
7. ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ САОБРАЋАЈНИХ ТОКОВА ОД ЗНАЧАЈА ЗА АНАЛИЗУ КАПАЦИТЕТА И НИВОА УСЛУГЕ

У анализи услова саобраћаја на путној мрежи најбитнију улогу имају три основна - базна параметра саобраћајног тока о којима је било доста речи у предходним поглављима:

- ПРОТОК ВОЗИЛА
- БРЗИНА ТОКА
- ГУСТИНА ТОКА

Проток возила као основни параметар саобраћајног тока има значаја за анализу непрекинутих и повремено прекинутих саобраћајних токова.

Брзина и густина тока као основни параметри саобраћајног тока имају значаја само за анализу непрекинутих саобраћајних токова.

Неки изведени параметри тока, као што су: вредности тока изведене из 15-минутног вршног тока, растојања слеђења и интервали слеђења, такође имају значаја за анализу непрекинутих и прекинутих токова.

7.1 НЕПРЕКИНУТ ТОК

За описивање услова саобраћаја на свим функционалним деловима мрежа који служе непрекинутим токовима примарни показатељи су:

- проток возила и/или вредност протока изведена из 15-минутног вршног тока
- брзина и
- густина

Растојање слеђења и интервали слеђења директно произилазе из три примарна показатеља.

7.1.1. Проток возила и вредност протока изведена из 15-минутног вршног тока

Проток возила, или стварни проток возила и вредност протока изведена из 15-минутног вршног тока, представљају две квантитативне вредности истог показатеља које су значајне за услове саобраћаја у посматраној тачки (пресеку) на одређеној траци или путу у периоду посматраног интервала времена. Значења за показатеље стварног протока возила и протока изведеног из 15-минутног вршног тока гласе:

- Стварни проток возила је укупан број возила који пређе дату тачку (пресек) или одсек саобраћајне траке или пута у посматраној јединици времена, као што су година, дан, час и краће јединице од часа.
- Вредност протока изведена из 15-минутног вршног тока је експандирана величина стварног протока, тако што је сваком 15-минутном интервалу посматраног временског периода додељена вредност вршног 15-минутног протока. Ако стварни ПРОТОК ВОЗИЛА посматрамо у периоду часа и означимо симболом q (voz/h), тада ВРЕДНОСТ ЧАСОВНОГ ПРОТОКА ИЗВЕДЕНА ИЗ 15-минутног вршног тока q_{mer} (voz/h) износи:

$$q_{\text{mer}} = q/FVS$$

7.2. ПРЕКИНУТИ ТОК

Прекинути токови се јављају на раскрсницама у истом нивоу. Услови одвијања саобраћаја на раскрсницама у истом нивоу зависе од начина регулисања саобраћаја. Основни начини регулисања саобраћаја на раскрсницама у истом нивоу су:

- знаком стоп
- семафором и др.

За описивање стања у прекинутом саобраћајном току врши се помоћу следећих показатеља:

- проток возила и/или вредност протока изведена из 15-минутног вршног тока
- величине засићеног тока и/или интервала слеђења при одласку са семафорисане раскрснице(растурање реда)
- расположивих (прихватљивих) интервала слеђења у конфликтном току
- временских губитака

7.3. КАРАКТЕРИСТИКЕ САОБРАЋАЈНИХ ТОКОВА

Интензитет саобраћаја варира како у простору тако и у времену. Те варијације су критичне детерминанте у начину коришћења путева и утичу на многа питања која се тичу планирања и пројектовања путева, како би што адекватније служили захтевима саобраћаја.

Како обим саобраћаја нема исту расподелу током дана, саобраћајнице су често пројектоване тако да одговоре на захтеве највећег саобраћајног тока или тзв. "шпица", који се одвија у кратким интервалима од петнаест минута или једног часа. Током осталог периода путеви су често недовољно

искоришћени. Исто тако, расподела саобраћајног тока није иста на расположивим тракама или смеровима на одређеној саобраћајници. Неравномерност саобраћајних токова у времену и простору доводи до неефикасне употребе расположивих путних пропусних капацитета.

7.3.1. Временске неравномерности

Саобраћајни захтеви варирају по месецима у оквиру једне године, данима у недељи, сатима у оквиру дана и у мањим временским интервалима у оквиру часа. Временска неравномерност саобраћајних токова на путној мрежи последица је цикличности у настајању потреба за просторним премештањем људи и добара. Временска неравномерност саобраћајних токова на путној мрежи често је узрок поремећаја у саобраћају.

Поремећаји могу да настану због немогућности мреже да пропусти саобраћајне токове у интервалу од само 15 минута. Поремећаји могу да се прошире и на далеко дуже време од оног у оквиру кога су потребе превазишле капацитивне могућности посматраног дела мреже, а могу се проширити и на више часова. Тако путеви који минимално задовољавају потребе "шпица", могу да буду главни узрочници застоја, ако проток возила у периоду вршног оптерећења превазиђе капацитет.

Захтеви саобраћаја у периоду сезонских вршних оптерећења такође су веома важни, нарочито за претежно рекреативне саобраћајнице. Путеви који опслужују област одмаралишта и плажа могу да стоје практично неискоришћени у већем делу године, да би у летњем периоду били презасићени.

Сезонске и месечне неравномерности

Сезонске неравномерности у саобраћају одражавају друштвену и економску активност региона којег опслужује пут. Са аспекта сезонских неравномерности саобраћајних токова уочљиво је неколико значајних општих карактеристика:

- a) Месечне неравномерности јаче су изражене на ванградским путевима него на градским;
- b) Месечне неравномерности јаче су изражене на ванградским путевима него који опслужују претежно рекреативни саобраћај него на ванградским путевима који опслужују претежно пословна кретања;
- c) Дневне неравномерности саобраћаја у периоду поједених месеца у току једне године такође су најизраженије на рекреативним правцима;

Карактеристике временске неравномерности саобраћајних токова који опслужују претежно пословна путовања углавном су сличне на укупној мрежи, док су карактеристике временских неравномерности саобраћајних токова који опслужују рекреативна путовања врло различите по правцима. путева Србије.

Дневне неравномерности

Промене интензитета саобраћаја у току једног дана у недељи такође су повезане са функцијом пута на коме се врше посматрања. Код путева који служе претежно пословним путовањима интензитет саобраћаја у данима викенда нижи је него у радним данима. На рекреативним путевима вршно саобраћајно оптерећење догађа се викендом. Осим тога, дневне неравномерности су највише на рекреативним путевима, а најниже на градским путевима који служе претежно кретањима на посао и са посла.

Часовне неравномерности

Типичне часовне неравномерности зависе од функције саобраћајнице у мрежи и дана у недељи. Типични јутарњи и вечерњи вршак карактеристични су за градске правце са доминантним пословним кретањима, радним данима. Вечерњи вршак је викендом често интензивнији од јутарњег. Рекреативни правци такође имају по један дневни вршак. Суботња вршна оптерећења на овим путевима имају тенденцију да се појаве касно ујутру или рано поподне (док путници иду до својих рекреативних одређишта), и касно поподне, или рано ујутру недељом (када се враћају кући). Карактеристика часовних неравномерности од велике је важности за дефинисање вршних часовних протока меродавних у оперативним анализама услова саобраћаја на постојећој мрежи и за планирање нове мреже.

