiječne veze, onda namjena dijelova na krajnjim kolosijecima mora biti po redoslijedu međukolodvora (na jednoj strani 1, 2, ..., 5, a na drugoj 6, 7, ..., 10, ili pak na jednoj strani 1, 3, ..., 9, a na drugoj 2, 4, ..., 10)
- ako su upotrijebljene dvostruke kolosiječne veze, onda namjena dijelova na krajnjim kolosijecima može biti proizvoljna.

Ovakvo rješenje omogućava da se u jednom razvrstavanju vagoni rasporede i grupiraju prema pripadajućim međukolodvorima, tako da poslije ove faze slijedi samo grupiranje prema redoslijedu međukolodvora.

Na kraju moglo bi se reći da se opća karakteristika ovog rješenja sastoji u tome što iziskuje povećanje investicija zbog upotrebe dopunskih kolosiječnih veza i kolosiječnih kočnica, dok se kraćim zadržavanjem vagona postižu znatne uštede.



Slika 9. Namijena kolosijeka pri formiranju sabirnog vlaka japanskom metodom: a) kod rješenja s jednostrukim kolosiječnim vezama; b) kod rješenja s dvostrukim kolosiječnim vezama

3.2.4. Simultana metoda

Simultana metoda sastavljanja sabirnih vlakova primjenjuje se za istodobno formiranje više sabirnih vlakova s ciljem da se vlakovi pravodobno mogu otpremiti iz ranžirnoga kolodvora kako bi se svi vagoni u njima mogli na vrijeme dopremiti u pripadajuće međukolodvore i na odgovarajuća utovarno-istovarna mjesta. Ova metoda prvi put je primijenjena na francuskim željeznicama tijekom Prvog svjetskog rata 1917. godine, kada je trebalo formirati više vlakova s prijevozom namirnica za opskrbu vojske na bojištu. Danas je njezino značenje naročito izraženo kod primjene ustaljenog redoslijeda vožnje teretnih vlakova, tzv. dogovorenog prijevoza.

Ono što također bitno razlikuje ovu metodu od klasičnih jest i to da se završno formiranje vlakova obavlja preko ranžirnog brijega, a na grupi kolosijeka ranžirnog ili ranžirno-otpremnog parka, a da to nikako nije moguće obavljati na staničnoj grupi kolosijeka i uz pomoć izvlačnjaka, kao kod klasičnih metoda. Osim toga, učinkovita primjena simultane metode zahtijeva odgovarajuće prilagođavanje redoslijeda vožnje i kvalificiranije manevarsko osoblje. Primjenom ove metode vagoni se za sabirne vlakove prikupljaju prema odgovarajućim međukolodvorima za sve vlakove zajedno, na istom kolosijeku. To znači da se vagoni za sve prve međukolodvore, za sve druge i tako dalje, izdvajaju zajedno na istom kolosijeku koji je unaprijed određen, bez obzira na to što oni pripadaju različitim vlakovima, odnosno prugama i dionicama pruga.

Proces završnog formiranja sabirnih vlakova počinje onog trenutka, bolje rečeno istodobno za sve vlakove, kada se prikupi dovoljan broj vagona za sve vlakove koji se pokreću iz ranžirnoga kolodvora. Za primjenu simultane metode potreban broj kolosijeka za prikupljanje vagona zavisi od broja međukolodvora [8, 9]. Veza između broja grupa, odnosno broja međukolodvora (m) koje opslužuju sabirni vlakovi i potrebnog broja ranžirnih kolosijeka (k) na kojima se obavlja prikupljanje vagona za sabirne vlakove primjenom geometrijske metode, pod pretpostavkom da se ne predviđa nikakvo dopunsko ranžiranje osim rastavljanja prikupljenih vagona, prema dosadašnjim istraživanjima, dana je sljedećim izrazom:

$$m_{max} = 2^k - 1 \tag{2}$$

$$k = \begin{cases} \frac{\log(m_{max}^{stv} - 1)}{\log 2}, & \frac{\log(m_{max}^{stv} - 1)}{\log 2} \in N \\ \left\lceil \frac{\log(m_{max}^{stv} - 1)}{\log 2} \right\rceil + 1; & \frac{\log(m_{max}^{stv} - 1)}{\log 2} \notin N \end{cases} \tag{3}$$

gdje je:

