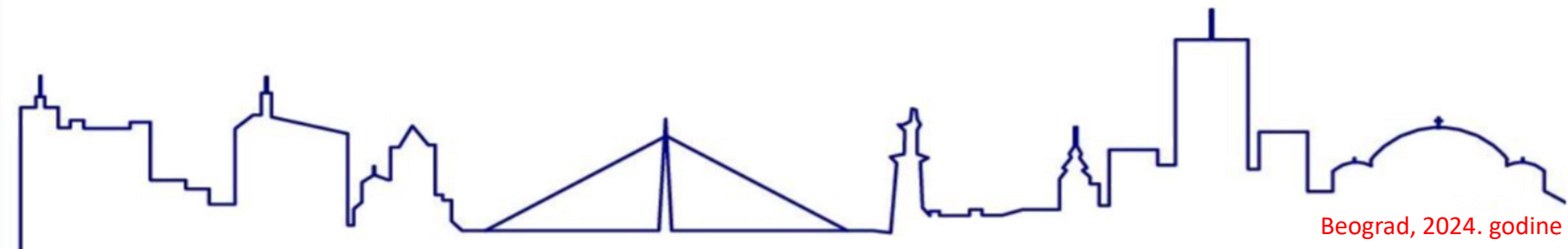


UNIVERZITET U BEOGRADU – SAOBRAĆAJNI FAKULTET

KATEDRA ZA DRUMSKI I GRADSKI TRANSPORT PUTNIKA

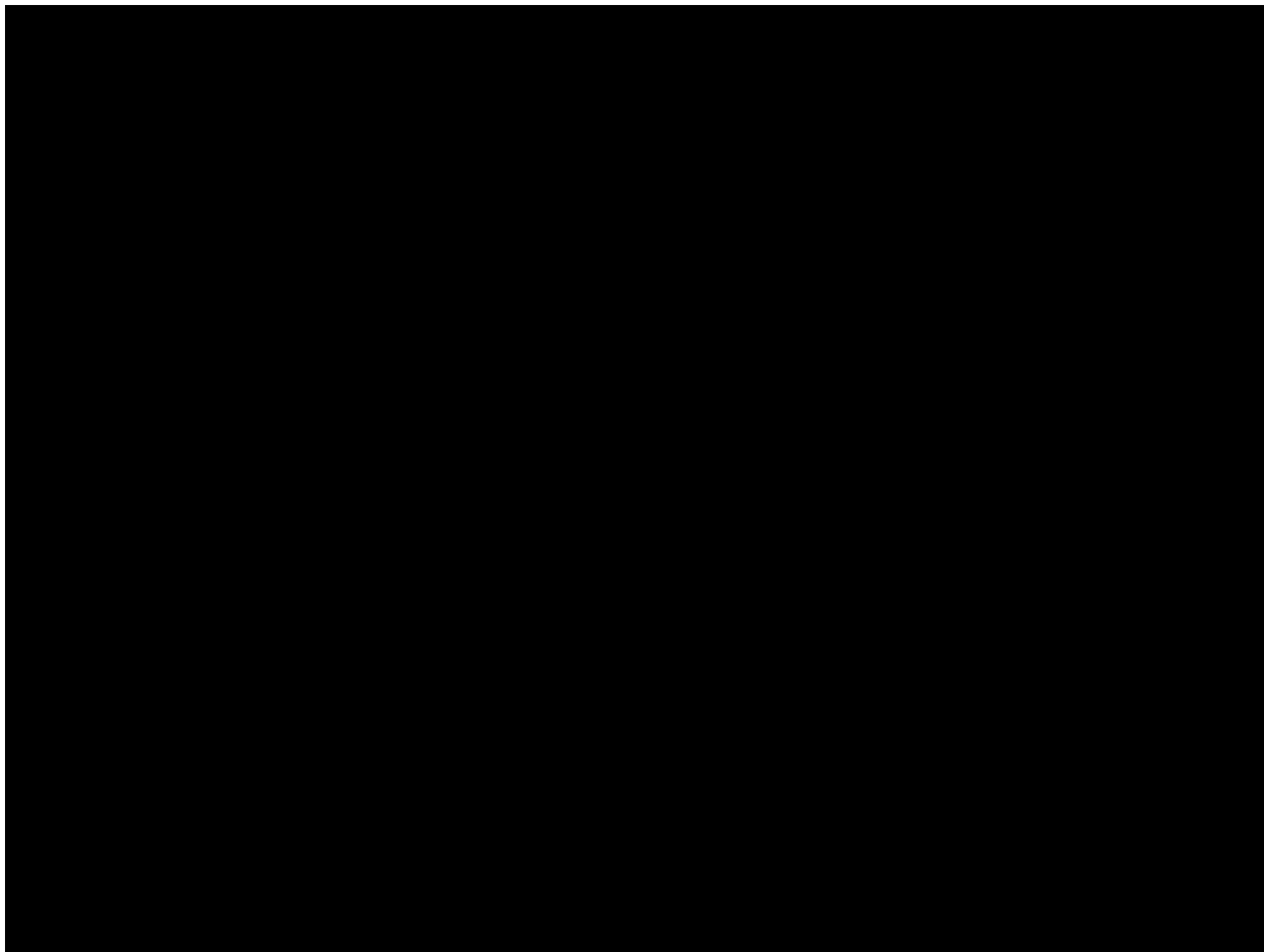
Osnovne studije:

Transportne potrebe i transportni zahtevi



Beograd, 2024. godine

TRANSPORTNE POTREBE - Osnovni pojmovi i definicije



TRANSPORTNE POTREBE - Osnovni pojmovi i definicije

Mesto stanovanja i mesta gde ljudi realizuju ostale svoje potrebe (u različite svrhe: posao, škola, rekreacija, kultura, snabdevanje) obično su prostorno razdvojena.

Zbog toga je život ljudi vezan za stalnu potrebu za promenom mesta u prostoru da bi realizovali ove potrebe, tj. ***“da bi bili na pravom mestu u pravo vreme”***.

MOBILNOST (Mobility) je osnovni kvantitativni pokazatelj pokretljivosti stanovnika grada u gradskom transportnom sistemu, i predstavlja jedan od ključnih pokazatelja neophodnih za utvrđivanje obima (veliĉine), strukture i osnovnih karakteristika gradskih transportnih sistema.

TRANSPORTNE POTREBE - Osnovni pojmovi i definicije

Pod pojmom **mobilnost**, u saobraćajno-transportnom smislu, podrazumeva se broj putovanja određene karakteristične grupe ljudi, na određenoj teritoriji u jedinici vremena.

Mobilnost se izražava odnosom između broja ostvarenih kretanja – putovanja određene karakteristične grupe stanovnika i ukupnog broja stanovnika posmatranog urbanog područja u određenom periodu vremena, odnosno:

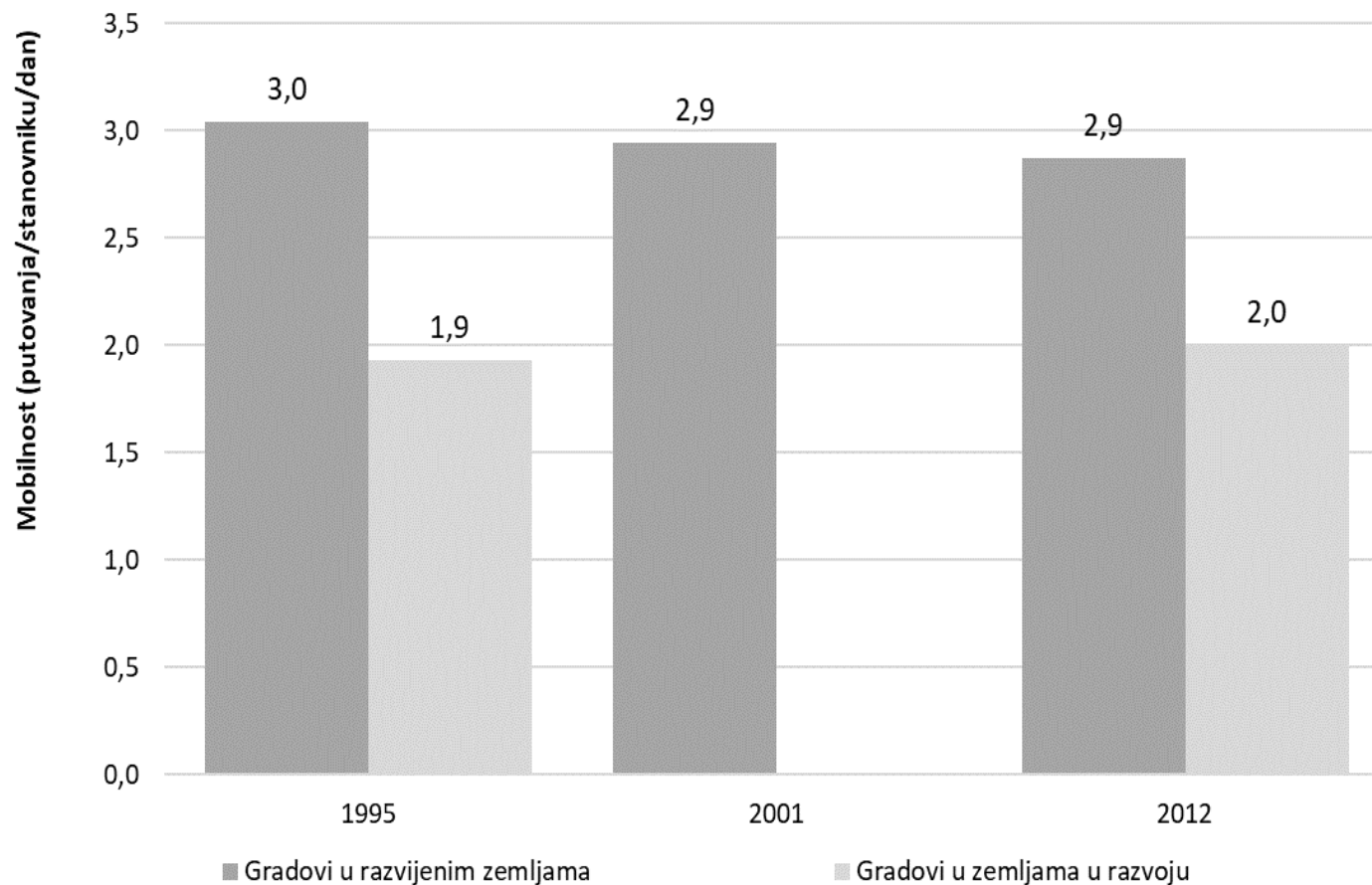
$$M(t) = \frac{PT(t)}{B_{st}(t)}, \quad [\text{putovanja/stanovniku}]$$

gde je:

PT (t) - ukupan broj putovanja u određenom periodu vremena (t),

B_{st} (t) - ukupan broj stanovnika posmatranog urbanog područja u posmatranom periodu vremena (t)

TRANSPORTNE POTREBE - Osnovni pojmovi i definicije



Mobilnost u sistemima javnog gradskog transporta putnika

Izvor: UITP

TRANSPORTNE POTREBE - Osnovni pojmovi i definicije

Veličina kojom se opisuje potreba stanovnika za kretanjem se zove **PUTOVANJE**.

PUTOVANJEM se naziva kretanje “od vrata do vrata”, odnosno od mesta gde kretanje započinje (početna tačka putovanja - PT) do mesta gde se kretanje završava (ciljna tačka putovanja - CT).

Osnovne veličine kojima se opisuje putovanje u prostoru i vremenu su:

- Početna tačka putovanja (PT)
- Ciljna tačka putovanja (CT)
- Željeni moment nastanka putovanja (t_1)
- Željeni moment završetka putovanja (t_2)

TRANSPORTNE POTREBE - Putovanje

Osnovne karakteristike (parametri) putovanja:

Dužina putovanja:

$$L_{put} = \sum_{i=1}^2 L_{peš_i} + \sum_{k=1}^m L_{p_k} + \sum_{j=1}^{m-1} L_{ps_j} [m]$$

Vreme putovanja:

$$T_{put} = \sum_{i=1}^2 t_{peš_i} + \sum_{k=1}^m t_{p_k} + \sum_{k=1}^m t_{čp_k} + \sum_{j=1}^{m-1} t_{ps_j} [min]$$

Brzina putovanja (V_{put}) je srednja brzina kojom se obavi određeno putovanje, i zavisi od dužine i vremena putovanja.

$$V_{put} = \frac{L_{put}}{T_{put}}, \left[\frac{km}{h} \right]$$

PRIMER 1 – DNEVNA MIGRACIJA STUDENATA

Svoju potrebu za kretanje, stanovnici mogu realizovati na različite načine koristeći različite podsisteme transportnog sistema: pešice, sopstvenim putničkim automobilom, sistemom javnog transporta putnika i sl., ili kombinacijom više načina. U tom smislu, putovanja mogu biti **prosta ili složena**, odnosno **transportna ili pešačka**.

Primer: Atanasije i Jefimija su brucoši koji žive u Studentskom domu Karaburma, a studiraju na Saobraćajnom fakultetu. Svakog dana imaju potrebu da dođu na fakultet u 8:00, i da se vrate u 16:00.

Na koji način mogu da dođu do fakulteta?