Вршни часовни ток и пројектни часовни ток

Анализе капацитета и *Нивоа Услуге* усмеравају се углавном на часове највећег обима саобраћаја, јер они представљају најкритичнији период за нормално функционисање саобраћаја и захтевају највеће капацитете. Вршна часовна оптерећења се мењају од дана до дана, или од сезоне до сезоне. Када се понављање тих вредности дијаграмски прикаже у опадајућем низу за одређену локацију, уочавају се велика варирања зависно од типа пута и градске саобраћајнице, као и од карактера токова.

Ванградски и рекреативни путеви често показују наглашеније часовне неравномерности саобраћајног тока. На оваквим путевима у неколико часова годишње јављају се изузетно високи протоци и то у пар одабраних викенда или у другим вршним периодима, док је величина часовног тока у остатку године знатно слабијег интензитета, чак и у време стандардних периода вршног оптерећења. То се дешава

зато што се на овим путевима саобраћајни ток састоји од малог броја свакодневних путовања, док су главни саобраћајни токови генерисани рекреативним активностима или специјалним догађајима. Градски путеви, с друге стране, показују незнатне часовне неравномерности саобраћајног тока у периодима вршног оптерећења. На овим саобраћајницама најчешће су заступљена свакодневна путовања на посао, док су повремени и специјални догађаји у саобраћају ретки. Многе градске саобраћајнице имају попуњене капацитете за време сваког периода вршног оптерећења, због чега су практично ограничене могућности за знатније часовне неравномерности саобраћаја. У многим градским подручјима, без обзира да ли се догађају пре или после подне, вршна оптерећења трају више од једног сата.

Рекреативне саобраћајнице показују највеће часовне неравномерности саобраћаја на којима за време шпица часовни проток достиже вредност и до 30% од ПГДС-а, а вредност од 15% од ПГДС -а у 200-том вршном часу у години, као и вредност од 8,0 до 8,5% у 1000-том вршном часу у години. Градске радијалне и кружне саобраћајнице показују много мање неравномерности. Однос у процентима од ПГДС -а покрива узан распон, од приближно 11,5% до 7-8% у односу на 1000-ти вршни час.

Из ових карактеристика види се да су по питању часовне неравномерности и утврђивања вредности тока у пројектном часу саобраћајни инжењери суочени са проценама од суштинског значаја. Пројектовање рекреативних саобраћајница ради адекватног удовољења највећег годишњег вршног оптерећења на захтеваном нивоу, резултира неискоришћеним капацитетима у већем делу времена током године. С друге стране, обезбеђење потребних капацитета за 30-ти, 100-ти, 500-ти, или неки други час, не гарантује да неће доћи до загушења и стварања дугих колона за време специјалних догађаја или тзв. "рекреативних шпицева" који се дешавају са мањом учесталости. Одређивање вршног часовног протока возила меродавног за планирање, пројектовање и оперативне анализе, представља компромис између обезбеђивања адекватног *Нивоа Услуге* за сваки (или готово сваки) час у години и економске ефикасности. Уобичајена пракса у развијеним земљама света је да се пројекти ванградских путева заснивају на величини вршног часовног тока који се налази између 30-тог и 100-тог вршног часа у години. Овај распон, генерално узевши, обухвата "колено" криве тј. део где се нагиб криве мења из оштрог у благо. За ванградске путеве често се претпоставља да се "колено" јавља код 30-тог највишег часовног тока. За градске путеве је меродавни вршни часовни ток који се понавља сваким радним данима уобичајен. Анализе које користе услове у саобраћају за препознавање доба дана и сл., често узимају у обзир саобраћајне услове који су типични за одређени део дана или недеље.

Раније студије наглашавале су тешкоће у лоцирању и учовању јасног колена на кривој сврстаних величина часовних протока у години. Криве сврставања часовних протока у години по опадајућем реду с обзиром на број понављања, за рекреативне путеве показује да вршни часови у години имају двоструко већи саобраћај од величине тока 100-тог часа. Величине вршних часовних токова у кругу градске зоне само су за око 15% веће од оних у 100-том часу. Употреба критеријума 100-тог часа створила би закрчење на рекреативним путевима за време шпица. Међутим, примена критеријума 100-тог часа у пројектовању за градске саобраћајнице, где су неравномерности мање, не би изазвала већа загушења у периоду вршних часова.

У анализи меродавног вршног часовног тока и пројектног часовног тока посебан значај има питање *Нивоа Услуге* на посматраном путу. Пут пројектован да функционише на *Нивоу Услуге "В"* може са гледишта капацитета да прими већи проток од планираног, него пут који је пројектован за *Ниво Услуге "Д"* за време оних екстремних часова у години са већим протоком возила од пројектованог часовног тока. Код планирања и пројектовања нових путева морају се сагледати и шпицеви, који се најчешће понављају, као и прихватљив *Ниво Услуге* у часовима вршних токова. Однос просечног годишњег дневног саобраћаја (ПГДС) и вршног часовног протока возила меродавног за пројектовање често се назива К-фактор и израчунава се у децималама.

Тамо где је К-фактор заснован на 30-том вршном часовном протоку у години, издваја се неколико карактеристика:

- а) К-фактор, генерално говорећи, опада како ПГДС расте на путу;
- б) Умањење стопе за високе К-факторе брже је него за ниже вредности;
- ц) К-фактор опада у функцији раста густине саобраћајног тока;
- д) Највиши К -фактори, уопште, дешавају се на рекреативним саобраћајницама, за њима следе ванградске, приградске и градске и то у опадајућем низу.

Неравномерносту саобраћају у мањим временским интервалима у периоду од једног часа

Пошто се дугорочне прогнозе величине саобраћајних токова најчешће изражавају у јединицама ПГДС-а (просечан годишњи дневни саобраћај), а затим претварају у вредности часовних токова, **анализе степена искоришћености саобраћајница засноване су на поређењу меродавног вршног часовног тока и капацитета**. Већина критеријума за анализу степена искоришћености саобраћајнице базирана је на 15-минутним интервалима вршног оптерећења.

Изведена величина часовног тока заснована на максималној величини тока у интервалу од 15 минута узета је као основа за већину поступака по питању протока саобраћаја у време вршног оптерећења. Интервал од 5 минута је избегнут, јер су истраживања показала да је статистички непоуздан. Однос између шпица у интервалу од 15 минута и стварне вредности часовног протока возила исказан је уз помоћу фактора вршног саобраћаја FVS.

Ако је стварна вредност протока возила измерена или добијена анализама из одговарајућих дијаграма, или ако је базирана на моделима, за утврђивање изведене вредности протока возила примењује се фактор вршног саобраћаја. Фактори вршног саобраћаја у градским зонама углавном варирају између 0,80 и 0,98. Нижа вредност означава већу неравномерност саобраћаја у оквиру часа, а виша означава мању неравномерност. Фактори вршног саобраћаја преко 0,95 карактеристични су за саобраћај већег обима, понекад и за саобраћај где су ограничени капацитети за време вршног оптерећења.

7.3.1.2. Просторна искоришћеност

Саобраћај варира како у времену тако и у простору. Важна чињеница по питању простора је расподела саобраћаја по саобраћајним тракама. Проток возила по тракама може да варира у зависности од различитих елемената који чине саобраћајницу. Сваки елемент утиче различито на захтеве саобраћаја и мора бити анализиран.