- $m_{max}$  – maksimalan broj međukolodvora koje može opslužiti jedan sabirni vlak
- $m_{max}^{stv}$  – maksimalan stvarni broj međukolodvora koje opslužuje neki od sabirnih vlakova formiranih u kolodvoru
- k – broj ranžirnih kolosijeka na kojima se obavlja prikupljanje vagona.

Opća zakonitost na osnovi koje se obavlja prikupljanje vagona za sabirne vlakove po simultanoj metodi izgledala bi kao u tablici 1.

Tablica 1. Način prikupljanja vagona po kolosijecima za međukolodvore pojedinih sabirnih vlakova

Redni broj kolosijeka [k <sub>i</sub> ]	Redni brojevi međukolodvora za sve dionice za koje se formiraju sabirni vlakovi [m <sub>i,s</sub> ]	Opća zakonitost nakupljanja vagona po kolosijecima za međukolodvore	
		1	1 3 5 7 9 11 13 15 17 ...
2	2 6 10 14 18 ...	$m_{2,s} = 2^1 + 4^*(j-1)$	
3	4 12 ...	$m_{3,s} = 2^2 + 8^*(j-1)$	
4	8 ...	$m_{4,s} = 2^3 + 16^*(j-1)$	
5	16 ...	$m_{5,s} = 2^4 + 32^*(j-1)$	
k <sub>i</sub>	2 <sup>k<sub>i</sub>-1</sup> ...	$m_{i,s} = 2^{i-1}(1 + 2^*(j-1))$	$m_{i,s} \leq m_{max}^{stv}$

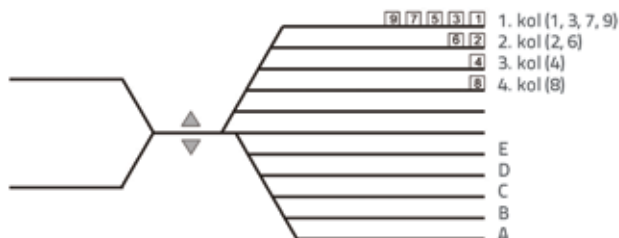
Opis prikupljanja i formiranja sabirnih vlakova primjenom simultane metode najlakše se može pratiti na sljedećem primjeru, uz pretpostavku:

- da se sastavlja pet sabirnih vlakova, (A, B, C, D i E)
- da svaki vlak u svom sastavu ima vagona za najviše devet međukolodvora prema redoslijedu koji se može numerirati brojevima 1, 2, ..., 9, pri čemu ti brojevi međukolodvora predstavljaju grupe vagona koji se upućuju za međukolodvore koje imaju taj broj. To znači da svaki vagon dobiva nepisanu, vlastitu oznaku koja odgovara međukolodvoru u koji se vagoni upućuju i vlaku kojim se otpremaju
- da za prikupljanje vagona služe četiri ranžirna kolosijeka, koji se mogu označiti sa k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>, k<sub>3</sub> i k<sub>4</sub>
- da su vagoni u vlaku koji se treba rasformirati raspoređeni po međukolodvorima kao što je to prikazano na slici 10.