1 sat 29 min



22 min



≈41 min

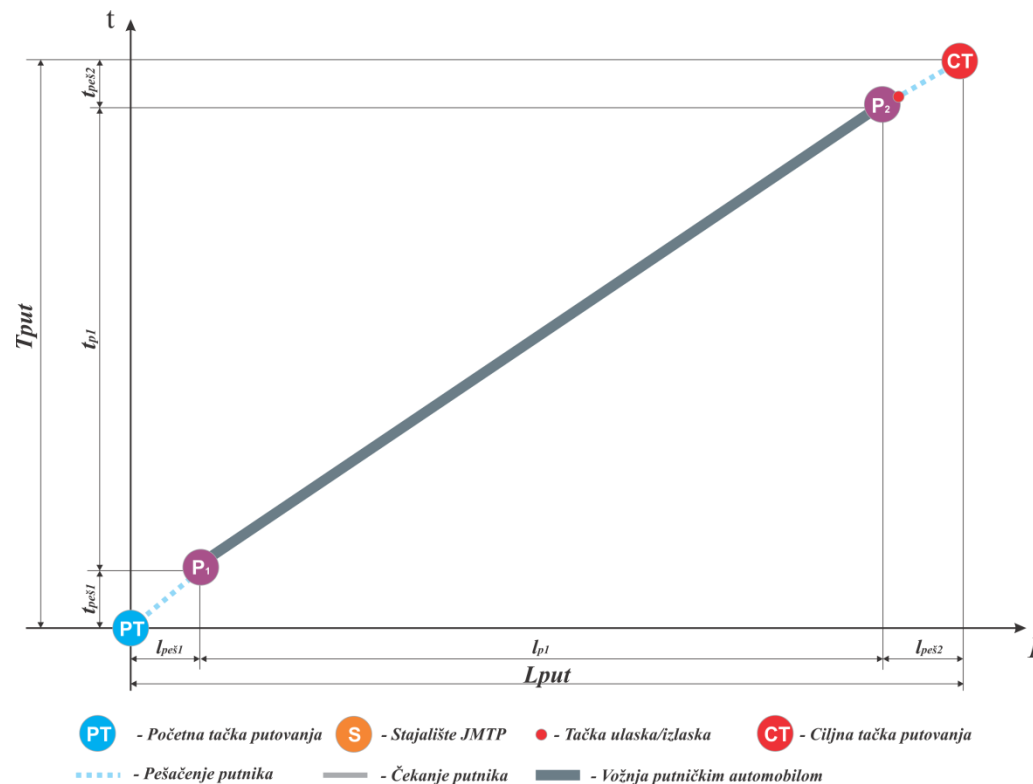


TRANSPORTNE POTREBE - Osnovni pojmovi i definicije

PROSTIM PUTOVANJEM se naziva kretanje od vrata do vrata, odnosno od početne do ciljne tačke putovanja, koje se obavi pešice ili transportnim sredstvom bez posećivanja drugih ciljnih tačaka i bez presedanja na isti ili drugi vid (podsystem) transporta.

a) PROSTO PEŠAČKO PUTOVANJE

b) PROSTO TRANSPORTNO PUTOVANJE PUTNIČKIM AUTOMOBILOM



PRIMER 1 – DNEVNA MIGRACIJA STUDENATA

Atanasije i Jefimija su brucoši koji žive u Studentskom domu Karaburma, a studiraju na Saobraćajnom fakultetu. Svakog dana imaju potrebu da dođu na fakultet u 8:00, i da se vrate u 16:00.

Kako mogu da dođu do fakulteta koristeći javni gradski transport?

☰

Сачувано

Недавно

Најбоље

21 мин

40 мин

Сат вр...

Студентски-дом-Карабурма, Мије Ковачић

Војводе Степе 305, Београд 11000

Крени одмах

Опције

Пошаљите путању на телефон

11:38 – 12:18

40 мин

33

11:44 – 12:23

39 мин

25 / 25P

11:46 – 12:28

42 мин

12 / E9

11:43 – 12:35

52 мин

27 / 10 / 14

11:45 са станице Омладински стадион
89 RSD 7 мин сваких 12 мин

Детаљи

1

2

3

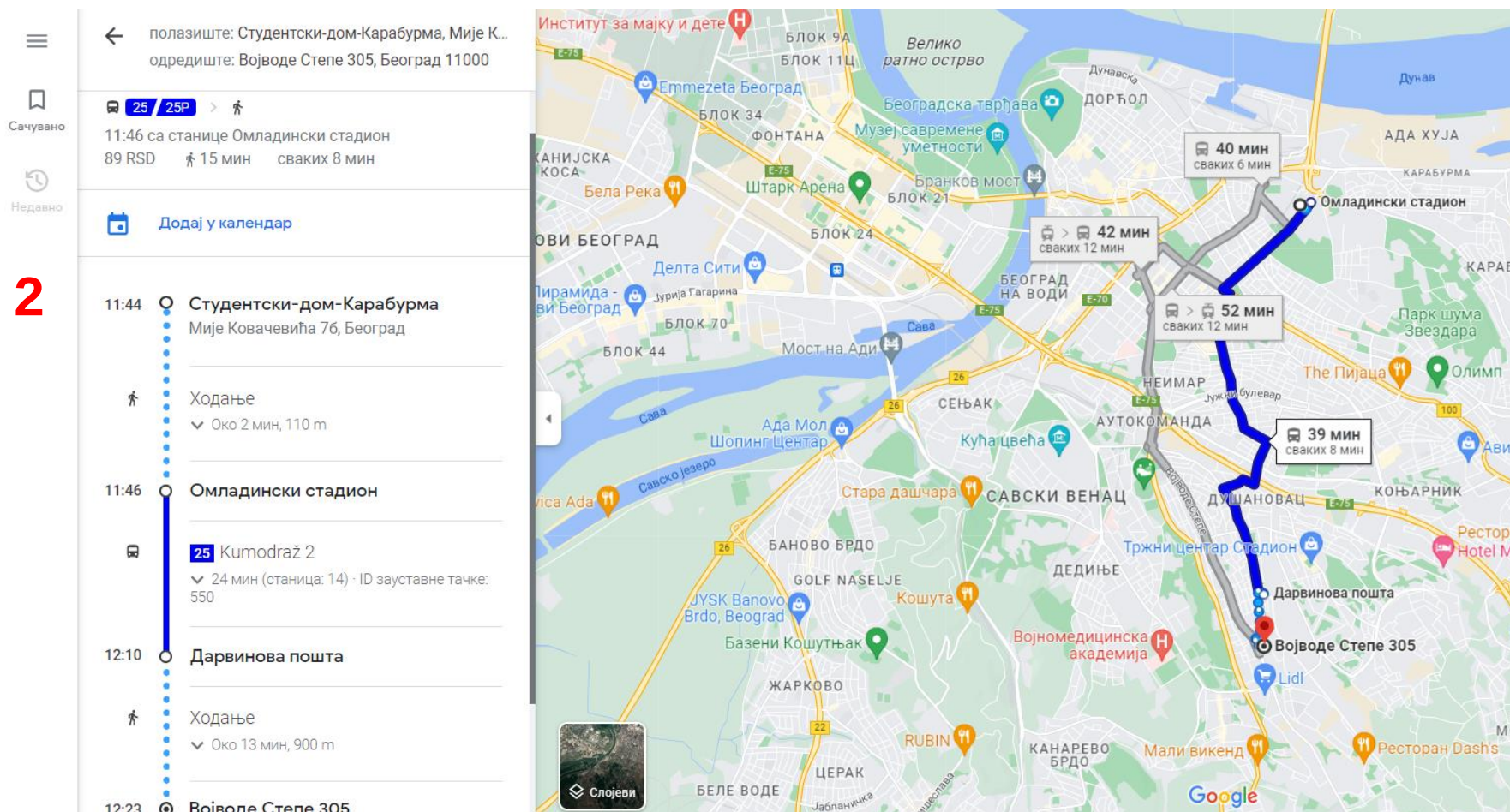
4

Map showing the route from Studentski dom Karaburma to the Faculty of Transport Engineering (Saobraćajni fakultet) in Belgrade. The route is highlighted in red and blue, passing through the city center and the Danube river. The map includes labels for various landmarks and districts, such as Београдска тврђава, Музеј савремене уметности, and Саобраћајни факултет. The route starts at the Studentski dom Karaburma and ends at the Faculty of Transport Engineering. The map also shows the Danube river and the city of Belgrade.

PRIMER 1 – DNEVNA MIGRACIJA STUDENATA

Atanasije i Jefimija su brucoši koji žive u Studentskom domu Karaburma, a studiraju na Saobraćajnom fakultetu. Svakog dana imaju potrebu da dođu na fakultet u 8:00, i da se vrate u 16:00.

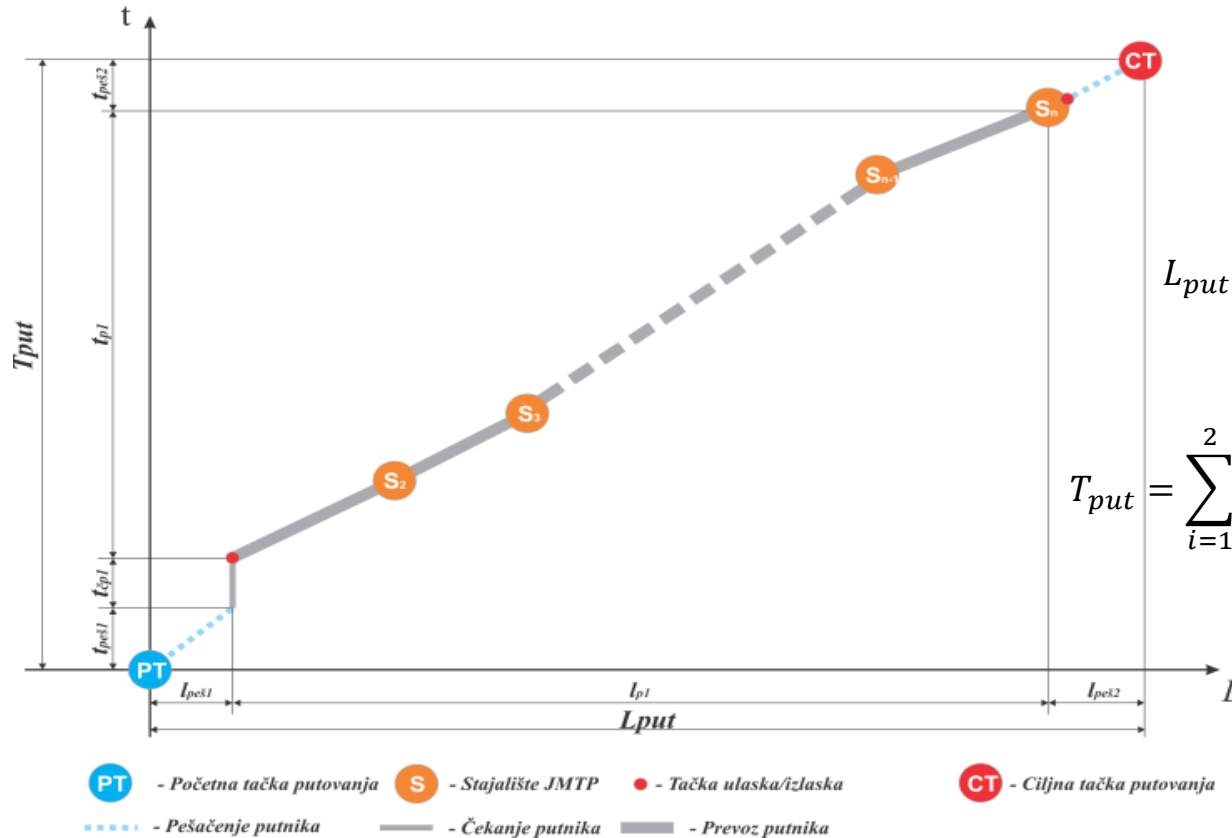
Kako mogu da dođu do fakulteta koristeći javni gradski transport?