Искоришћеност саобраћаја по смеровима

За време било ког часа саобраћајни ток може да буде већи у једном него у другом смеру. Одређени градски пут може да покаже неравнотежу у односу 2:1 по смеровима. Рекреативни и ванградски путеви могу такође да буду са значајним неравномерностима по смеровима, што се мора узети у обзир при процесу планирања и пројектовања.

Искоришћеност смерова је значајан фактор у анализама капацитета путева. То нарочито важи за ванградске путеве са две траке. Капацитет и *Ниво Услуге* варирају по основу искоришћења смерова због интерактивне природе саобраћајних токова на оваквим саобраћајницама.

Градски путеви имају преко 2/3 саобраћаја на само једном смеру за време шпица. Срећом, ти шпигеви се јављају у једном смеру преподне, а у другом поподне. Намеће се закључак да у време шпица оба смера морају да одговарају саобраћајним захтевима. Ова чињеница је и довела до појаве и употребе трака са наизменичном употребом смера на неким градским вишетрачним путевима и артеријама.

Искоришћеност саобраћајница по смеровима није статична карактеристика. Она се мења у току часа, дневно, сезонски и од године до године. Развој окружења у близини саобраћајнице често подстиче и раст саобраћаја, што мења и постојећу искоришћеност саобраћајница по смеровима.

Однос између протока возила у оптерећенијем смеру и укупног протока за време шпица често се означава словом D. Утврђивање вршног часовног тока меродавног за пројектовање врши се на основу ПГДС-а у циљној години и фактора K, применом релације:

$$q = \text{ПГДС} \cdot K$$

Утврђивање вршног часовног тока у оптерећенијем смеру врши се помоћу обрасца:

$$Dq_{mer} = \text{ПГДС} \cdot K \cdot D$$

где је :

Dq_{mer} - вршни часовни ток у једном смеру меродаван за пројектовање,

ПГДС - просечни годишњи дневни саобраћај,

K - фактор за утврђивање вршног часовног тока у оптерећенијем смеру, у односу на ПГДС,

D- фактор за утврђивање часовног протока у оптерећенијем смеру.

Искоришћеност трака

Када су за саобраћај у једном смеру на располагању две или више трака, њихова употреба варира. То зависи од саобраћајних прописа, структуре саобраћаја, брзине и протока, броја и локације раскрсница, извора и циља вожње, развијености околине и локалних навика возача.

Због свих ових фактора не постоји типична искоришћеност трака. Уочљиво је да је саобраћај на неким тракама већег обима него на другим. Важећи подаци указују да не постоји конзистентност у коришћењу трака на саобраћајницама.

7.3.1.3. Структура саобраћаја

Учешће теретних возила, аутобуса, аутовозова, специјалних возила итд. у саобраћајном току, такође су значајни фактори у анализи капацитета и *Нивоа Услуге*. На слици приказана је структура саобраћајног тока на деоници магистралне путне мреже Србије.

8. КАПАЦИТЕТ САОБРАЋАЈНЕ ДЕОНИЦЕ ПУТА

8.1. ОСНОВНИ ПОЈМОВИ

Под практичним капацитетом саобраћајне деонице пута подразумева се максимални проток возила кога деонице пута на одсеку са најнеповољнијим техничко-експлоатационим карактеристикама и реалним карактеристикама саобраћајног тока у повољним амбијенталним условима може пропустити у јединици времена (1 час) у једном смеру, односно за двотрачне и тротрачне путеве за двосмерни саобраћај у оба смера.

У стручној литератури се уместо термина капацитета често, као синоним, користи термин пропусна моћ или пропусна способност.

Саобраћајна деоница представља део путног правца између два узастопна саобраћајна чвора. Саобраћајни чвор представља место сучељавања два или више путних праваца где саобраћајни токови могу мењати путни правац, или мењати смер кретања, односно представља место укључивања и/или искључивања саобраћајних токова на путни правац. На саобраћајним деоницама владају услови тзв. непрекинутог саобраћајног тока. Прекиде и застоје у протоку на саобраћајним деоницама могу изазвати одређени поремећаји у саобраћајном току (саобраћајне незгоде, кварови возила и сл.) и појаве захтева за протоком већим од капацитета (пропусне способности) саобраћајне деонице у целини или на било ком њеном делу - одсеку. На саобраћајним деоницама аутопутева и једносмерних путева владају услови непрекинутог и неометаног саобраћајног тока. На саобраћајним деоницама двотрачних путева за двосмерни саобраћај владају услови непрекинутог, али делимично ометаног саобраћајног тока због претицања.

Одсек представља део саобраћајне деонице пута са хомогеним техничко-експлоатационим карактеристикама. Класични поступци анализе експлоатационих карактеристика путева, са аспекта услова одвијања саобраћаја, заснивају се на анализи средње вредности капацитета и средње брзине тока по одсецима. Оваквим приступом је запостављен интеракцијски утицај између узастопних одсека различитих техничко-експлоатационих карактеристика, који се одражава на услове одвијања саобраћаја. При захтевима саобраћаја блиским или већим од капацитета одсека са најнеповољнијим техничко-експлоатационим карактеристикама ефекти погоршања услова одвијања саобраћаја се одражавају на суседним одсецима. У будућим радовима треба очекивати унапређење поступака анализе услова одвијања саобраћаја, којим ће се доследније уважавати и интеракцијски утицај између узастопних одсека на показатеље услова одвијања саобраћаја, који се са променама карактеристика пута мењају континуално дуж пута, а не скоковито како произилази из класичног посматрања. Аналогно одсеку, који посматран у оквиру саобраћајне деонице представља њен део, и *саобраћајна трака* представља део, односно представља функционални елемент укупног попречног профила пута.

За адекватно укључивање сазнања из теорије саобраћајног тока у поступке описивања услова одвијања реалног саобраћаја на конкретним путевима, значи, за анализу релевантних експлоатационих карактеристика пута, у које спада и практични капацитет деонице пута, неопходно је најпре дефинисати капацитет саобраћајне траке, односно брзину и густину засићеног тока на саобраћајној траци при идеалним путним и приближно идеалним саобраћајним условима.

8.2. ДЕФИНИСАЊЕ КАПАЦИТЕТА САОБРАЋАЈНЕ ТРАКЕ ПОМОЋУ ОСНОВНИХ РЕЛАЦИЈА ИЗ ТЕОРИЈЕ САОБРАЋАЈНОГ ТОКА

С обзиром да саобраћајна трака представља, са функционалног гледишта, део укупног попречног профила пута то и капацитет саобраћајне траке има значење јединичног -елементарног капацитета саобраћајне деонице, односно, одсека пута. Мада капацитет саобраћајне траке представља функционални део укупног капацитета деонице, због интеракције саобраћајних токова - низова возила између саобраћајних трака, капацитет деонице пута не представља прост збир капацитета саобраћајних трака.

Капацитет саобраћајне траке представља максимални број возила који може проћи кроз попречни пресек посматране саобраћајне траке у јединици времена (1 час) у једном смеру при владајућим техничко-експлоатационим, саобраћајним и амбијенталним условима уз непостојање било каквих регулативних ограничења.

За потпуније теоријско објашњење капацитета саобраћајне траке и квантитативно дефинисање основне (реперне) величине капацитета саобраћајне траке у базним условима (техничко-експлоатационим, саобраћајним и амбијенталним), а у циљу стварања основа за дефинисање узрочно-последичних зависности између промена техничко-експлоатационих и саобраћајних услова, с једне и капацитета саобраћајне траке, с друге стране, неопходно је осветлити, пре свега, питања:

- Теоријске повезаности појма капацитета саобраћајне траке и појма засићеног тока.
- Величине основног (реперног) капацитета саобраћајне траке, или величине брзине и густине засићеног тока, тј. брзине и густине при основном капацитету.