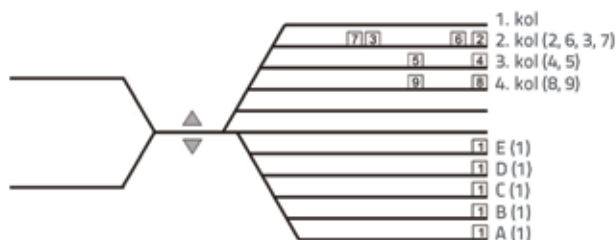
Slika 10. Redoslijed vagona po međukolodvorima u vlaku koji treba rasformirati

U procesu rasformiranja (slika 11.), na prvom kolosijeku se prikupljaju vagoni za sve prve, treće, pete, sedme i sve devete međukolodvore svih pet vlakova zajedno. Na drugom kolosijeku prikupljaju se vagoni za sve druge i šeste međukolodvore svih vlakova, također zajedno, dok se na trećem kolosijeku prikupljaju vagoni samo za sve četvrte međukolodvore, a na četvrtom kolosijeku vagoni za sve osme međukolodvore.

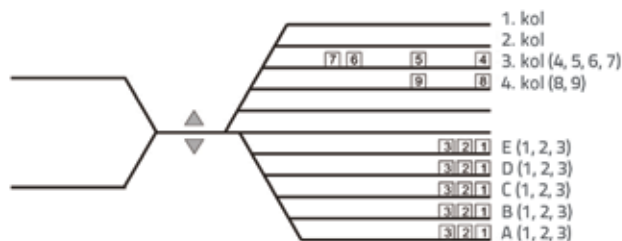


Slika 11. Redoslijed prikupljanja vagona na ranžirnim kolosijecima prema pripadajućim međukolodvorima poslije završenog rasformiranja vlaka sa slike 10 (prva faza formiranja sabirnih vlakova primjenom simultane metode)

Kada se nakupi dovoljan broj vagona za sve sabirne vlakove pristupa se njihovom formiranju. Najprije se izvlače prikupljeni vagoni s prvoga kolosijeka i ranžiraju tako da se za prve međukolodvore pojedinih vlakova izdvajaju na posebne kolosijeke (od A do E) za svaki vlak posebno. Vagoni za treće i sedme međukolodvore izdvajaju se na drugi kolosijek, za pete međukolodvore na treći kolosijek, a vagoni za sve devete međukolodvore pridružuju se vagonima na četvrtom kolosijeku (slika 12.).



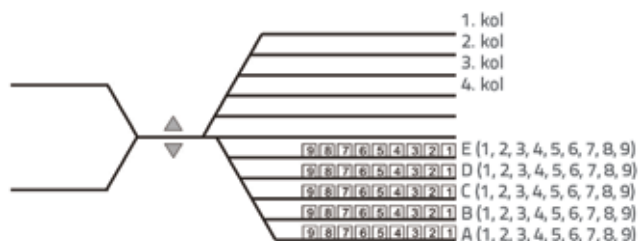
Slika 12. Redoslijed prikupljanja vagona na ranžirnim kolosijecima prema pripadajućim međukolodvorima poslije završenog rasformiranja vagona s prvog kolosijeka (druga faza formiranja sabirnih vlakova primjenom simultane metode)



Slika 13. Redoslijed prikupljanja vagona na ranžirnim kolosijecima prema pripadajućim međukolodvorima poslije završenog rasformiranja vagona s drugog kolosijeka (treća faza formiranja sabirnih vlakova primjenom simultane metode)

Pošto je završeno ranžiranje vagona s prvoga, pristupa se ranžiranju vagona s drugoga kolosijeka (slika 13). Vagoni s drugoga kolosijeka ranžiraju se tako da se za druge i treće međukolodvore izdvajaju na posebne kolosijeke od A do E, prema pojedinim vlakovima, a vagoni za sve šeste i sedme međukolodvore svih vlakova izdvajaju se, zajedno, na trećem kolosijeku. Vagoni s četvrtoga kolosijeka za to vrijeme miruju. Po logici proces se nastavlja dalje (slika 14.) tako da se najprije izvlače vagoni s trećega kolosijeka i ranžiraju prema pojedinim vlakovima na kolosijecima od A do E (faza 4), a zatim s četvrtoga kolosijeka (faza 5). Međutim, moguća je i varijanta da se s četvrtoga kolosijeka vagoni izvlače i spajaju s vagonima s trećega kolosijeka (faza 4), a onda se svi zajedno ranžiraju prema pojedinim vlakovima, na kolosijecima od A do E (faza 5). Na taj se način dobivaju sastavljeni svi sabirni vlakovi po pojedinim dionicama i prema redoslijedu međukolodvora na kolosijecima od A do E.