TRANSPORTNE POTREBE - Osnovni pojmovi i definicije

PROSTIM PUTOVANJEM se naziva kretanje od vrata do vrata, odnosno od početne do ciljne tačke putovanja, koje se obavi pešice ili transportnim sredstvom bez posećivanja drugih ciljnih tačaka i bez presedanja na isti ili drugi vid (podsystem) transporta.

b) PROSTO TRANSPORTNO PUTOVANJE JGTP



Dužina putovanja:

$$L_{put} = \sum_{i=1}^2 L_{peš_i} + \sum_{k=1}^m L_{p_k} [m]$$

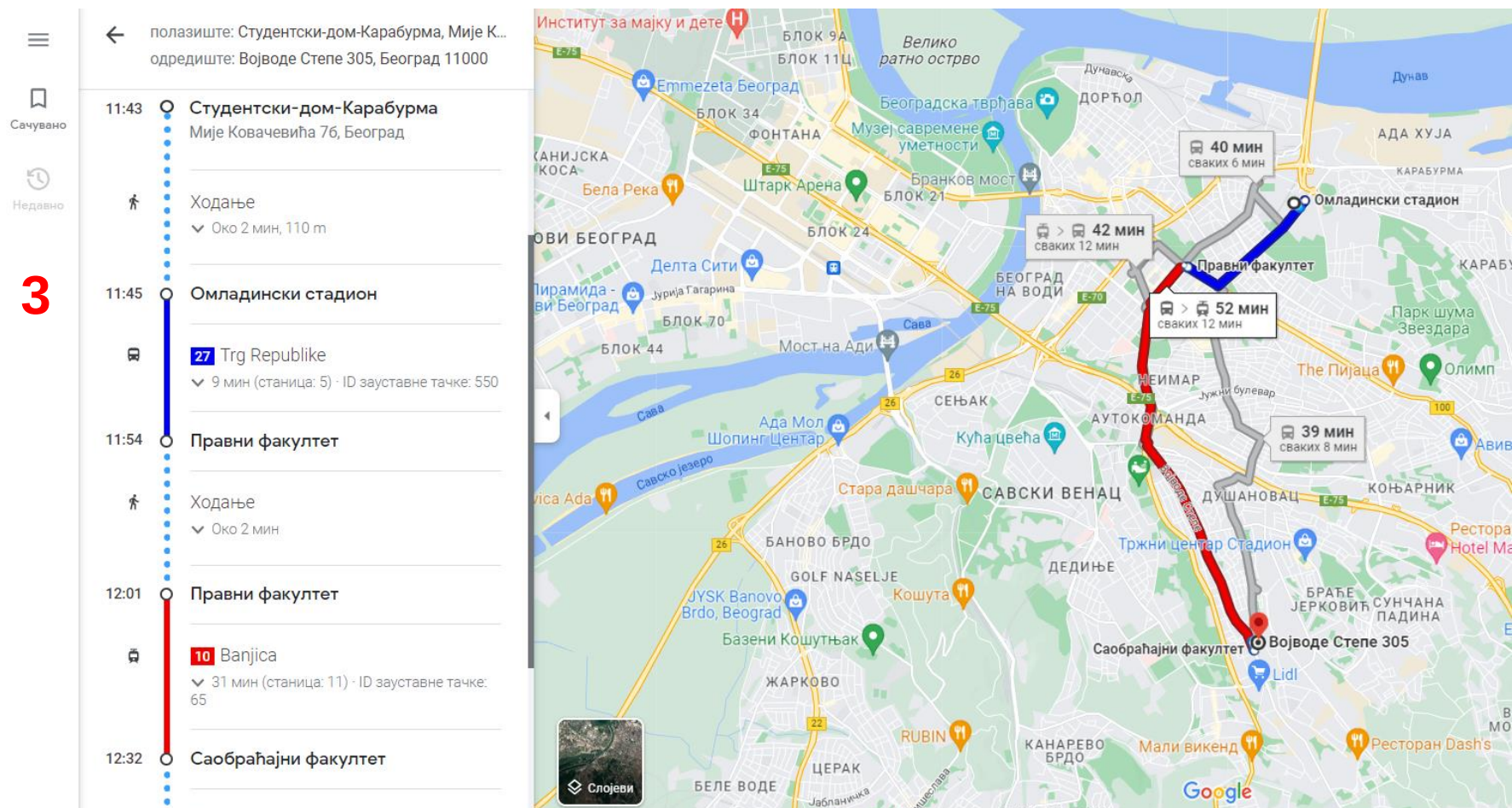
Vreme putovanja:

$$T_{put} = \sum_{i=1}^2 t_{peš_i} + \sum_{k=1}^m t_{p_k} + \sum_{k=1}^m t_{čp_k} [min]$$

PRIMER 1 – DNEVNA MIGRACIJA STUDENATA

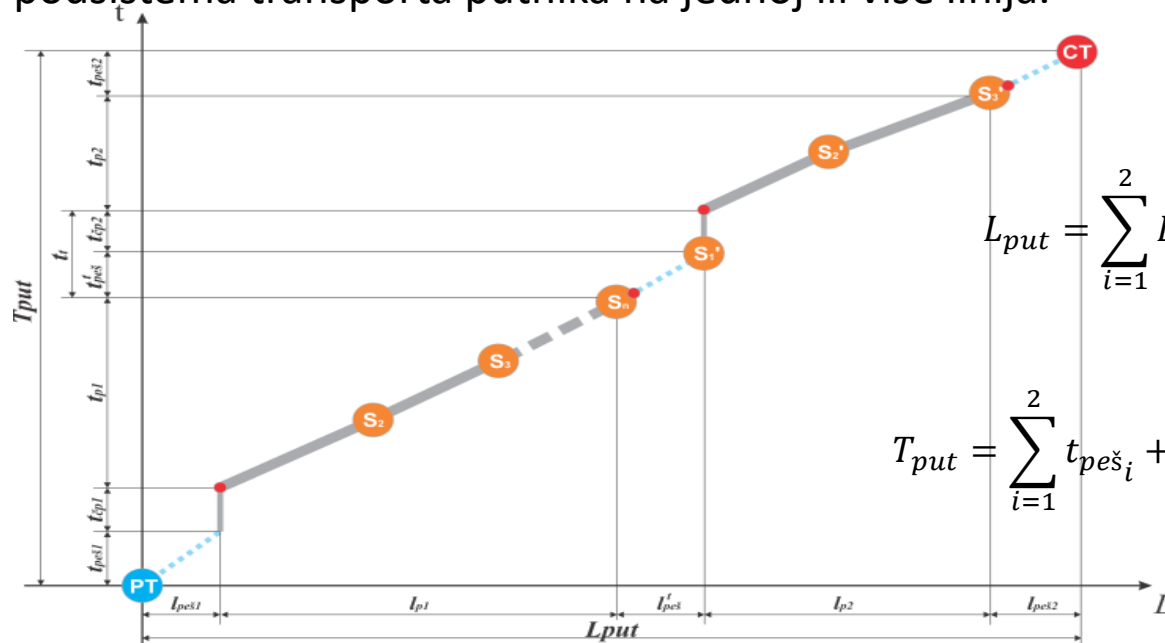
Atanasije i Jefimija su bruoši koji žive u Studentskom domu Karaburma, a studiraju na Saobraćajnom fakultetu. Svakog dana imaju potrebu da dođu na fakultet u 8:00, i da se vrate u 16:00.

Kako mogu da dođu do fakulteta koristeći javni gradski transport?



TRANSPORTNE POTREBE - Putovanje

SLOŽENIM PUTOVANJEM se naziva kretanje “od vrata do vrata”, odnosno od početne do ciljne tačke putovanja, bez posećivanja drugih ciljnih tačaka, koje se obavlja sa jednim ili više podsistema transporta putnika na jednoj ili više linija.



● **PT** - Početna tačka putovanja
 ● **S** - Stajalište JMTP
 ● - Tačka ulaska/izlaska
 ● **CT** - Ciljna tačka putovanja
--- - Pešačenje putnika
--- - Čekanje putnika
--- - Prevoz putnika

Dužina putovanja:

$$L_{put} = \sum_{i=1}^2 L_{peš_i} + \sum_{k=1}^m L_{p_k} + \sum_{j=1}^{m-1} L_{ps_j} [m]$$

Vreme putovanja:

$$T_{put} = \sum_{i=1}^2 t_{peš_i} + \sum_{k=1}^m t_{p_k} + \sum_{k=1}^m t_{čp_k} + \sum_{j=1}^{m-1} t_{ps_j} [min]$$

$t_{peš}$ – vreme pešačenja do ulaska/izlaska u sistem

t_i – vreme čekanja vozila određenog vida

t_v – vreme vožnje između stajališta

t_z – vreme zadržavanja vozila na stajalištu

t_{ps} – vreme pešačenja pri presedanju

t_{ps} – vreme presedanja (transfera)

T_p – ukupno vreme prevoza

T_{put} – ukupno vreme putovanja

$l_{peš}$ – dužina pešačenja do ulaska/izlaska u sistem

l_v – dužina vožnje između stajališta

l_{ps} – dužina pešačenja pri presedanju

L_p – ukupna dužina prevoza

L_{put} – ukupna dužina putovanja

TRANSPORTNE POTREBE– Srednja dužina putovanja

Za jedan grad i sistem javnog masovnog transporta putnika, pojedinačne vrednosti l_v , t_v , l_{put} , t_{put} su slučajne veličine.

Srednja dužina putovanja (l_{put}) u sistemu javnog gradskog transporta putnika (na mreži linija), predstavlja srednju vrednost rastojanja koju pređe prosečan putnik od početne tačke putovanja (PT) do ciljne tačke putovanja (CT) koristeći sistem javnog transporta putnika.

Srednja dužina putovanja zavisi od veličine grada i njegove stukture i prilagođenosti mreže linija sistema “linijama želja” korisnika.

$$l_{put} = \frac{\sum_{k=1}^{n_k} l_{put,k} \cdot P_k}{\sum_{k=1}^{n_k} P_k}$$

gde je:

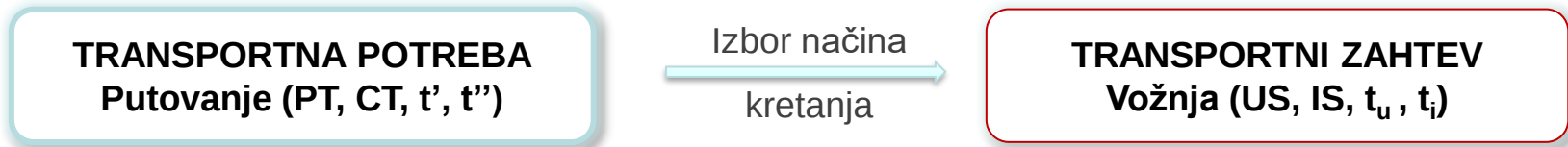
$l_{put,k}$ - dužina putovanja k-te klase dužina,

P_k - broj putnika čija je dužina putovanja bila $l_{put,k}$

Za utvrđivanje srednjih vrednosti dužine putovanja (l_{put}), neophodno je sprovesti istraživanja u realnom sistemu javnog transporta putnika, koristeći specijalne metode istraživanja - **anketu korisnika** na osnovu kojih se dobijaju raspodele verovatnoća realizacija pojedinih vrednosti osnovnih parametara putovanja u sistemu, a zatim se srednje vrednosti izračunavaju primenom statističkih metoda.

TRANSPORTNI ZAHTEVI

TRANSPORTNE POTREBE se IZBOROM NAČINA KRETANJA, odnosno VIDA (PODSISTEMA) TRANSPORTA transformišu u TRANSPORTNE ZAHTEVE.

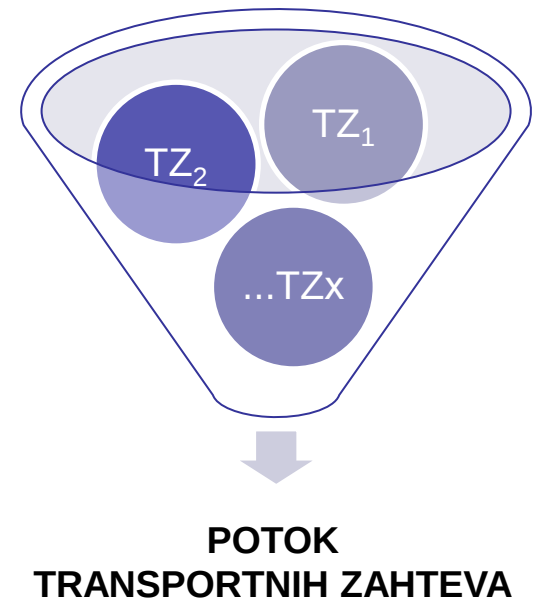


Osnovne veličine kojima se opisuju transportni zahtevi prostoru i vremenu su:

- ulazna tačka u sistem (stajalište) - (US)
- izlazna tačka iz sistema (stajalište) - (IS)
- vreme ulaska u sistem JGTP (vozilo) - (t_{ul})
- vreme izlaska iz sistema JGTP (vozila) - (t_{iz})

Pojedinačni zahtevi za transportom se kumuliraju i formiraju **potok transportnih zahteva**.

Veličina koja karakteriše potok transportnih zahteva zove se **protok putnika (Z)**.



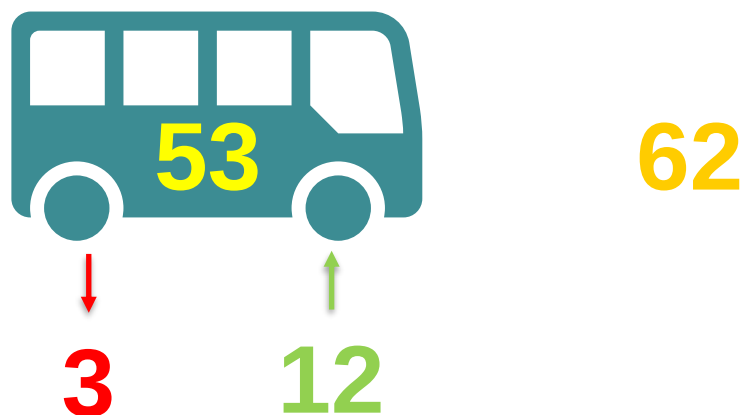
Radi jednostavnijeg shvatanja problema razmotrimo proces nastanka transportnih zahteva u određenim uslovima:

- Posmatrajmo liniju koja ima nezavisnu trasu (tip trase “A”),
- Posmatrajmo proces nastanka transportnih zahteva u jednom smeru linije (sm)
- Posmatrajmo proces nastanka transportnih zahteva u periodu vremena (TS) kada vlada stacionarno stanje (period stacionarnosti) i koje je kraće od vremena funkcionisanja (TF) linije, odnosno $TS < TF$,
- U periodu stacionarnosti svi ispostavljeni zahtevi su i realizovani, dakle nema otkazanih zahteva, odnosno uslovno rečeno svi zahtevi su “strpljivi”.