8.2.1. Теоријска повезаност појма капацитета саобраћајне траке са засићеним током

Теоријски посматран појам капацитета саобраћајне траке везан је за максимални проток возила једног низа у једном смеру у јединици времена (1 час), који је у теорији саобраћајног тока познат под именом засићени ток. У теорији саобраћајног тока засићен ток је дефинисан, као максимални проток, тзв. фундаменталном релацијом трију основних параметара саобраћајног тока (протоком q , средњом просторном брзином тока V_s и густином тока g).

С обзиром да је фундаментална релација трију основних параметара саобраћајног тока базирана на идеалном хомогеном саобраћајном току једног низа и једног смера возила, који се одвија на идеалној саобраћајној траци при идеалним условима амбијента, то између максималног засићеног тока u , по теорији саобраћајног тока, замишљеним идеалним условима и капацитета реалне саобраћајне траке (u у принципу лошије од идеалне) на којој се одвија реалан саобраћајни ток (који је увек хетероген) постоји квантитативна разлика. Зато, фундаменталну релацију између трију основних параметара саобраћајног тока треба схватити као исходну у смислу теоријског објашњења повезаности појма капацитета саобраћајне траке са појмом засићеног тока и за дефинисање капацитета саобраћајне траке, при приближно идеалним условима, тзв. основног капацитета, који одговара једној саобраћајној траци при оптималним владајућим условима.

Посматрано са гледишта саобраћајног тока следи релација:

$$q_{zt} = V_{zt} \cdot g_{zt}$$

При оптималној вредности g_{zt} и V_{zt} следи: $q_{zt} \rightarrow q_{\max}$

Међутим, посматрано са гледишта саобраћајне траке следи: q_{\max} квантитативно је лимитиран капацитетом саобраћајне траке, па с обзиром на индентичне јединице мере може се написати следећи израз: $q_{\max} = C_{\text{траке}}$

Посматрано са гледишта саобраћајне траке оптималне вредности густине и брзине засићеног тока представљају густину и брзину тока при капацитету g_c и V_c , из чега следи релација:

$$C_{\text{траке}} = g_c \cdot V_c$$

где је:

g_{zt} - густина засићеног тока,

V_{zt} - брзина засићеног тока,

q - величина засићеног тока,

$C_{\text{траке}}$ - капацитет саобраћајне траке,

g_c - густина тока при капацитету, тј. оптимална вредност густине засићеног тока,

V_c - брзина тока при капацитету, тј. оптимална вредност брзине засићеног тока.

Значи, за описивање капацитета саобраћајне траке $C_{\text{траке}}$, а тиме и деонице пута, теоријску основу чине брзине при капацитету V_c и густина при капацитету g_c , односно оптимална брзина и густина засићеног тока.

8.2.2. Основни капацитет саобраћајне траке

Под појмом основног капацитета саобраћајне траке подразумева се максимални број путничких аутомобила једног низа, у једном смеру, који може проћи у јединици времена (1 час) кроз попречни пресек саобраћајне траке са идеалним техничко-експлоатационим карактеристикама у идеалним амбијенталним условима. У стручној терминологији се уместо речи основни користе речи базни или реперни. Наиме, појам основни капацитет везан је за једну саобраћајну траку при оптималним владајућим условима.

Брзина при основном капацитету је средња брзина тока при основном капацитету саобраћајне траке, тј. оптимална вредност брзине засићеног тока.

Густина при основном капацитету је густина тока при основном капацитету саобраћајне траке, тј. оптимална вредност густине засићеног тока.

Под оптималним, тј. идеалним техничко-експлоатационим карактеристикама саобраћајне траке и саобраћајног тока подразумева се:

(1) Ширина саобраћајне траке..... $\dot{S}t > 3,5$ (m)

(2) Ширина бочног појаса поред саобраћајне траке без непокретних сметњи..... $BS > 1,75$ (m)

(3) Саобраћајна трака на правцу, што значи да нема хоризонталних кривина (R)..... $R \rightarrow \infty$

(4) Саобраћајна трака на хоризонталу, што значи да нема уздужних нагиба (UN)..... $UN = 0$

(5) Савремени коловоз у одличном стању..... $SK = \text{ОДЛИЧНО}$

(6) Један низ возила у саобраћајном току, што значи не постоје покретне сметње (PS)..... $PS = \text{НЕ}$

(7) Саобраћајни ток путничких аутомобила..... $KV = 0$

Вредност основног капацитета саобраћајне траке може се, на бази познавања одговарајућих параметара (о возилу, о пнеуматичима, о коловозу, о психофизичким особинама возача и др.), израчунати помоћу познатих математичких модела дефинисаних у теорији саобраћајног тока, укључујући и симулационе моделе уз помоћ рачунара. Такође, вредност основног капацитета

саобраћајне траке може се и експериментално мерити. Наиме, у реалним условима постоје саобраћајне траке идеалних или приближно идеалних техничко-експлоатационих карактеристика, постоји идеалан амбијент и постоји реалан саобраћајни ток састављен искључиво од путничких аутомобила. Вредност основног капацитета саобраћајне траке C_0 представља реперну величину према којој су, на данашњем нивоу сазнања у теорији саобраћајног тока, утврђени сви утицаји конкретних карактеристика саобраћајне траке и саобраћајног тока на капацитет саобраћајне траке у реалним условима. Ова вредност уграђена је у све у свету познате обрасце помоћу којих се израчунава практични капацитет саобраћајне деонице - одсека пута.

С обзиром да је појам основног - реперног капацитета саобраћајне траке везан за идеалне или приближно идеалне техничко-експлоатационе карактеристике саобраћајне траке и за саобраћајни ток путничких аутомобила у једном низу, у једном правцу, у једном смеру при идеалним амбијенталним условима, то значи, уколико не би било разлика у карактеристикама путничких аутомобила (дужина, тежина, снага мотора, кочионе карактеристике и др.) и разлика у психофизичким особинама возача, да би и вредност основног капацитета саобраћајне траке била једнака за цео свет. Пошто су цитиране карактеристике евидентно различите, то је онда логично што су вредности основног капацитета саобраћајне траке које су утврђене нпр. у САД различите од вредности утврђених у Европи или Јапану.

Дакле, на основу уопштавања резултата мерења остварених максималних саобраћајних токова састављених од путничких аутомобила на саобраћајним тракама идеалних техничко-експлоатационих карактеристика у идеалним амбијенталним условима и на основу резултата добијених применом математичких модела, данас су створене релативно задовољавајуће представе о квантитативној вредности основног капацитета саобраћајне траке. Најчешћи оквир у коме се те вредности крећу је између 1800 и 2500 путничких аутомобила на час, што зависи од карактеристика возила (дужина, пут кочења) и психофизичких карактеристика возача, односно, што зависи од карактеристика система "возач-возило" који су сачињавали саобраћајни ток за који су изведена уопштавања.

Према истраживањима вршеним у нашој земљи вредност основног капацитета саобраћајне траке износи око 2200 путничких аутомобила на час, $C_0 \approx 2200$ (РА/ч).