(Napomena: Navedene varijante nemaju nikakve utjecaje na dužine kolosijeka te zbog toga neće biti detaljnije ni analizirane.)



Slika 14. Završno formiranje sabirnih vlakova

Za prethodni primjer očigledno je da trebaju četiri kolosijeka za izdvajanje vagona za sabirne vlakove tijekom procesa rasformiranja sastava, odnosno prikupljanja vagona u ranžirnom ili ranžirno-otpremnom parku, jer postoji devet međukolodvora na jednoj dionici koje opslužuju sabirni vlakovi, odnosno maksimalno devet grupa vagona koji se mogu naći u tim vlakovima. Kako broj međukolodvora obično ima deset do dvanaest, a samo iznimno petnaest do dvadeset, znači da pretpostavljeni broj ranžirnih kolosijeka na kojima bi se trebali prikupljati vagoni za sabirne vlakove tijekom procesa rasformiranja i formiranja sastava nije velik i samo su tri ili četiri, a najviše je pet takvih kolosijeka.

#### 4. Rezultati modela

Unutrašnja struktura i oblikovanje simulacijskog modela primjene pojedinih metoda za formiranje sabirnih vlakova u direktnoj su zavisnosti od postavljenih ciljeva. Osnovni ciljevi u ovom radu mogu se svesti na to da se za unaprijed zadane parametre utvrdi metodom simulacije sljedeće:

- broj kolosijeka potrebnih za prikupljanje vagona za sabirne vlakove koji se formiraju u kolodvoru,
- broj kolosijeka potrebnih za završno formiranje – raspoređivanje vagona za sabirne vlakove,



- dužine kolosijeka potrebne za predviđene procese,
- pronaći adekvatno rješenje (lokaciju i razmještaj postrojenja) za realizaciju.

Do sada je u praksi za rješavanje ovakvih problema uglavnom bilo dovoljno iskustvo i intuicija, bez bilo kakvih sustavnih analiza radi poduzimanja odgovarajućih mjera [7]. Posljedice takvog pristupa očitovale su se negativnim učincima tek poslije realizacije, odnosno izgradnje kolodvora i početka njegove primjene. Suvremeni pristup ovom problemu podrazumijeva drugačiju metodologiju koja obuhvaća:

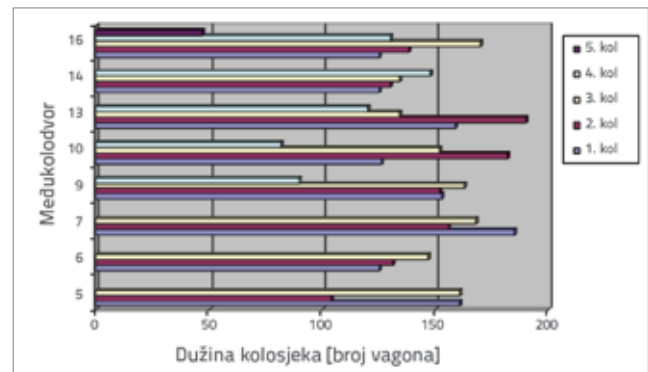
1. postavljanje polaznog broja kolosijeka za prikupljanje vagona za sabirne vlakove na kolodvoru na realnu vrijednost;
2. postavljanje polaznog broja kolosijeka za završno formiranje sabirnih vlakova na kolodvoru na realnu vrijednost;
3. postavljanje strukture sabirnih vlakova koje treba formirati u šire okvire u zavisnosti od broja vagona u vlaku, broja međukolodvora i raspodjele vagona po međukolodvorima;
4. ponavljanje eksperimenta uz promjenu strukture vlakova i broja međukolodvora;
5. praćenje utjecaja promjene strukture vlakova i broja međukolodvora na promatrane pokazatelje sustava.