PRIMER 2 – AUTOBUSKA LINIJA

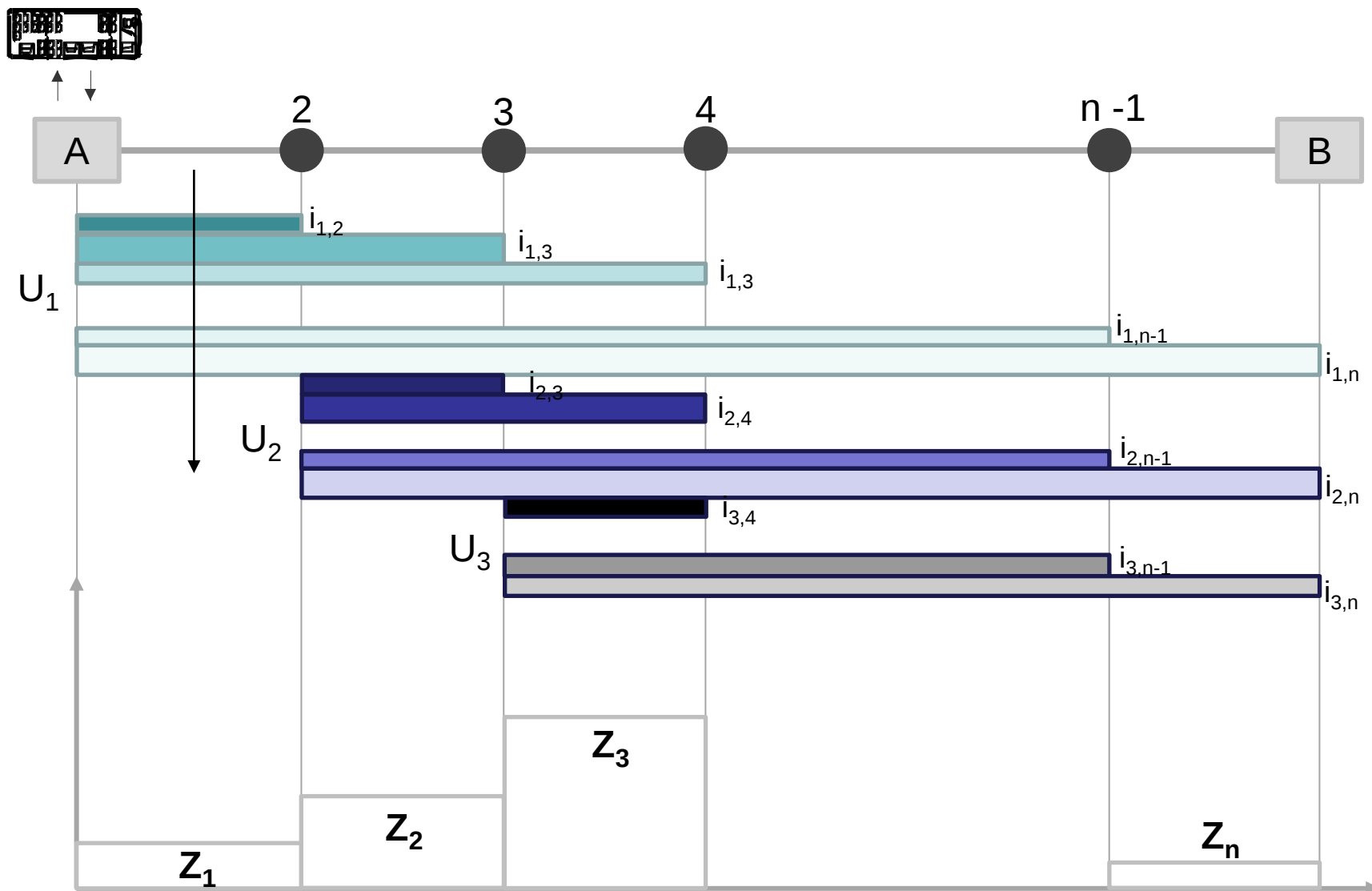
Autobus na liniji 33 dolazi na stajalište Saobraćajni fakultet. U vozilu se trenurno nalazi 53 putnika. Na stajalištu Saobraćajni fakultet u vozilo ulazi 12 putnika, dok iz njega izlaze 3 putnika.

Koliko putnika ima u vozilu kada vozač zatvori vrata i krene sa stajališta?



$$53+12-3=63$$

PROCES NASTANKA TRANSPORTNIH ZAHTEVA



TRANSPORTNI ZAHTEVI

Broj zahteva za transportom na određenoj stanici može izraziti preko sledećih modela:

na stanici (1): $Z_1 = U_1 - I_1 = U_1$

na stanici (2) $Z_2 = U_1 + U_2 - i_{12}$

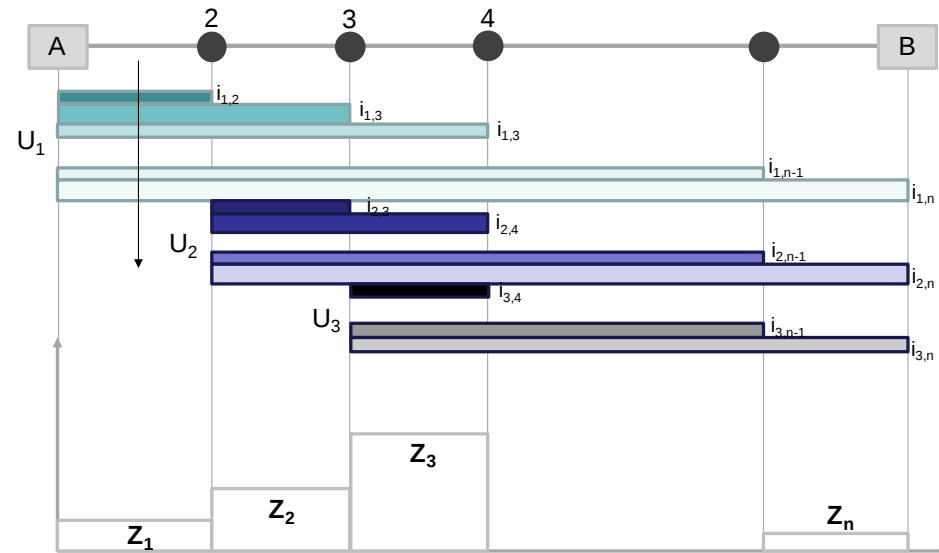
na stanici (3): $Z_3 = U_1 + U_2 + U_3 - i_{12} - i_{13} - i_{23}$

⋮

⋮

na stanici (k): $Z_k = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_k - i_{12} - i_{13} - \dots - i_{1k} - i_{23} - i_{24} - \dots - i_{2k} - \dots - i_{k-1,k}$

na stanici (n): $Z_k = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_k + \dots + U_n - i_{12} - i_{13} - \dots - i_{1n} - i_{23} - \dots - i_{2n} - \dots - i_{k,n} - \dots - i_{n-1,n}$



Proces nastanka transportnih zahteva

PROCES NASTANKA TRANSPORTNIH ZAHTEVA

Ako se izvrši smena: $I_2 = i_{12}$

gde I_2 predstavlja ukupan broj putnika koji izlazi na stanici 2, i dalje na ostalim stanicama:

$$I_3 = i_{13} + i_{23}$$

$$I_k = i_{1k} + i_{2k} + i_{3k} + \dots + i_{k-1,k} = \sum_{s=1}^{k-1} i_{s,k}$$

$$I_n = i_{1n} + i_{2n} + i_{3n} + \dots + i_{n-1,n} = \sum_{s=1}^{n-1} i_{s,n}$$

Dobija se:

na stanici (1): $Z_1 = U_1 - I_1 = U_1$

na stanici (2): $Z_2 = U_1 + U_2 - I_2 = Z_1 + (U_2 - I_2)$

na stanici (3): $Z_3 = U_1 + U_2 + U_3 - I_2 - I_3 = Z_2 + (U_3 - I_3)$

PROCES NASTANKA TRANSPORTNIH ZAHTEVA

na stanici (k):

$$Z_k = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_k - I_2 - I_3 - \dots - I_k = Z_{k-1} + (U_k - I_k)$$

na stanici (n):

$$Z_n = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_k + \dots + U_n - I_2 - I_3 - I_k - \dots - I_n = Z_{n-1} + (U_n - I_n)$$

Iz jednačina se vidi da transportni zahtevi na liniji zavise od veličina $U_1, U_2, \dots, U_n$, koje predstavljaju broj putnika koji hoće da uđe u vozila na stanici (s) ili kraće rečeno: **broj ulazaka na stanici (s): U_s**

i veličina $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$, koji predstavlja broj putnika koji hoće da izađe na stanici (s) ili jednostavno rečeno: **broj izlazaka na stanici (s): I_s**

PROTOK PUTNIKA

Pojedinačni zahtevi za transportom se duž linije kumuliraju, a broj zahteva za transportom (k), kako se napred navedenih modela vidi, zavisi od kumulanti (sume) ulazaka i izlazaka putnika po stanicama duž linije odnosno:

$$Z_{sm,k,v} = \sum_{s=1}^k U_{sm,s,v} - \sum_{s=1}^k I_{sm,s,v}$$

[putnika/voz] ili [putnika/čas] ili [putnika/dan]

$$Z_{sm,k,v} = Z_{sm,k-1,v} + (U_{sm,k,v} - I_{sm,k,v})$$

Veličina $Z_{sm,k,v}$ predstavlja intenzitet potoka zahteva na stanici (k) i naziva se **PROTOK PUTNIKA**.

PROTOK PUTNIKA predstavlja broj prevezenih putnika koji se u jedinici vremena preveze kroz karakterističnu tačku (presek) u jednom smeru linije javnog masovnog transporta putnika.

TRANSPORTNI ZAHTEVI NA LINIJI predstavljaju skup transportnih zahteva u posmatranom periodu vremena ispostavljenih na pojedinim stanicama u oba smera linije i izražavaju se višedimenzionim vektorom, odnosno matricom:

$$Z_{sm,s} = \{ Z_{1,1}, Z_{1,2}, \dots, Z_{1,k}, Z_{1,n1}, Z_{2,1}, Z_{2,2}, \dots, Z_{2,k}, \dots, Z_{2,n2} \}$$

TRANSPORTNI ZAHTEVI – PROMENA TRANSPORTNIH ZAHTEVA U VREMENU

Da bi se definisale **karakteristike transportnih zahteva u vremenu** neophodno opisati proces nastanka u vremenu.

Na proces nastanka transportnih zahteva na liniji i njegove karakteristike u vremenu utiče veliki broj faktora između kojih:

- Karakteristike područja grada koje sistem opslužuje,
- Broj i karakteristike aktivnosti korisnika,
- Sezone u toku godine karakteristične po specifičnim aktivnostima stanovnika,
- Položaj i rang linije u mreži,
- tip Linije,
- Karakteristike linije i parametri kvaliteta funkcionisanja (intervali, pouzdanost)
- Projektovani kvalitet usluge, itd.

TRANSPORTNI ZAHTEVI – PROMENA TRANSPORTNIH ZAHTEVA U VREMENU

Međutim, jedni od najznačajnijih faktora koji utiču na veličinu transportnih zahteva su:

- Broj i raspodela aktivnosti stanovnika, a naročito zaposlenih kao najmobilnije kategorije korisnika.
- Sezone u toku godine karakteristične po specifičnim aktivnostima stanovnika (sezona godišnjih odmora, sezona aktivnosti vezanih za završetak kalendarske godine itd.).

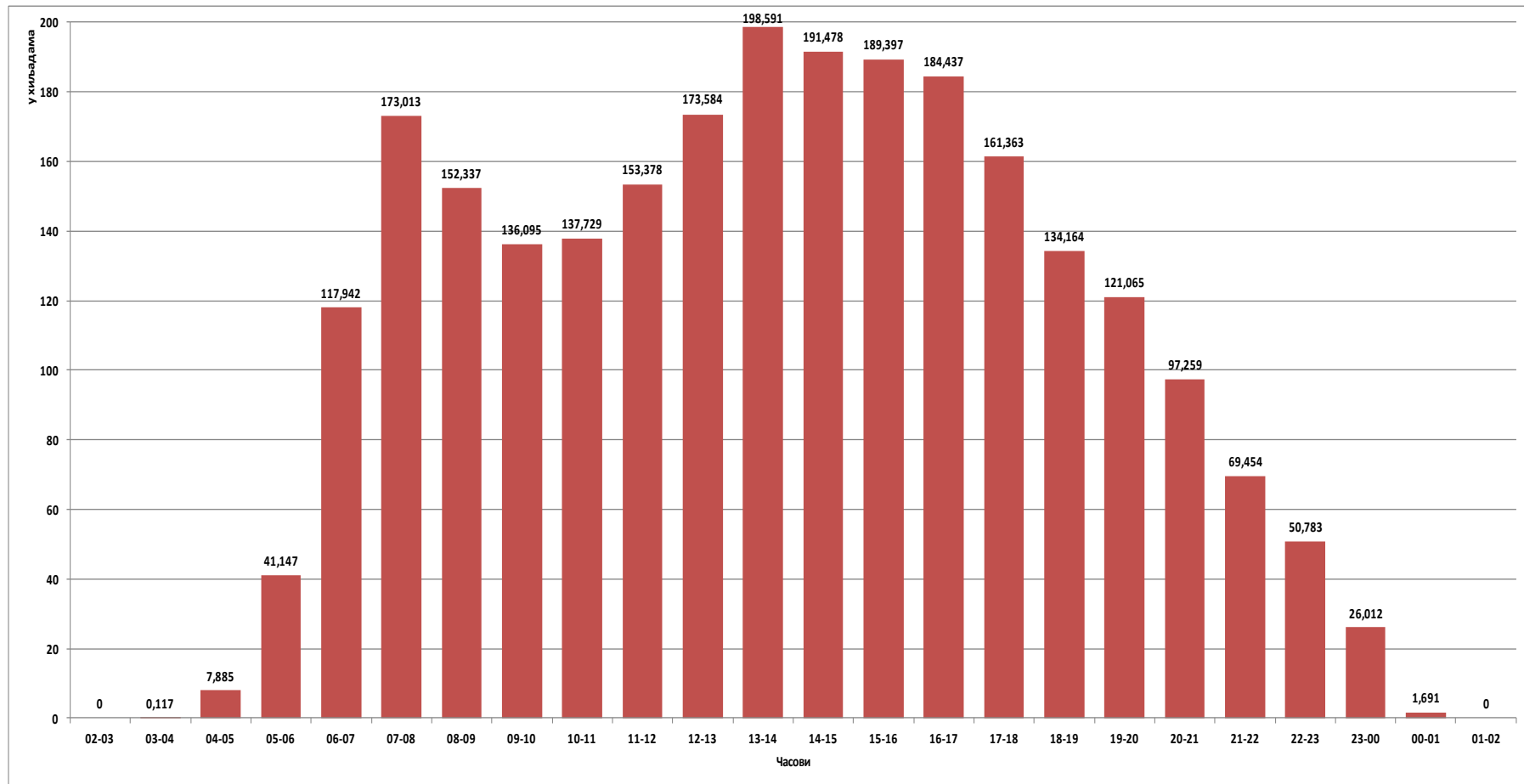
Osnovni period vremena u kome treba istražiti karakteristike transportnih zahteva na liniji - **DAN**.