8.3. МЕТОДОЛОГИЈА УТВРЂИВАЊА ПРАКТИЧНОГ КАПАЦИТЕТА ОДСЕКА ДВОТРАЧНИХ ПУТЕВА

8.3.1. Карактеристике одвијања саобраћаја на двотрачним путевима

На двотрачним путевима промена трака и претицање могуће је једино уз сучељавање са саобраћајним токовима из супротног смера. Захтеви за претицањем расту са порастом величине тока, док могућност за извршење безбедног претицања опада. За разлику од аутопутева и вишетрачних путева са неометаним токовима, на двотрачним путевима саобраћајни ток у једном смеру увек утиче на ток у другом смеру. Возачи су принуђени да прилагођавају брзину у функцији повећања величине тока и смањења могућности за претицање. Најзначајније карактеристике саобраћајног тока на двотрачним путевима су **просечна брзина и проценат временских застоја**. Ове карактеристике се користе као показатељи у оперативним анализама *Нивоа Услуге* на двотрачним путевима. Процент временских застоја је процењени део од укупне величине тока изражен у процентима, у којима возачи због немогућности безбедног претицања застају тј. возе у колони за време путовања на посматраним деоницама двотрачног пута. Сматра се да су возачи у застоју када возе иза вође колоне брзином мањом од жељене, или ако се крећу у временским интервалима слеђења мањим од 5 секунди. Процент временских застоја одражава се на квалитет услуге. Код мањих величина саобраћајног тока возачи готово никада нису у застоју будући да су средње вредности временских интервала слеђења возила и могућност претицања велике. Процент временских застоја за мале токове практично је близак нули.

Када се величина тока приближава практичном капацитету, захтеви за претицањем знатно премашују могућности за претицањем, што се одражава на стварање великих колона, а возила су у застојима близу 100% времена војње на посматраној деоници.

Под практично идеалним условима за одвијање саобраћаја на двотрачним путевима подразумевају се:

- (1) Просечна брзина > 95 (km/h);
- (2) Ширина трака $> 3,50$ (m);
- (3) Слободна банкина ширине $> 1,75$ (m);
- (4) Без зона забрањеног претицања на путу;
- (5) Саобраћајни ток путничких аутомобила;
- (6) Расподела тока по смеровима 50/50;
- (7) Без ометања саобраћаја сигнализацијом којом се ограничава брзина или скретањем возила;
- (8) Равничарски терен.

8.3.2. Базне вредности брзина и густина при максималним протоцима у функцији неравномерности токова по смеровима на основном одсеку двотрачног пута у практично идеалним условима

Утврђена средња вредност капацитета деоница двотрачног пута при практично идеалним условима на основу домаћих истраживања износи $C_{o2-tr}=2860$ (ПА/х/у оба смера) и величине основног капацитета једног смера основног одсека четворотрачног аутопута у практично идеалним условима $C_{oAP}=2 \times 2200$ (ПА/х/у једном смеру) утврђен је фактор F_1 утицаја двосмерног саобраћаја на капацитет због немогућности постизања густине засићеног тока. Вредност фактора F_1 утврђена је на основу следећих релација:

$$\begin{aligned} C_{oAP}(2 \text{ траке у једном смеру}) &= 4400 \text{ (ПА/х/смеру)} & \text{Из односа } C_{o2-tr} / C_{oAP} \text{ произлази} \\ C_{o2-tr}(2 \text{ траке у оба смера}) &= 2860 \text{ (ПА/х/у оба смера)} & F_1 = 2860/4400 \text{ тј. } F_1 = 0.65 \end{aligned}$$

На основу изложеног дефинисан је основни образац за прорачун практичног капацитета деоница двотрачног пута који гласи:

$$C = C_0 \times N \times F_1 \times F_2 \times F_3 \times F_4 \times f_1$$

С обзиром да је $C_0=2200$, $N=2$ и $F_1=0.65$; образац добија следећи облик

$$C = 2.860 \times F_2 \times F_3 \times F_4 \times f_1 \text{ (voz/h/у оба смера)}$$

где је:

- N - број саобраћајних трака у оба смера;
- F_1 - фактор утицаја двосмерног саобраћаја на практични капацитет због немогућности постизања густине засићеног тока;
- F_2 - фактор утицаја ширине траке на практични капацитет;
- F_3 - фактор утицаја непокретних бочних сметњи на практични капацитет;
- F_4 - фактор утицаја величине и дужине уздужног нагиба на практични капацитет;
- f_1 - фактор утицаја учешћа комерцијалних возила у току на практични капацитет.

Базне вредности брзина и густина при максималним протоцима у функцији неравномерности токова по смеровима на основном одсеку двотрачног пута у практично идеалним условима дате су у наредној табели.

T-22

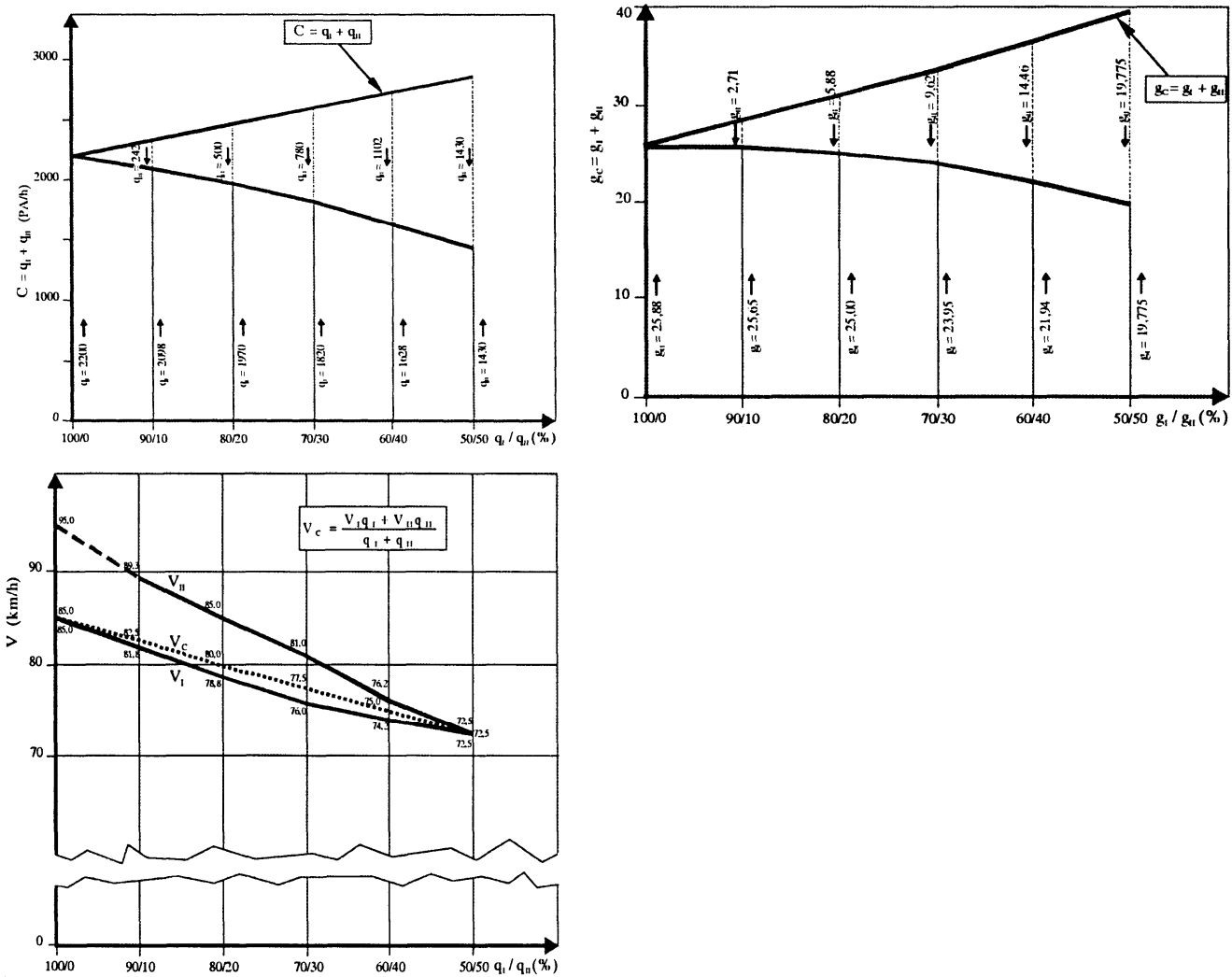
q_I / q_{II}	БРЗИНА			ГУСТИНА			ТОК		
	V_I (km/h)	V_{II} (km/h)	V_C (km/h)	g_I (PA/km/tr)	g_{II} (PA/km/tr)	g_C (PA/km)	q_I (PA/h/tr)	q_{II} (PA/h/tr)	C (PA/h)
50/50	72,5	72,5	72,5 ²	19,77	19,77	39,45 ³	1430	1430	2860 ⁴
60/40	74,2	76,2	75,0	21,94	14,46	36,40	1628	1102	2730
70/30	76,0	81,0	77,5	23,95	9,62	33,56	1820	780	2600
80/20	78,8	85,0	80,0	25,00	5,88	30,88	1970	500	2470
90/10	81,8	89,3	82,5	25,65	2,71	28,36	2098	242	2340
100/0	85,0	-	85,0	25,88	-	25,88	2200	-	2200