Za izgradnju ovako koncipiranog simulacijskog modela usvojeni su parametri koji odgovaraju realnim uvjetima kolosiječnih grupa za sitno ranžiranje i uvjetima realne raspodjele vagona po međukolodvorima bilo koje željezničke mreže, a to su:

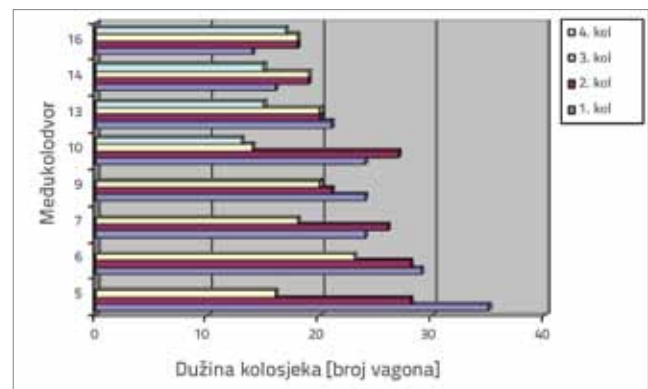
- 5 kolosijeka u ranžirnom ili ranžirno-otpremnom parku koji služe za prikupljanje vagona za sabirne vlakove;
- 5 kolosijeka u otpretnom ili ranžirno-otpremnom parku koji služe za formiranje 5 sabirnih vlakova;
- 30; 35; 40; 45 i 50 vagona u vlaku;
- 5; 7; 9; 10; 13 i 16 međukolodvora s realnom raspodjelom vagona po međukolodvorima dobivenom iz podataka ranžirnih kolodvora Beograd i Lapovo, koji se nalaze na mreži željeznica Srbije;
- umjesto cjelokupnih izlaznih rezultata u radu je prikazana rekapitulacija rezultata koji su značajni za dimenzioniranje (definiranje broja i dužina) kolosiječnih kapaciteta na kojima se obavlja prikupljanje vagona za sabirne vlakove i njihovo završno formiranje - raspoređivanje po vlakovima i međukolodvorima.

Među analizirane pokazatelje funkcioniranja sustava uključeni su broj i dužine kolosijeka potrebni za uspješnu primjenu promatranih metoda, pri čemu su dužine kolosijeka izražene u broju vagona koji se mogu smjestiti na odnosni kolosijek. Ovi rezultati prikazani su na slikama 15, 16 i 17, kao i u tablicama 2 i 3. Podaci koji se odnose na dužine kolosijeka za prikupljanje vagona za sabirne vlakove primjenom klasičnih metoda (Futnerova i specijalna) i na dužine kolosijeka za završno formiranje -

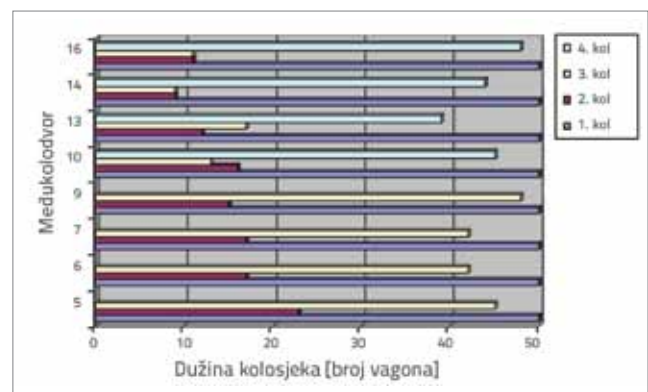
raspoređivanje sabirnih vlakova primjenom simultanih metoda nisu grafički prikazani jer odgovaraju dužinama tih vlakova.