U danima sa različitim režimom aktivnosti korisnika, razlikuju se različite slučajne funkcije transportnih zahteva, kako po karakteristikama potoka zahteva tako i po intenzitetu.

Ako se uzme da su u pogledu režima aktivnosti korisnika, u našim uslovima karakteristični: radni dan, subota i nedelja onda se sa aspekta upravljanja linijom: određivanja optimalnih resursa i planiranja reda vožnje, neophodno istražiti karakteristike slučajne funkcije transportnih zahteva na liniji za **radni dan, subotu i nedelju**.

PROMENE TRANSPORTNIH ZAHTEVA U VREMENU

NERAVNOMERNOSTI TRANSPORTNIH ZAHTEVA U TOKU DANA

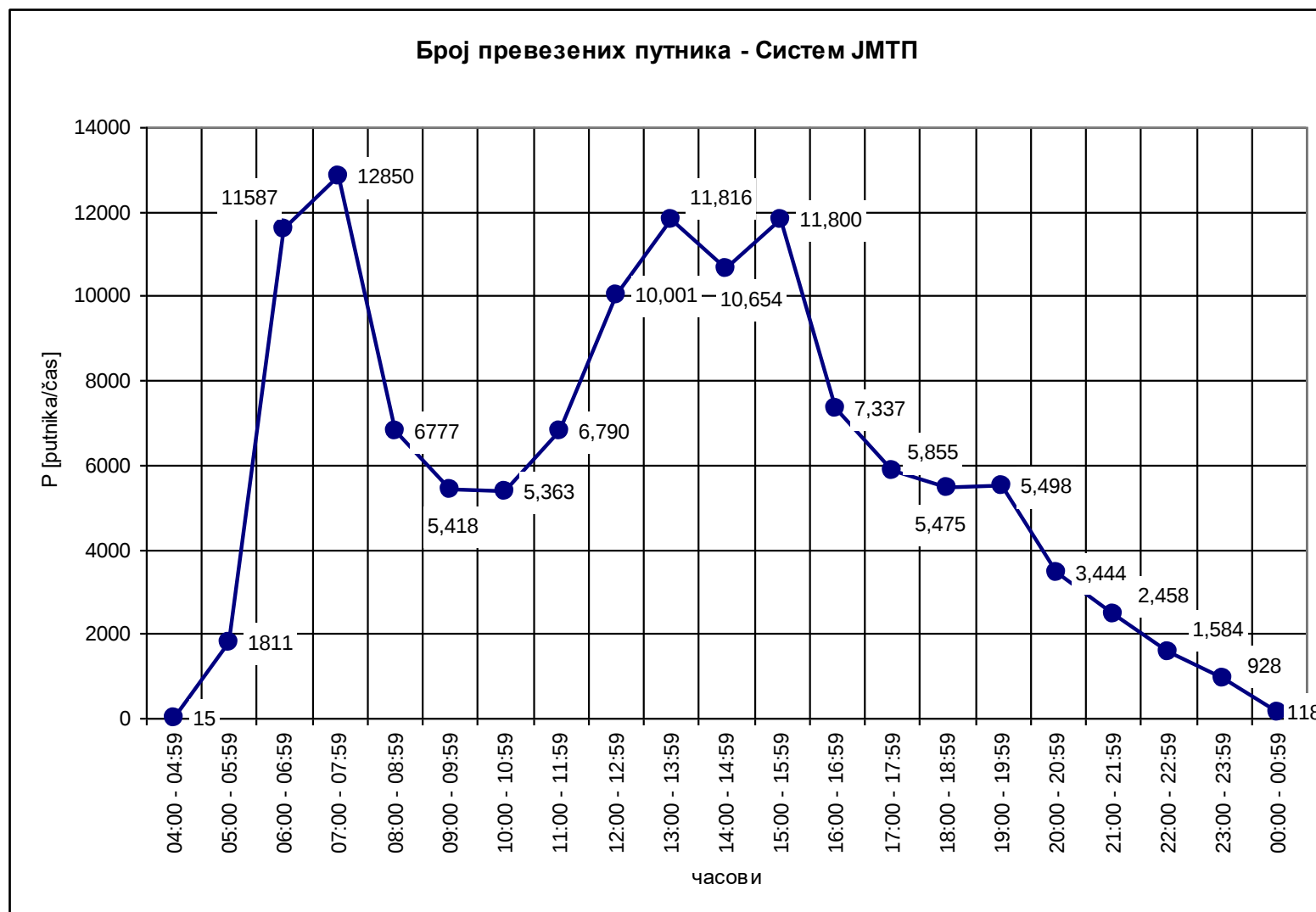


Izvor: Tica i ostali, Studija brojanja putnika u javnom prevozu i anketa korisnika javnog prevoza, 2014., Institut Saobraćajnog fakulteta

Slika. Promena transportnih zahteva u toku **radnog dana**: ITS sistem u Beogradu

PROMENE TRANSPORTNIH ZAHTEVA U VREMENU

NERAVNOMERNOSTI TRANSPORTNIH ZAHTEVA U TOKU DANA

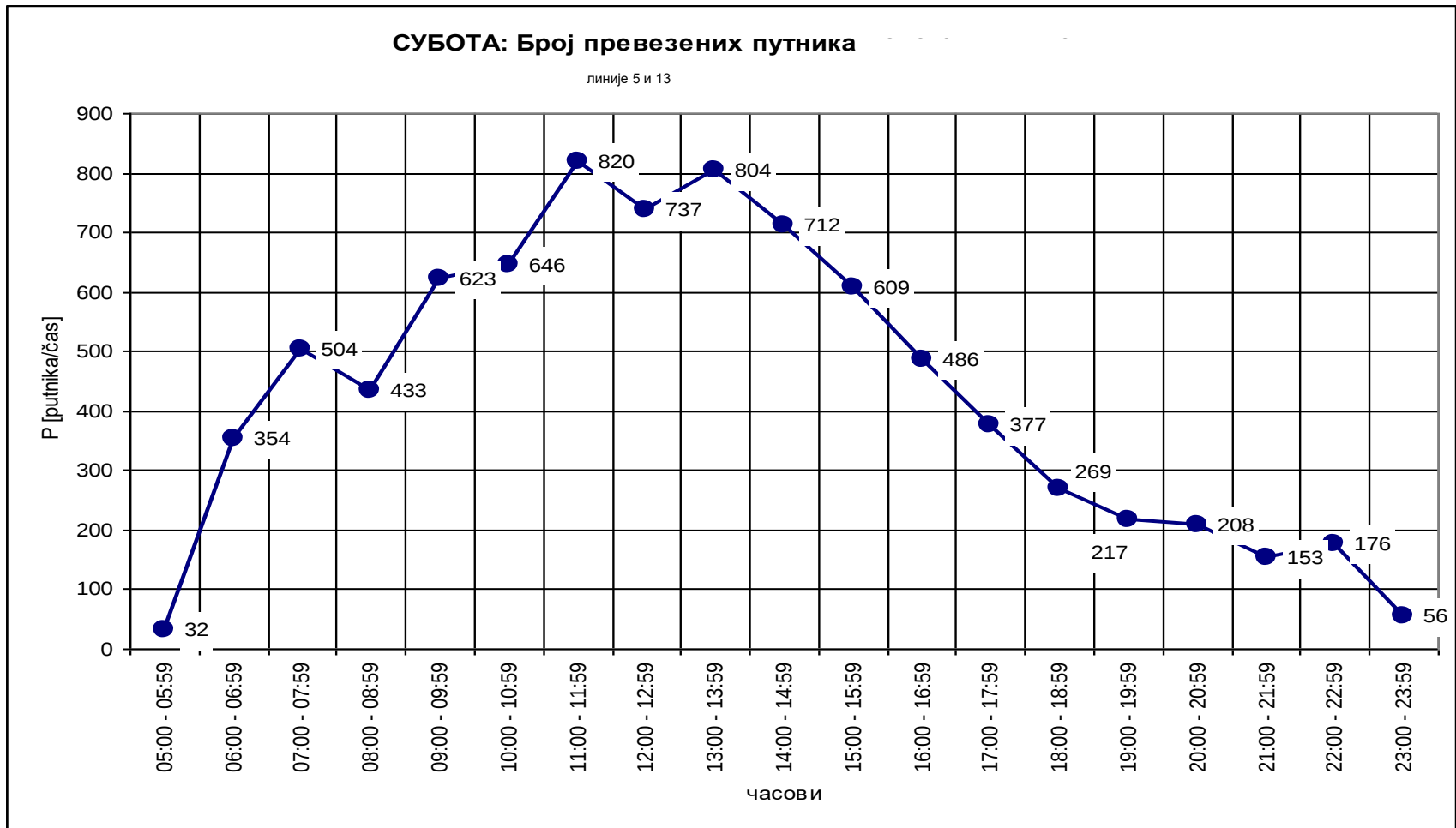


Izvor: S. Filipović, S. Gavrilović, P. Živanović, B. Milovanović, Studija JGPP Niš, ISF, Beograd 2007.

Slika. Promena transportnih zahteva u toku **radnog dana**: sistem JMTP u Nišu

PROMENE TRANSPORTNIH ZAHTEVA U VREMENU

NERAVNOMERNOSTI TRANSPORTNIH ZAHTEVA U TOKU DANA

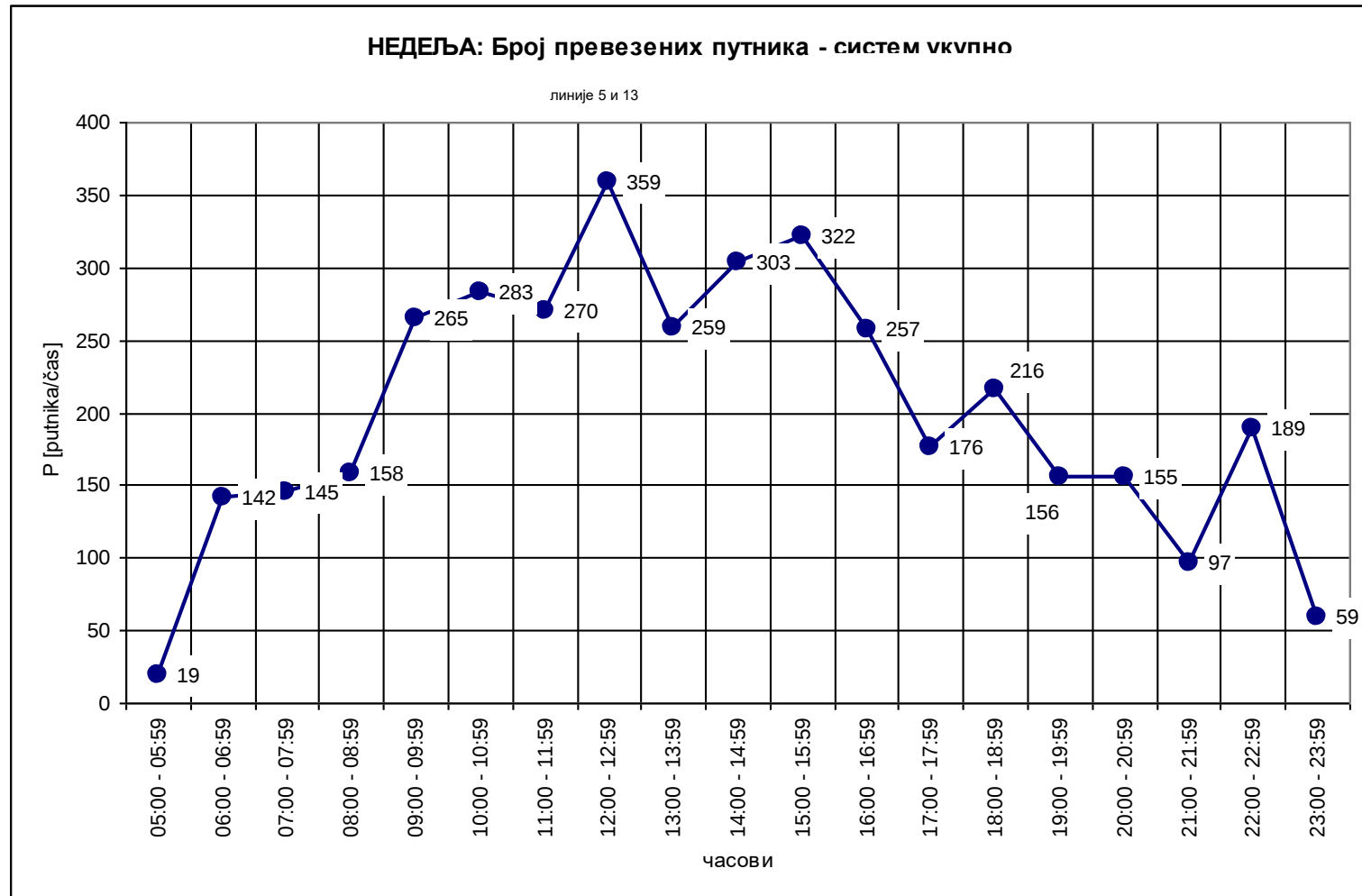


Izvor: S. Filipović, S. Gavrilović, P. Živanović, B. Milovanović, Studija JGPP Niš, ISF, Beograd 2007.