² Брзина тока при практичном капацитету на основном одсеку двотрачног пута при практично идеалним условима $V_{co}=72,5$ km/h.

³ Густина тока при практичном капацитету на основном одсеку двотрачног пута при практично идеалним условима $g_{co}=39,45$ ПА/км.

⁴ Капацитет основног одсека двотрачног пута при практично идеалним условима $C_0 = 2860$ ПА/х/у оба смера.

Графички приказ релација проток-брзина – густина за двотрачни пут



8.3.3 Обрасци за прорачун практичног капацитета основних одсека двотрачних путева

$$C = V_c \times g_c.$$

где је:

- V_c - брзина при практичном капацитету;
- g_c - густина при практичном капацитету;

8.3.4. Образац за прорачун брзине тока при практичном капацитету основних одсека двотрачног пута

(1) СТАНДАРДНИ СЛУЧЉЕВИ

За основне одсеке двотрачног пута на којима је $V_{si} > 70$ км/х, брзина при практичном капацитету израчунава се према следећем образцу:

$$V_c = V_{Co} \times F_{\check{S}T} \times F_{BS} \times F_{Va/b}.$$

где је:

- а) V_{Co} - брзина при базном капацитету основног одсека двотрачног пута у практично идеалним условима за ток ПА и однос величине тока по смеровима 50:50%; $V_{Co} = 72,5$ км/х;
- б) $F_{\check{S}T}$ - фактор утицаја ширине траке на брзину при капацитету

T-23

$\check{S}T$ (m)	3,50	3,25	3,00	2,75	2,50	2,25
$F_{\check{S}T}$	1,00	0,94	0,88	0,80	0,70	0,60

ц) F_{BS} - фактор утицаја бочних сметњи на брзину при капацитету

T-24

BS (m)	1,75	1,50	1,00	0,75	0,50	0,25	0,00
F_{BS}	1,00	0,98	0,94	0,92	0,90	0,89	0,88

д) $F_{Va/b}$ - фактор утицаја неравномерности тока по смеровима на брзину при капацитету

T-25

q_a/q_b	50/50	60/40	70/30	80/20	90/10	100/0
$F_{Va/b}$	1,000	1,034	1,069	1,103	1,138	1,172

(2) СПЕЦИЈАЛНИ СЛУЧАЈЕВИ

А) За одсеке у специфичном уздужном нагибу на којима је брзина меродавног возила на крају успона $V_{cл} < 70$ (км/х);

$$V_C = V_{UN} \times F_{UN}$$

где је:

а) V_{UN} - брзина меродавног теретног возила на крају специфичног успона: UN(%) и дужина успона l_{UN} (m)

T-26

l (m)	UN (%)												
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
0-50	88	88	87	86	85	85	85	85	84	84	84	84	83
50-100	87	87	86	85	83	83	82	82	81	81	81	81	80
100-150	86	85	84	82	80	80	79	78	77	77	76	75	74
150-200	86	85	83	80	77	76	75	74	73	72	71	70	68
200-250	85	83	81	78	75	74	72	71	69	68	66	64	62
250-300	84	82	80	77	73	71	68	66	64	63	61	58	55
300-350	84	81	78	75	71	68	64	62	59	58	56	53	49
350-400	83	80	76	73	69	65	60	58	55	53	50	47	44
400-600	82	77	72	68	63	57	51	47	43	40	37	35	32
600-800	80	74	68	64	59	53	47	43	39	36	33	31	28
800-1000	79	72	65	61	56	51	45	42	38	36	33	31	28
1000-1200	77	71	64	59	53	49	44	41	38	36	33	31	28
1200-1400	76	70	63	57	51	47	43	41	38	36	33	31	28
1400-1600	75	69	62	56	50	46	42	40	38	36	33	31	28
1600-1800	74	68	62	56	49	46	42	40	38	36	33	31	28
>1800	73	68	62	56	49	46	42	40	38	36	33	31	28

б) F_{UN} - фактор за свођење брзине меродавног возила на специфичном уздужном нагибу на брзину при капацитету

T-27

V_{UN} (km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65
F_{UN}	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97

Б) За одсеке у специфичним кривинама на којима је брзина меродавног возила на одсеку у кривинама $V_R < 70$ (км/х);

$$V_C = V_R \times F_R$$

где је:

а) V_R - брзина меродавног возила на излазу из специфичне кривине радијуса R (m)

T-28

R_{min} (m)	20	40	70	120	180
V_R (km/h)	30	40	50	60	70

б) F_R - фактор за свођење брзине меродавног возила у специфичној кривини на брзину при капацитету

T-29

V_R (km/h)	30	40	50	60	70
F_R	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98

Ц) За одсеке са лошим стањем коловоза (SK) на којима је брзина меродавног возила $V_{SK} < 70$ (km/h);

$$V_C = V_{SK} \times F_{SK}$$

где је:

а) V_{SK} - брзина меродавног возила условљена стањем коловоза

T-30

SK	одлично	ВРЛО ДОБРО	ДОБРО	ЛОШЕ	ВРЛО ЛОШЕ	НЕУПОТРЕБЉИВО
V_{SK} (km/h)	>70	61-70	51-60	41-50	41-50	<30

б) F_{SK} - фактор за свођење брзине меродавног возила на коловозу у лошем стању на брзину при капацитету

T-31

V_{SK} (km/h)	30	35	40	45	50	55	60	65
F_{SK}	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97

8.3.5. Образац за прорачун густине при практичном капацитету основних одсека двотрачног пута