Slika 15. Dužine kolosijeka potrebne za prikupljanje vagona primjenom simultanih metoda



Slika 16. Dužine kolosijeka potrebne za završno formiranje - raspoređivanje sabirnih vlakova primjenom Futnerove metode



Slika 17. Dužine kolosijeka potrebne za završno formiranje - raspoređivanje sabirnih vlakova primjenom specijalne metode

Izlazni rezultati pokazuju da:

- primjena bilo koje metode za formiranje sabirnih vlakova zahtijeva dvije grupe kolosijeka, od kojih prva služi za prikupljanje vagona prema vlakovima (klasične metode), odnosno prema međukolodvorima (simultane metode), a

druga za finalno kompletiranje – raspoređivanje sabirnih vlakova prema redosljedu međukolodvora koje oni opslužuju

- kolosijeci na kojima se obavlja prikupljanje vagona klasičnim metodama imaju ujednačene dužine koje odgovaraju dužinama vlakova, dok su primjenom

simultanih metoda te dužine izrazito neujednačene i prije svega zavise od intenziteta kolskog toka, a znatno manje od broja međukolodvora koje vlakovi opslužuju (slika 15.)

- broj kolosijeka na kojima se obavlja proces prikupljanja vagona klasičnim metodama odgovara broju sabirnih

Tablica 2. Izlazni rezultati simulacije za 30 vagona u vlaku

Primjenjena metoda		Simultana metoda				Futnerova metoda				Specijalna metoda			
Broj međukolodvora		5	9	10	16	5	9	10	16	5	9	10	16
TBK	n	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	s	5	5	5	5	3	3	4	4	3	3	4	4
	Σ	8	9	9	10	8	8	9	9	8	8	9	9
SBK	n <sub>1</sub> (n <sub>2</sub> )	5(4)	7(5)	6(5)	8(6)	5	5	5	5	5	5	5	5
	s <sub>1</sub> (s <sub>2</sub> )	5	5	5	5	3(2)	3(2)	4(3)	4(3)	3(2)	3(2)	4(3)	4(3)
	Σ	10(9)	12(10)	11(10)	13(11)	8(7)	8(7)	9(8)	9(8)	8(7)	8(7)	9(8)	9(8)

Tablica 3. Izlazni rezultati simulacije za 50 vagon u vlaku

Primjenjena metoda		Simultana metoda				Futnerova metoda				Specijalna metoda			
Broj međukolodvora		5	9	10	16	5	9	10	16	5	9	10	16
TBK	n	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	s	5	5	5	5	3	3	4	4	3	3	4	4
	Σ	8	9	9	10	8	8	9	9	8	8	9	9
SBK	n <sub>1</sub> (n <sub>2</sub> )	8(6)	10(6)	11(7)	12(7)	5	5	5	5	5	5	5	5
	s <sub>1</sub> (s <sub>2</sub> )	5	5	5	5	3(2)	3(2)	4(3)	4(3)	3(2)	3(2)	4(3)	4(3)
	Σ	13(11)	15(11)	16(12)	17(12)	8(7)	8(7)	9(8)	9(8)	8(7)	8(7)	9(8)	9(8)

Upotrebene oznake u danim tablicama imaju sljedeće značenje:

TBK - teorijski broj kolosijeka potreban za prikupljanje i raspoređivanje vagona pri formiranju sabirnih vlakova imajući u vidu da njihova dužina nije ograničena