Slika. Promena transportnih zahteva u toku **subote**: sistem JMTP u Nišu

PROMENE TRANSPORTNIH ZAHTEVA U VREMENU

NERAVNOMERNOSTI TRANSPORTNIH ZAHTEVA U TOKU DANA



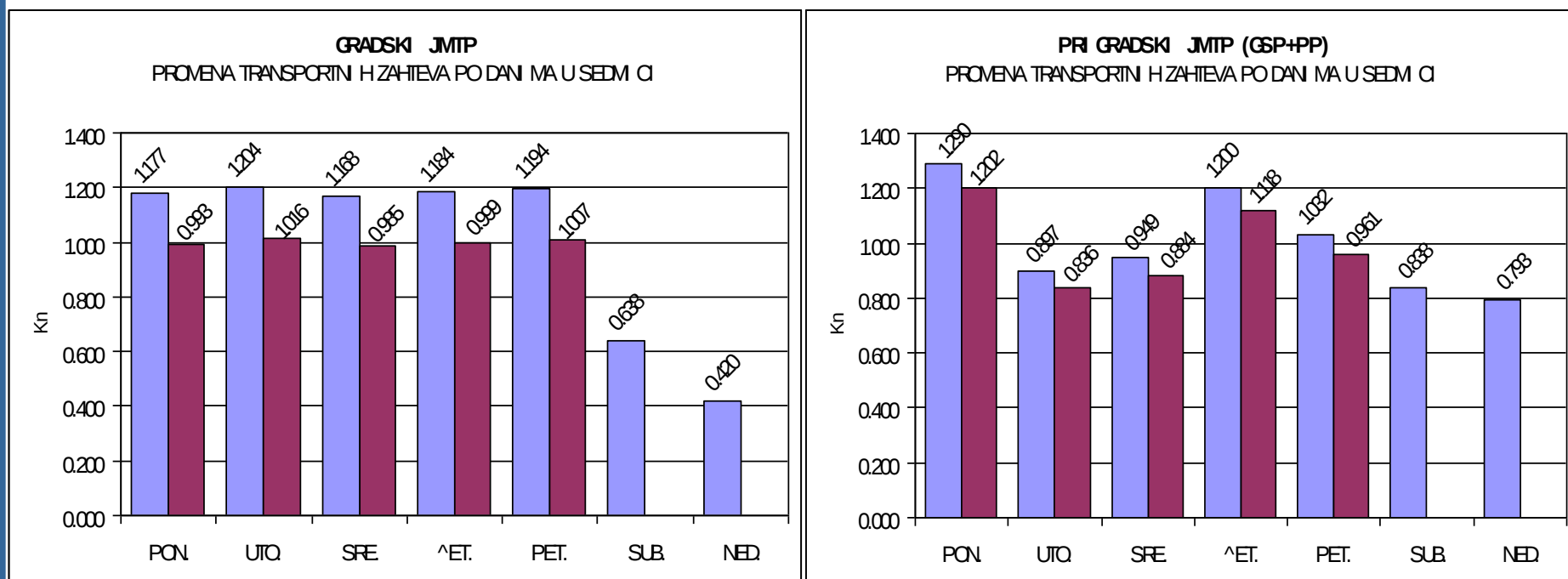
Izvor: S. Filipović, S. Gavrilović, P. Živanović, B. Milovanović, Studija JGPP Niš, ISF, Beograd 2007.

Slika. Promena transportnih zahteva u toku **nedelje**: sistem JMTP u Nišu

PROMENE TRANSPORTNIH ZAHTEVA U VREMENU

NERAVNOMERNOSTI TRANSPORTNIH ZAHTEVA U TOKU SEDMICE

Napred je već rečeno, da je slučajna funkcija transportnih zahteva u različitim karakterističnim danima (radni dan, subota, nedelja) različita ne samo po obliku već i po intenzitetu, što je prikazano na slikama:



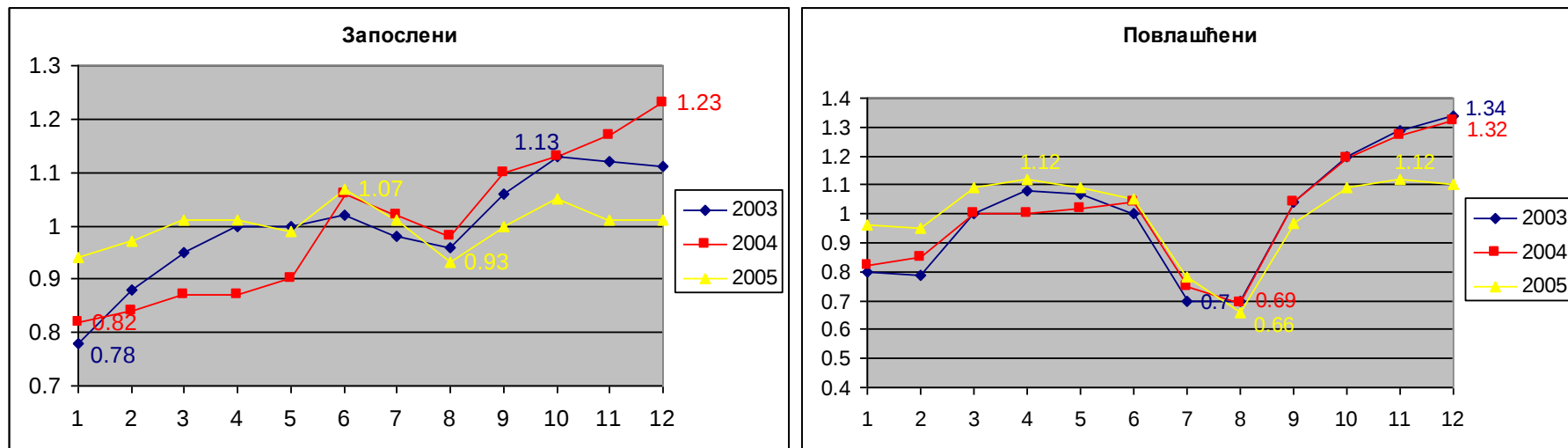
Izvor: S.Filipović S. Tica i saradnici, Istraživanje karakteristika transportnih zahteva, transportne ponude, Efikasnosti i kvaliteta sistema JMT u Beogradu, Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd 2001

Slika. Promene transportnih zahteva po danima u sedmici – a) Gradske linije JMT, b) Prigradske linije JMT

PROMENE TRANSPORTNIH ZAHTEVA U VREMENU

NERAVNOMERNOSTI TRANSPORTNIH ZAHTEVA U TOKU GODINE

Promene transportnih zahteva po sezonama u toku godine, prikazana je na slici sledećoj slici



Slika: Mesečni indeksi neravnomernosti u prodaji karata u sistemu u Beogradu – pretlatne karte

Imajući u vidu sve napred izloženo, proizilazi da je sa aspekta upravljanja linijom, osnovni (merodavni) period u kome treba definisati transportne zahteve je **DAN**, pri čemu je neophodno istražiti i definisati transportne zahteve za:

- **KARAKTERISTIČNI DAN (RADNI DAN, SUBOTA, NEDELJA)**
- **SVAKU KARAKTERISTIČNU SEZONU U GODINI**

PROMENE TRANSPORTNIH ZAHTEVA U TOKU DANA

Proces nastanka transportnih zahteva na liniji u toku dana je veoma složen sa karakteristikama **nehomogenosti** i **nestacionarnosti**, koji je moguće opisati slučajnom funkcijom.

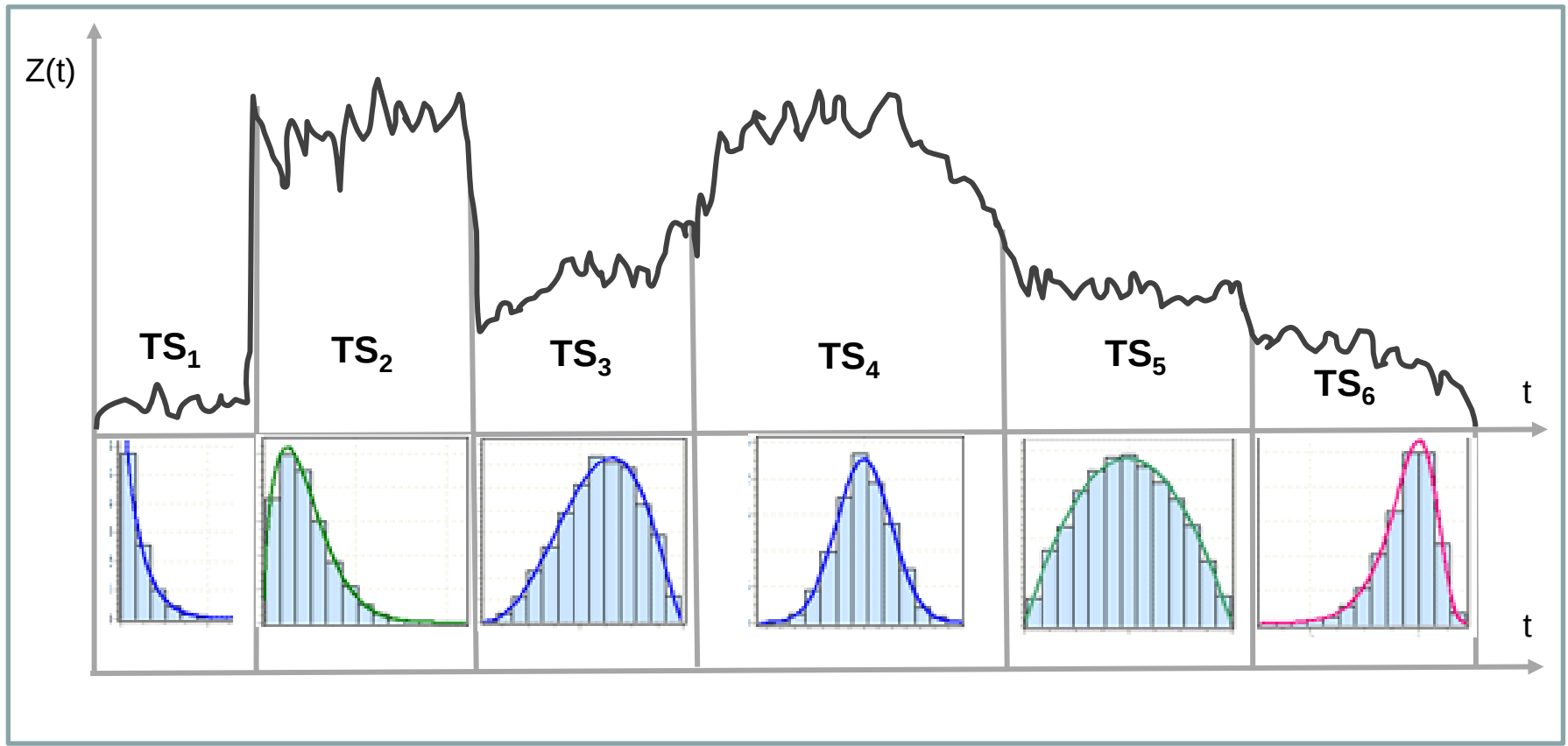
U toku dana postoje periodi vremena $TS_p \leq TF$ ($p=1,2,\dots f$) u kojima proces nastanka zahteva na liniji teče približno homogeno, a realizacije zahteva pokazuju samo slučajna odstupanja oko srednje vrednosti, bez tendencije bitnih izmena u vremenu. U takvim periodima vremena $TS_p \leq TF$ *slučajna funkcija zahteva* postaje *slučajna promenljiva* sa procesom nastanka koga karakterišu:

- **stacionarnost,**
- **homogenost,**
- **kontinuiranost i**
- **odsustvo posledica.**

U skladu sa iznešenim, transportne zahteve na liniji u toku dana moguće je definisati preko izmeritelja transportnih zahteva niza perioda stacionarnosti $TS_p \leq TF$, u kojima se može uzeti da vlada stacionarno stanje, gde **veličina zahteva ne zavisi od momenta nastanka nego samo od dužine perioda posmatranja.**

PROMENE TRANSPORTNIH ZAHTEVA U TOKU DANA

Transformisanje slučajne funkcije transportnih zahteva na liniji u toku dana $Z(t)$, u niz slučajnih promenljivih: Z_p ($p=1,2,\dots, f$) periodima stacionarnosti TS_p , sa karakterističnim raspodelama r_p i parametrima raspodela: a_{ip} , prikazano na slici.