(1) СТАНДАРНИ СЛУЧЉЕВИ

За основне одсеке двотрачног пута на којима је $V_{sl} > 70$ km/h;

$$g_C = g_{Co} \times F_{ga/b} \times F_{KV}$$

где је:

а) $g_{Co} = 39,45$ (ПА/км/оба смера)-густина при базном капацитету основног одсека двотрачног пута у практично идеалним условима за ток ПА и однос величине тока по смеровима 50:50 %;

б) $F_{ga/b}$ - фактор утицаја неравномерности саобраћаја по смеровима вожње на густину при капацитету

T-32

$q_{a/b}$	50/50	60/40	70/30	80/20	90/10	100/0
$F_{ga/b}$	1,00	0,923	0,850	0,788	0,719	0,656

ц) F_{KV} - фактор утицаја комерцијалних возила на густину тока при капацитету

T-33

KV (%)	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
F_{KV}	1,00	0,99	0,97	0,96	0,95	0,94	0,92	0,90	0,89	0,87	0,85	0,82	0,79	0,77

(2) СПЕЦИЈАЛНИ СЛУЧАЈЕВИ

А) За одсеке у специфичном уздужном нагибу на којима је брзина меродавног возила на крају успона $V_{UN} < 70$ (km/h);

$$g_C = g_{Co} \times F'_{gUNa/b} \times F_{KV}$$

где је:

а) $g_{Co} = 39,45$ (ПА/км/оба смера)-густина при базном капацитету основног одсека двотрачног пута у практично идеалним условима за ток ПА и однос величине тока по смеровима 50:50 %;

б) $F'_{gUNa/b}$ - фактор утицаја неравномерности саобраћаја по смеровима вожње на густину на одсеку у специфичном уздужном нагибу

T-34

V_{UN}	q_a/q_b					
	50/50	60/40	70/30	80/20	90/10	100/0
60-69	1,02	0,941	0,919	0,804	0,733	0,669
50-59	1,04	0,960	0,937	0,820	0,748	0,982
40-49	1,06	0,978	0,955	0,835	0,762	0,695
30-39	1,08	0,997	0,973	0,851	0,776	0,708
20-29	1,10	1,015	0,991	0,867	0,791	0,722
<20	1,12	1,0134	1,001	0,882	0,805	0,735

ц) F_{KV} - фактор утицаја комерцијалних возила на густину тока при капацитету.

Б) За одсеке у специфичним кривинама на којима је брзина меродавног возила на одсеку у кривинама $V_R < 70$ (km/h);

$$g_C = g_{Co} \times F_{KV} \times F_{gRa/b}$$

где је:

а) $g_{Co} = 39,45$ (ПА/км/оба смера)-густина при базном капацитету основног одсека двотрачног пута у практично идеалним условима за ток ПА и однос величине тока по смеровима 50:50 %;

б) $F_{gRa/b}$ - фактор утицаја неравномерности саобраћаја по смеровима вожње на густину на одсеку у специфичној кривини

T-35

V_R (km/h)	q_a/q_b					
	50/50	60/40	70/30	80/20	90/10	100/0
69	1,020	0,945	0,920	0,805	0,735	0,670
60	1,030	0,951	0,928	0,812	0,740	0,676
50	1,050	0,969	0,946	0,827	0,755	0,689
40	1,070	0,988	0,964	0,843	0,769	0,702
30	1,090	1,006	0,982	0,859	0,784	0,715

Ц) За одсеке са коловозом у лошем стању на којима је брзина меродавног возила $V_{SK} < 70$ (km/h);

$$g_C = g_{Co} \times F_{KV} \times F_{gSKa/b}$$

где је:

а) $g_{Co} = 39,45$ (ПА/км/оба смера)-густина при базном капацитету основног одсека двотрачног пута у практично идеалним условима за ток ПА и однос величине тока по смеровима 50:50 %;

б) $F_{gSKa/b}$ - фактор утицаја неравномерности саобраћаја по смеровима вожње на густину на одсеку са лошим стањем коловоза

T-36

V_{SK} (km/h)	q_a/q_b					
	50/50	60/40	70/30	80/20	90/10	100/0
69	1,010	0,932	0,910	0,769	0,726	0,662
60	1,020	0,941	0,919	0,804	0,733	0,669
55	1,030	0,951	0,928	0,812	0,740	0,676
50	1,040	0,960	0,937	0,820	0,748	0,682
45	1,050	0,969	0,946	0,827	0,755	0,689
40	1,060	0,978	0,955	0,835	0,762	0,695
35	1,070	0,988	0,964	0,843	0,769	0,702
30	1,080	0,997	0,973	0,851	0,776	0,708

**ПРОРАЧУН ПРАКТИЧНОГ КАПАЦИТЕТА НА ОДСЕЦИМА
ДВОТРАЧНИХ ПУТЕВА**

Т -37

ПРАКТИЧНИ КАПАЦИТЕТ $C = v_C \cdot g_C$		
Брзина v_C	I - 1 Стандардни случај: $V_{sl} > 70 \text{ km/h}$ $V_C = V_{CO} \cdot F_{\check{S}T} \cdot F_{BS} \cdot F_{va/b}$	$V_{CO} = f(q_a/q_b) \rightarrow \text{T-22}$ $F_{\check{S}T} = f(\check{S}T) \rightarrow \text{T-23}$ $F_{BS} = f(BS) \rightarrow \text{T-24}$ $F_{va/b} = f(q_a/q_b) \rightarrow \text{T-25}$
	II – Специјални случајеви: $V_{sl} < 70 \text{ km/h}$	
	II - 1 Уздужни нагиб: $V_{UN} < 70 \text{ km/h}$ $V_C = V_{UN} \cdot F_{UN}$	$V_{UN} = f(l_{UN}; UN\%) \rightarrow \text{T-26}$ $F_{UN} = f[V_{UN}] \rightarrow \text{T-27}$
	II - 2 Кривинске карактеристике: $V_R < 70 \text{ km/h}$ $V_C = V_R \cdot F_R$	$V_R = f(R) \rightarrow \text{T-28}$ $F_R = f(V_R) \rightarrow \text{T-29}$
	II - 3 Стање коловоза: $V_{SK} < 70 \text{ km/h}$ $V_C = V_{SK} \cdot F_{SK}$	$V_{SK} = f(SK) \rightarrow \text{T-30}$ $F_{SK} = f(V_{SK}) \rightarrow \text{T-31}$
Густина g_C	I - 1 Стандардни случај: $V_{sl} > 70 \text{ km/h}$ $g_C = g_{CO} \cdot F_{ga/b} \cdot F_{KV}$	$g_{CO} = f(q_a/q_b) \rightarrow \text{T-22}$ $F_{ga/b} = f(q_a/q_b) \rightarrow \text{T-32}$ $F_{KV} = f(KV\%) \rightarrow \text{T-33}$
	II - Специјални случајеви: $V_{sl} < 70 \text{ km/h}$	
	II - 1 Уздужни нагиб: $V_{UN} < 70 \text{ km/h}$ $g_C = g_{CO} \cdot F_{guNa/b} \cdot F_{KV}$ $g_{CO} = 39,45$	$F_{guNa/b} = f(v_{UN}; q_a/q_b) \rightarrow \text{T-34}$ $F_{KV} = f(KV\%) \rightarrow \text{T-33}$
	II - 2 Кривинске карактеристике: $V_R < 70 \text{ km/h}$ $g_C = g_{CO} \cdot F_{gRa/b} \cdot F_{KV}$ $g_{CO} = 39,45$	$F_{gRa/b} = f(V_R; q_a/q_b) \rightarrow \text{T-35}$ $F_{KV} = f(KV\%) \rightarrow \text{T-33}$
	II - 3 Стање коловоза: $V_{SK} < 70 \text{ km/h}$ $g_C = g_{CO} \cdot F_{gska/b} \cdot F_{KV}$ $g_{CO} = 39,45$	$F_{gska/b} = f(V_{sk}; q_a/q_b) \rightarrow \text{T-36}$ $F_{KV} = f(KV\%) \rightarrow \text{T-33}$