SBK - stvarni broj kolosijeka potreban za prikupljanje i raspoređivanje vagona pri formiranju sabirnih vlakova, pri čemu je njihova pojedinačna dužina ograničena uporabnim razlozima (broj vagona na kolosijeku treba biti realan i takav da neće remetiti uspješno funkcioniranje predviđenih procesa i uvjetovati neprimjerena rješenja)

n - broj kolosijeka potreban za prikupljanje vagona za sabirne vlakove (n=n<sub>1</sub>(n<sub>2</sub>))

s - broj kolosijeka potreban za raspoređivanje vagona po međukolodvorima i sabirnim vlakovima (s=s<sub>1</sub>(s<sub>2</sub>))

n<sub>1</sub> - broj kolosijeka potreban za prikupljanje vagona za sabirne vlakove u slučaju kada se primjeni princip ograničene dužine, a kolosijeci se koriste prema početnoj namjeni

n<sub>2</sub> - broj kolosijeka potreban za prikupljanje vagona za sabirne vlakove u slučaju kada se primjene promjene u organizaciji korištenja kolosijeka, prenamjena kolosijeka

s<sub>1</sub> - broj kolosijeka potreban za raspoređivanje vagona po međukolodvorima i sabirnim vlakovima u slučaju kada se za završno raspoređivanje ne koristi kolosijek na kojem je izvršeno prikupljanje vagona

s<sub>2</sub> - broj kolosijeka potreban za raspoređivanje vagona po međukolodvorima i sabirnim vlakovima u slučaju kada se za završno raspoređivanje koristi kolosijek na kojem je izvršeno prikupljanje vagona

- vlakova koji se pokreću iz ovih kolodvora, dok je kod simultanih metoda on u funkciji broja međukolodvora i dužina kolosijeka. Uzimajući u obzir da su dužine kolosijeka primjenom simultanih metoda izrazito neujednačene i da prelaze granice uporabne prihvatljivosti, onda se teorijski broj tih kolosijeka za navedene zadatke mora povećati radi dovođenja na granicu prihvatljivu s uporabnog stajališta i postizanja njihove ujednačenosti. Istodobno broj kolosijeka za prikupljanje primjenom simultanih metoda može se smanjiti primjenom organizacijom rada u procesu završnog formiranja ovih vlakova, što podrazumijeva upotrebu oslobođenih kolosijeka. Na taj se način znatno manje povećava broj kolosijeka u ovoj fazi (podaci u tablicama 2 i 3)
- kolosijeci na kojima se obavlja proces završnog formiranja sabirnih vlakova klasičnim metodama imaju izrazito neujednačene dužine za razliku od kolosijeka na kojima se primjenjuju simultane metode kod koji su ove dužine ujednačene i odgovaraju dužinama vlakova. Primjenom Futnerove metode kolosijeci su ujednačenijih dužina u odnosu na specijalnu metodu gdje to nije slučaj (slika 16 i 17). Kod specijalne metode dužine kolosijeka su izrazito neujednačene, pri čemu prvi i posljednji kolosijek imaju ujednačeniju, ali izrazito veću dužinu od onih središnjih – unutrašnjih kolosijeka, koji su također ujednačenih dužina (slika 17)
  - ukupan broj kolosijeka za prikupljanje i završno formiranje sabirnih vlakova može se smanjiti primjenom adekvatne organizacije rada u promatranim procesima rada, a koja podrazumijeva korištenje oslobođenih kolosijeka
  - dosadašnji princip, odnosno pravilo po kojem je za primjenu simultane metode broj kolosijeka na kojima se obavlja prikupljanje vagona za sabirne vlakove u funkciji broja međukolodvora teško održiv i neprihvatljiv s uporabnog stajališta (suviše velike dužine kolosijeka) i zahtijeva izmjenu u pristupu njihova definiranja

- podaci predočeni u ovom radu do sada nisu bili dovoljno razmatrani i o njima se malo vodilo računa pri izboru konačnih rješenja, iako mogu imati itekako važnu ulogu u tom dijelu.