Promene transportnih zahteva u toku dana (Filipović, 1989.)

PROMENE TRANSPORTNIH ZAHTEVA U TOKU DANA

Na tipičnim linijama, postoji najčešće **šest** karakterističnih perioda stacionarnosti u toku dana:

- Period jutarnjeg opterećenja - početak rada linije (TS_1),
- Period jutarnjeg vršnog opterećenja - jutarnji vršni čas (TS_2),
- Period prepodnevno opterećenja - prepodnevno međuvršno opterećenje (TS_3),
- Period popodnevnog vršnog opterećenja - popodnevni vršni čas (TS_4),
- Period popodnevnog opterećenja - popodnevno međuvršnoopterećenje (TS_5),
- Period završetka rada linije (TS_6).

PROMENE TRANSPORTNIH ZAHTEVA U VREMENU

Na osnovu napred rečenog, kao i prikaza na slici, proizilazi da se definisanje karakteristika transportnih zahteva na liniji JMTP u referentnom vremenu treba izvesti u dva koraka:

KORAK 1. - Definisanje granica perioda stacionarnosti: $TS_p \leq TF$

KORAK 2. - Definisanje karakteristika transportnih zahteva za svaki period stacionarnosti TS_p ,

Za definisanje granica perioda stacionarnosti koristi se:

- **METOD VERIFIKACIJE HIPOTEZA**
- **EMPIRIJSKI METOD** - pomoću **dijagrama - tabele maksimalnih** vrednosti transportnih zahteva - **protoka putnika** po časovima ili obrtima u toku dana.

Definisanje karakteristika transportnih zahteva, tj. homogenizaciju skupa realizacija $z_{sm,v,s}$ moguće je na dva načina:

1. **STOHAISTIČKOM METODOM** - **svođenjem transportnih zahteva $z_{sm,v,s}$ na jedinične i korigovane časovne vrednosti transportnih zahteva**
2. **DETERMINISTIČKOM METODOM** - **svođenjem transportnih zahteva $z_{sm,v,s}$ na kumulativne časovne vrednosti**

PROMENE TRANSPORTNIH ZAHTEVA U VREMENU

Definisanje merodavnih transportnih zahteva – DETERMINISTIČKA METODA

1. **KORAK:** Određivanje karakteristika transportnih zahteva (protoka putnika) po smerovima, stajalištima i vozilima (obrtima).
2. **KORAK:** Određivanje časovnih vrednosti zahteva - ulazaka, izlaza i protoka putnika.
3. **KORAK:** Određivanje merodavne vrednosti zahteva – protoka putnika.

KORAK 1.

Osnovne ulazne veličine za dobijanje svih drugih karakteristika transportnih zahteva na jednoj liniji su:

- **Ulasci putnika, $u_{sm,s,v}$ [putnika/vozilu]** - broj putnika koji uđe na stanici ($s = 1, 2, \dots, n$), u vozilo ($v = 1, 2, \dots, f$) u jednom smeru linije ($sm = 1, 2$).
- **Izlasci putnika, $i_{sm,s,v}$ [putnika/vozilu]** - broj putnika koji izađe na stanici ($s = 1, 2, \dots, n$), u vozilo ($v = 1, 2, \dots, f$) u jednom smeru linije ($sm = 1, 2$).
- **Protok putnika $z_{sm,s,v}$, [putnika/obrt] ili [putnika/vozilu]** po smeru, vozilu i stanici:

$$z_{sm,k,v} = \sum_{s=1}^k u_{sm,s,v} - \sum_{s=1}^k i_{sm,s,v} = z_{sm,k-1,v} + (u_{sm,k,v} - i_{sm,k,v})$$

PROMENE TRANSPORTNIH ZAHTEVA U VREMENU

Definisanje merodavnih transportnih zahteva – DETERMINISTIČKA METODA

KORAK 2.

U drugom koraku homogenizacija se vrši svođenjem transportnih zahteva $Z_{sm,v,s}$ na časovne vrednosti zahteva i utvrđivanjem neravnomarnosti protoka putnika u toku časa.

Časovne vrednosti ulazaka, izlazaka i protoka putnika po smeru i stajalištu dobijaju se kao zbir vrednosti tih veličina po svim vozilima koja prođu u toku jednog časa, odnosno preko modela:

$$U_{sm,s} = \sum_{v=1}^f u_{sm,s,v}, [\text{putnika}/h]$$
$$I_{sm,s} = \sum_{v=1}^f i_{sm,v,s}, [\text{putnika}/h]$$
$$Z_{sm,s} = \sum_{v=1}^f z_{sm,v,s}, [\text{putnika}/h]$$

Primer 3.

Kroz stajalište Saobraćajni fakultet prošlo je 6 tramvaja na liniji 9 u kojima je bio protok, respektivno: 101 putnik, 55 putnika, 60 putnika, 132 putnika, 28 putnika i 89 putnika.

Koliko iznosi časovni protok na liniji 9 na tom stajalištu?

$$101 + 55 + 60 + 132 + 28 + 89 = 465 \text{ putnika}/h$$

PROMENE TRANSPORTNIH ZAHTEVA U VREMENU

Definisanje merodavnih transportnih zahteva – DETERMINISTIČKA METODA

Karakteristike transportnih zahteva u periodu stacionarnosti TS bile bi onda definisane skupom - **matricom realizacija maksimalnih časovnih protoka putnika**, u oba smera linije:

$$Z(TS) = \{Z_{1,\max}(t_0, t_1); Z_{2,\max}(t_1, t_2); Z_{1,\max}(t_2), Z_{2,\max}(t_2) \dots Z_{1,\max}(t_k); Z_{2,\max}(t_k) \dots\}$$

gde su: $Z_{1,\max}(t_k)$, $Z_{2,\max}(t_k)$ - maksimalni protoci putnika u smeru 1(2), u k-tom satu u toku perioda stacionarnosti, odnosno:

$$Z_{1,\max}(t_k) = \max\{Z_{1,1}(t_k), Z_{1,2}(t_k), Z_{1,3}(t_k), \dots, Z_{1,n}(t_k),\}$$

$$Z_{2,\max}(t_k) = \max\{Z_{2,1}(t_k), Z_{2,2}(t_k), Z_{2,3}(t_k), \dots, Z_{2,n}(t_k),\}$$

KORAK 3.

Ako se primenjuje **deterministički metod**, merodavni transportni zahtevi u jednom periodu stacionarnosti definišu se preko modela:

gde su:

$$Z_{mer} = \max(Z_{sm,\max}) \cdot V_n$$

$\max(Z_{sm,\max})$ - maksimalni časovni protok putnika u oba smera linije u periodu stacionarnosti

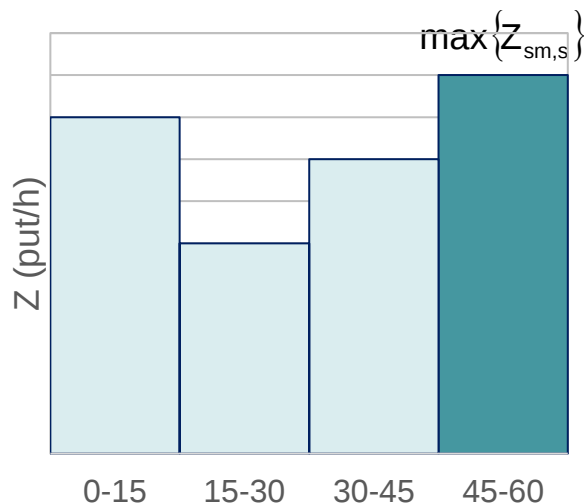
V_n - koeficijent neravnomernosti protoka u vršnom času

PROMENE TRANSPORTNIH ZAHTEVA U VREMENU

Definisanje merodavnih transportnih zahteva – DETERMINISTIČKA METODA

Koeficijent neravnomernosti protoka u vršnom času, izražava neravnomernost potoka transportnih zahteva u toku jednog sata, i dobija se kao odnos maksimalne vrednosti protoka i prosečne vrednosti protoka u 15-minutnom intervalu u toku posmatranog časa.

I) ako je interval između vozila na liniji $i \leq 5$

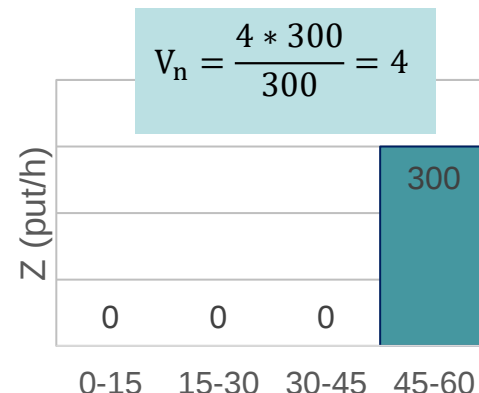
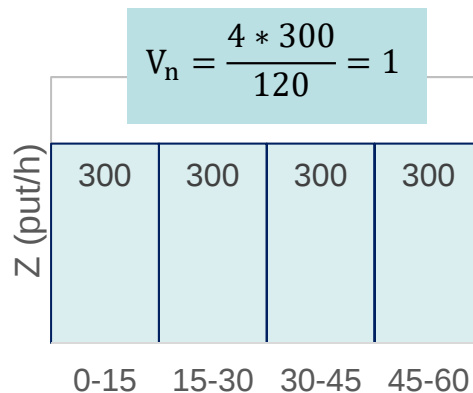


$$V_n = \frac{4 \cdot \max\{Z_{sm,s}^{15}\}}{\max\{Z_{sm,s}\}}$$

Vrednosti se kreću u intervalu:

$$1 \leq V_n \leq 4$$

Primer 4.



gde su:

$\max\{Z_{sm,s}^{15}\}$ - maksimalni 15 - minutni protok putnika na liniji, u periodu stacionarnosti,

$\max\{Z_{sm,v,s}\}$ - maksimalni protok putnika na liniji u v - tom prolazu vozila, u periodu stacionarnosti,

$\max\{Z_{sm,s}\}$ - maksimalni protok putnika u merodavnom času

PROMENE TRANSPORTNIH ZAHTEVA U VREMENU

Definisanje merodavnih transportnih zahteva – DETERMINISTIČKA METODA

Koeficijent neravnomernosti protoka u vršnom času, izražava neravnomernost potoka transportnih zahteva u toku jednog sata, i dobija se kao odnos maksimalne vrednosti protoka i prosečne vrednosti protoka u 15-minutnom intervalu u toku posmatranog časa.

II) ako je interval između vozila na liniji $i > 5$

$$V_n = \frac{f \cdot \max\{z_{sm,v,s}\}}{\max\{z_{sm,s}\}}$$

Vrednosti se kreću u intervalu:

$$1 \leq V_n \leq f$$

gde su:

$\max\{z_{sm,v,s}\}$ - maksimalni protok putnika na liniji u v - tom prolazu vozila, u periodu stacionarnosti,

$\max\{z_{sm,s}\}$ - maksimalni protok putnika u merodavnom času

f – frekvencija vozila na liniji (intenzitet potoka vozila)

Primer 3.1.

Kroz stajalište Saobraćajni fakultet prošlo je 6 tramvaja na liniji 9 u kojima je bio protok, respektivno: 101 putnik, 55 putnika, 60 putnika, 132 putnika, 28 putnika i 89 putnika.

Koliko iznosi V_n ?

$$V_n = \frac{6 \cdot 132}{465} = 1,70$$

KARAKTERISTIKE TRANSPORTNIH ZAHTEVA NA LINIJI

UKUPAN BROJ PREVEZENIH PUTNIKA

Ukupan broj prevezenih putnika (P) predstavlja sumu svih putnika koji su ušli (izašli) na svim stanicama toku jednog obrta (poluobrt) na liniji u posmatranom periodu vremena.

u smeru linije:

$$P_{sm} = \max \left\{ \sum_{s=1}^{n_{sm}} U_{sm,s} ; \sum_{s=1}^{n_{sm}} I_{sm,s} \right\} = \max \left\{ \sum_{s=1}^{n_{sm}} \sum_{v=1}^f u_{sm,v,s} ; \sum_{s=1}^{n_{sm}} \sum_{v=1}^f i_{sm,v,s} \right\}$$

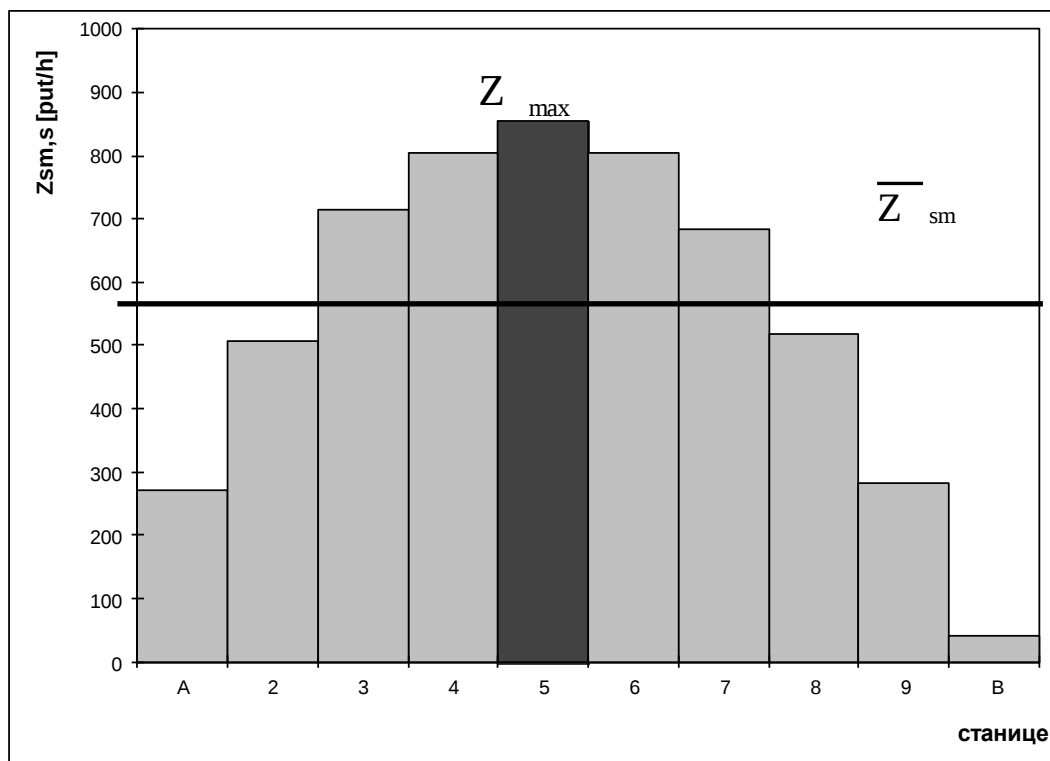
na liniji:

$$P = \sum_{sm=1}^2 P_{sm} = P_1 + P_2$$

KARAKTERISTIKE TRANSPORTNIH ZAHTEVA NA LINIJI

SREDNJA VREDNOST PROTOKA PUTNIKA

Sredna vrednost protoka putnika ($\bar{Z}$) predstavlja srednju vrednost protoka putnika koja se ostvari toku jednog obrta (poluobrta) na liniji u posmatranom periodu vremena.



u smeru linije:

$$\bar{Z}_{sm} = \frac{NTR_{sm}}{L_{sm}} = \frac{\sum_{s=1}^{n_{sm}} Z_{sm,s} \cdot l_{sm,s}}{L_{sm}}$$

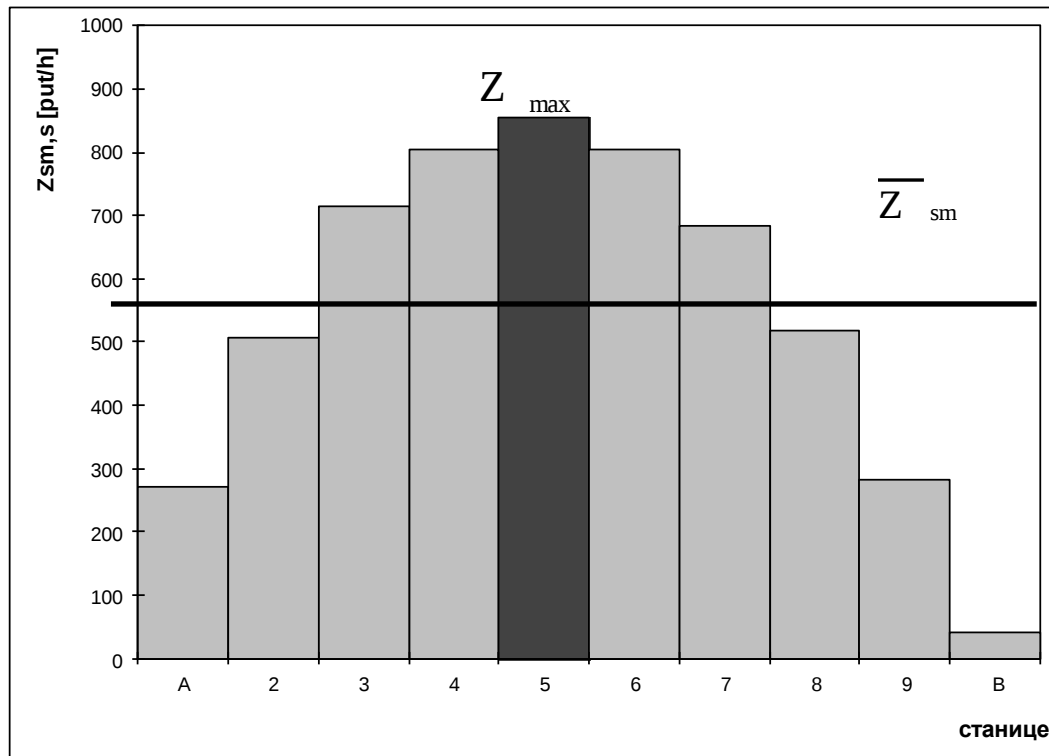
na liniji:

$$\bar{Z} = \frac{\sum_{sm=1}^2 \sum_{s=1}^{n_{sm}} Z_{sm,s} \cdot l_{sm,s}}{\sum_{sm=1}^2 L_{sm}}$$

KARAKTERISTIKE TRANSPORTNIH ZAHTEVA NA LINIJI

NERAVNOMERNOST PROTOKA PUTNIKA U PROSTORU

Neravnomernost protoka putnika u prostoru (n_p) pokazuje neravnomernost protoka putnika duž linije i predstavlja odnos između maksimalnog protoka u merodavnom času i srednje vrednosti protoka putnika toku jednog obrta (poluobrta) na liniji u posmatranom periodu vremena.



u smeru linije:

$$n_{p_{sm}} = \frac{\max\{Z_{sm,s}\}}{\bar{Z}_{sm}}$$

na liniji:

$$n_p = \frac{\sum_{sm=1}^2 \max\{Z_{sm,s}\}}{\sum_{sm=1}^2 \bar{Z}_{sm}}$$

KARAKTERISTIKE TRANSPORTNIH ZAHTEVA NA LINIJI

SREDNJA DUŽINA VOŽNJE

Srednja dužina vožnje (l_v) predstavlja srednju vrednost rastojanja na kome se preveze prosečan putnik na posmatranoj liniji ili mreži linija, odnosno prosečno rastojanje koje putnik ostvari u toku jedne vožnje.

Srednja dužina vožnje putnika na liniji i sistemu javnog gradskog transporta putnika utvrđuju se na osnovu podataka koji se dobijaju iz realnog sistema korišćenjem specijalnih metoda istraživanja u transportnom sistemu (uglavnom brojanjem putnika).

Ključni faktori od uticaja na vrednost srednje dužine vožnje na liniji i mreži sistema su **broj stanovnika** i **površina grada** koji sistem opslužuje.

Prilikom određivanja srednje dužine vožnje putnika polazi se od činjenice da se u toku posmatranog perioda rada linije ostvari transportni rad koji se izražava putnik·km.

Ovaj transportni rad se može izraziti kao proizvod ukupnog broja prevezenih putnika na liniji (sistemu) u posmatranom periodu vremena i srednje dužine vožnje (računaka vrednost), odnosno:

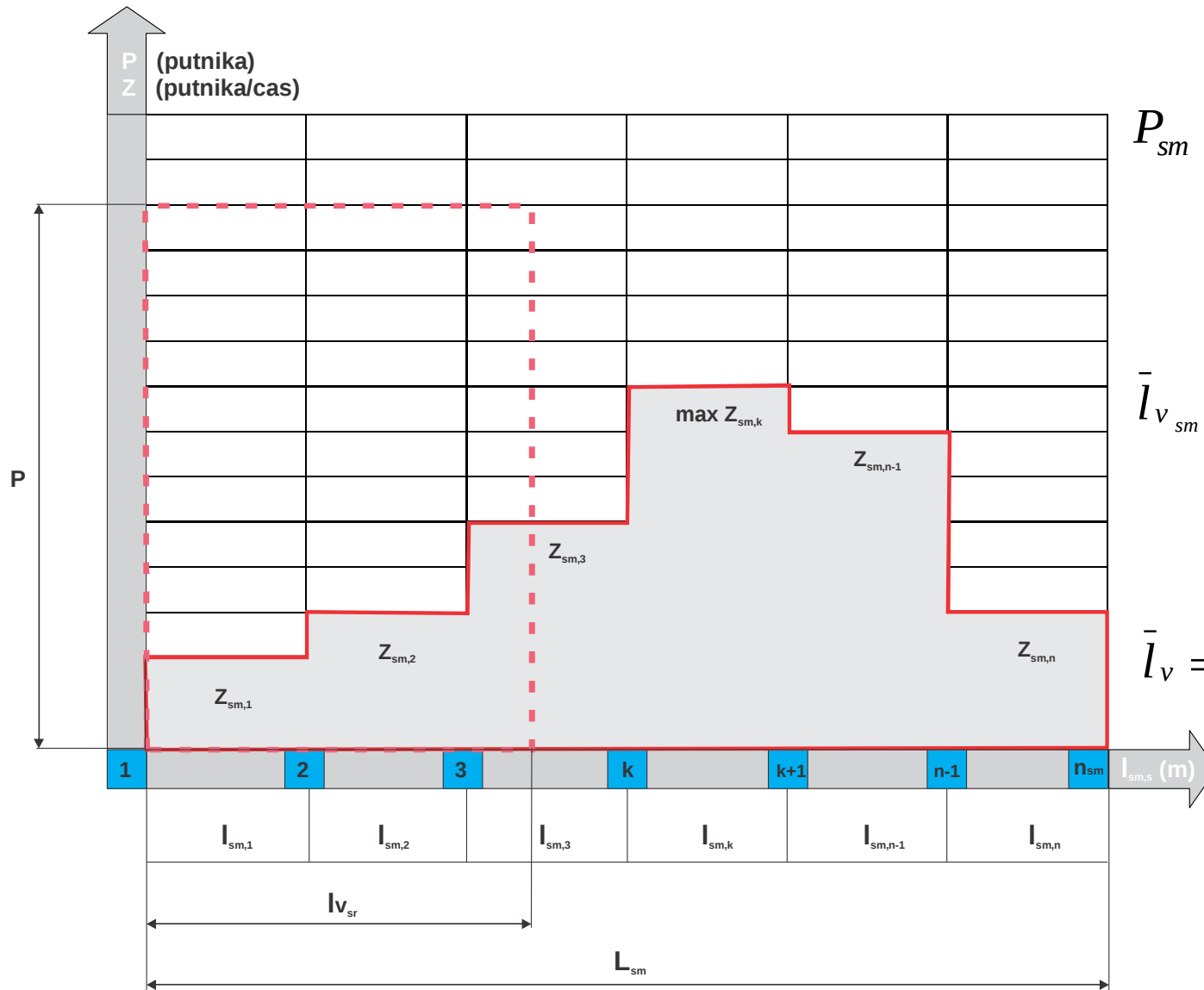
$$NTR = P_{sm} \cdot \bar{l}_{v_{sm}}$$

Sa druge strane isti transportni rad se može iskazati kao proizvod protoka putnika između stajališta u smeru linije i pripadajućih međustaničnih rastojanja, odnosno:

$$NTR = \sum_{s=1}^{n_{sm}} Z_{sm,s} \cdot l_{sm,s}$$

KARAKTERISTIKE TRANSPORTNIH ZAHTEVA NA LINIJI

SREDNJA DUŽINA VOŽNJE



$$P_{sm} \cdot \bar{l}_{v_{sm}} = \sum_{s=1}^{n_{sm}} Z_{sm,s} \cdot l_{sm,s}$$

$$\bar{l}_{v_{sm}} = \frac{\sum_{s=1}^{n_{sm}} Z_{sm,s} \cdot l_{sm,s}}{P_{sm}}$$

$$\bar{l}_v = \frac{\sum_{sm=1}^2 \sum_{s=1}^{n_{sm}} Z_{sm,s} \cdot l_{sm,s}}{\sum_{sm=1}^2 P_{sm}}$$

KARAKTRISTIKE TRANSPORTNIH ZAHTEVA NA LINIJI

KOEFICIJENT IZMENE PUTNIKA

Koeficijent izmene putnika (η) predstavlja srednji broj izmena putnika u smeru ili na celoj liniji. Pokazuje koliko se puta putnici izmene u toku jednog obrta (poluobrt) na liniji. Ovaj koeficijent pokazuje karakter linije u pogledu lokalne raspodele, priliva i odliva putnika i predstavlja odnos između ukupnog broja prevezenih putnika i maksimalnog protoka u merodavnom času.

u smeru linije: $\eta = \frac{P_{sm}}{\max\{Z_{sm,s}\}}$ najčešće: $1.3 \leq \eta \leq 1.8$

na liniji (srednja vrednost): $\eta = \frac{\sum_{sm=1}^2 P_{sm}}{\sum_{sm=1}^2 \max\{Z_{sm,s}\}}$

Koeficijent izmene putnika (η) u funkciji srednje dužine vožnje i neravnomernosti protoka putnika u prostoru može se iskazati kao:

u smeru linije: $\eta_{sm} = \frac{L_{sm}}{l_{v_{sm}} \cdot n_{p_{sm}}}$ na liniji (srednja vrednost): $\eta_{sm} = \frac{\sum_{sm=1}^2 L_{sm}}{\overline{l_v} \cdot n_p}$