## 5. Zaključak

Na osnovi provedenih istraživanja i analize dobivenih rezultata mogu se izvući sljedeći zaključci:

- proces formiranja sabirnih vlakova bilo kojom metodom može se relativno lako modelirati i simulirati pomoću bilo kojeg programskog jezika
- izlazni rezultati ovakvog modela pokazuju stvarno stanje prilikom primjene analiziranih metoda i upućuju na niz propusta u dosadašnjem procesu projektiranja i uporabe tehničkih teretnih kolodvora. Zato ovi rezultati mogu biti upotrebljeni kao dodatni argument za donošenje važnih tehnoloških i investicijskih odluka u procesu projektiranja i uporabe novih ili rekonstrukcije postojećih tehničkih teretnih kolodvora
- proširivanjem ulaznih elemenata i dodatnim analizama moguće je doći do novih značajnih pokazatelja primjene ovih metoda, a za to je potrebno izraditi poseban elaborat (studiju)
- izradom ovog modela stvoreni su povoljniji uvjeti i dan je poticaj za uključivanje šire javnosti i samih autora u njegovu daljnju razradu u okviru ovog i drugih sličnih problema.

## Zahvala

Ovaj rad je izrađen uz podršku Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije u okviru tehnološkog projekta, evidencijski broj 36012: "Istraživanje tehničko-tehnološke, kadrovske i organizacijske osposobljenosti Železnica Srbije iz aspekta sadašnjih i budućih zahteva Europske Unije".

## LITERATURA

- [1] Baumann, O.: *Planung des Simultanformation von Nahgüter-zügen für den Rangierbahnhof Zurich - Limmattal*, ETR - Rangiertechnik 19 (1957), 25-35.
- [2] Bourgeois, M.; Valette, M.: *Formation des trains de détail par la méthode de la formation simultanée*, Revue générale des Chemins de fer, 3-4(1940), 131.
- [3] Crane, R.; Brown, F.; Blanchard, R.: *An Analysis of a Railroad Classification Yard*, Journal of the Operations Research Society of America, 3(1955)3, 262 – 271.
- [4] Daganzo, C.; Dowling, R.G.; Hall, R.W.: *Railroad Classification Yard Throughput: The case of multistage triangular sorting*, Transportation Research Part A, 17A(1983)2, 95-106.
- [5] Daganzo, C.: *Static blocking at railyards: Sorting implications and track requirements*, Transportation Science, 20(1986)3, 189-199.
- [6] Dahlhaus, E.; Horak, P.; Mille, M.; Ryan, J.: *The train marshalling problem*, Discrete Applied Mathematics, 103(2000)1-3, 41-54.
- [7] Ivić, M.: "Optimizacija uvođenja priključnih pruga, strukture i kapaciteta kolosiječnih parkova tehničkih teretnih stanica", doktorska disertacija, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1992.
- [8] Ivić, M.; Marković, M.; Marković, A.: *Effects of the application of conventional methods in the process of forming the pick-up trains*, Yugoslav Journal of Operations Research, 17(2007)2, 245-256.

- [9] Ivić, M.; Marković, A.; Milinković, S.; Belošević, I.; Marković, M.; Vesković, S.; Pavlović, N.; Kosijer, M.; *Simulation model for estimating effects of forming pick-up trains by simultaneous method*, Proceedings of 7th EUROSIM Congress on Modelling and Simulation, Prague 2010.
- [10] Krell, K.: *Grundgedanken des Simultanverfahrens*, ETR – Rangiertechnik, 22 (1962), 15-23.
- [11] Márton, P.: Experimental evaluation of selected methods for multigroup train formation, *Communications*, 2(2005), 5-8.
- [12] Márton, P.; Maue, J.; Nunkesser, M.: An improved classification procedure for the hump yard Lausanne Trage, Proceedings of 9th Workshop Algorithmic Methods Models Optim Railways (ATMOS-09), IBFI Schloss Dagstuhl, Wadern, 2009.
- [13] Milošević, B.: *Železničke stanice i čvorovi – proračun staničnih kapaciteta*, Privredno-finansijski vodič, Beograd, 1980.
- [14] Pentiga, K.J.: *Teaching simultaneous marshalling*, The Railway Gazette, 1959.