9. МЕТОДОЛОГИЈА АНАЛИЗЕ НИВОА УСЛУГЕ

Ниво Услуге је квалитативна мера услова саобраћаја на мрежи. Појам *Ниво Услуге* представља квалитативну меру која карактерише услове у саобраћајном току. Описи индивидуалних *Нивоа Услуга* карактеришу ове услове уз помоћ показатеља као што су брзина и време путовања, саобраћајне сметње, слобода маневрисања, комфор и удобност. Шест *Нивоа Услуге* дефинисани су за сваки тип пута и функционални део мреже. *Нивои Услуге* означени су одређеним словима од А до Ф. На *Нивоу Услуге А* најбољи су услови саобраћаја, а на *Нивоу Услуге Ф* најлошији. Сваки ниво показује одређени квалитет саобраћаја. Величина саобраћаја који може бити опслужен у условима прекинутог тока представља *Ниво Услуге Ф*, који је дефинисан као *Ниво* одмах испод *Нивоа Услуге Е*, при ком се саобраћај још увек одвија у условима непрекинутог тока. *Ниво Услуге Е* одређује величину тока која одговара максималној вредности тока или капацитету на посматраном функционалном делу мреже. *Ниво Услуге Д* или Ц у циљној години обично се користе у планирању путне мреже као мера којом се обезбеђују прихватљиви услови експлоатације.

Показатељи *Нивоа Услуге* за непрекинуте и прекинуте токове на различитим функционалним деловима мреже битно се разликују.

У процедурама прорачуна врши се предвиђање максималне величине протока возила која се може прилагодити могућностима функционалних делова мреже на одговарајућем *Нивоу Услуге* осим на *Нивоу Услуге Ф*. Тако сваки функционални део мреже има 5 граничних величина протока возила, по један за сваки *Ниво Услуге*.

Граничне величине протока возила засноване су на вршном протоку у 15-минутном интервалу. Гранична вредност часовног протока возила дефинисана је као 4x15-минутно вршно оптерећење. Величина граничног протока возила дефинисана је као максимум за сваки *Ниво Услуге*.

За сваки функционални део мреже *Ниво Услуге* је дефинисан на основу једног или више показатеља саобраћајног тока који најбоље описују квалитет тока (услове саобраћаја) на посматраном делу мреже. Показатељи одабрани да дефинишу *Ниво Услуге* за сваки део мреже називају се мерилима ефикасности и представљају приступачне мере које најбоље описују квалитет тока (табела 38).

Т-38

ФУНКЦИОНАЛНИ ДЕО МРЕЖЕ	МЕРА ЕФИКАСНОСТИ
АУТОПУТЕВИ основни одсек (сегмент) пута зоне преплитања рампе (одсек аутопута у зони иза уливне и испред изливне рампе)	густина (ПА/км/траци)
	просечна брзина тока (km/h)
	величина протока возила (ПА/х/смеру)
ВИШЕТРАЧНИ ПУТЕВИ	просечна брзина тока (km/h)
	густина (ПА/км/траци)
ДВОТРАЧНИ ПУТЕВИ	просечна брзина тока (km/h)
	временски застоји (губици) (%)
	величина протока возила (ПА/х/оба смера)
СЕМАФОРИСАНЕ РАСКРСНИЦЕ	просечни временски губици због зауостављања (с/воз)
НЕСЕМАФОРИСАНЕ РАСКРСНИЦЕ	просечни укупни временски губици (с/воз)
АРТЕРИЈЕ	просечна брзина путовања (km/h)

9.1. МЕТОДОЛОГИЈА АНАЛИЗЕ НИВОА УСЛУГЕ ДВОТРАЧНОГ ПУТА

Ниво Услуге је квалитативна мера којом се описују услови саобраћаја на основном сегменту двотрачног пута за двосмерни саобраћај. Примарну улогу у дефинисању *Нивоа Услуге* основних одсека двотрачних путева имају **БРЗИНА ТОКА**, као директно мерљив показатељ и **ПРОЦЕНАТ ВРЕМЕНСКИХ ЗАСТОЈА**, као аналитички утврђен показатељ, док секундарну улогу има **РЕЛАЦИЈА ТОК/КАПАЦИТЕТ**, као количник између протока (директно меривог) и капацитета (аналитички дефинисаног показатеља). **Показатељи Нивоа Услуге одређују се за 15-минутне вршне токове и утврђују на сегментима довољне дужине.** Вредности брзина по *Нивоима Услуге* засноване су на дворезимској функционалној зависности брзина од величине тока.

(1.) РЕЖИМ СЛОБОДНОГ ТОКАУ коме услови саобраћаја одговарају *Нивоу Услуге А*

У овом режиму брзине не зависе од величине тока, већ су у функцији техничко-експлоатационих карактеристика пута и карактеристика система "возило-возач", тј. у функцији слободне брзине (V_{sl}). Општи образац за брзину тока у РЕЖИМУ СЛОБОДНОГ ТОКА гласи:

$$V_{sl} \geq V_{NUA}; V_{NUA} = F(V_{sl})$$

Ниво Услуге А на основним сегментима двотрачних путева у практично идеалним условима на основним врстама терена остварује се при % временских застоја ($\%VZ_{NUA} \leq 30\%$), при величини протока (Q_{NUA}) и брзини тока (V_{NUA}) које су у функцији теренских услова, односно брзине слободног тока (V_{sl}) и основног капацитета (C_0), тј. $q_{NUA} = F(V_{sl}; C_0)$ и $V_{NUA} = F(V_{sl})$. Тако се за сегменте с обзиром на 3 врсте терена остварују следеће вредности:

(I) За сегменте у практично идеалним условима на равничарском терену

$$V_{sl} = 100(\text{km/h}); C_0 = 2860(\text{PA/h}); q_{NUA} \leq 430(\text{PA/h}); V_{NUA} \geq 95(\text{km/h})$$

(II) За сегменте у практично идеалним условима на брдовитом терену

$$V_{sl} = 90(\text{km/h}); C_0 = 2770(\text{PA/h}); q_{NUA} \leq 415(\text{PA/h}); V_{NUA} \geq 85(\text{km/h})$$

(III) За сегменте у практично идеалним условима на планинском терену

$$V_{sl} = 80(\text{km/h}); C_0 = 2600(\text{PA/h}); q_{NUA} \leq 390(\text{PA/h}); V_{NUA} \geq 75(\text{km/h})$$

На сегментима који су лошији од практично идеалних, граничне величине тока при *Нивоу Услуге А* ниже су од напред датих у практично идеалним условима. У овим случајевима величина тока при *Нивоу Услуге А* ($v_{oz/h}$) у функцији је теренских услова, односно брзине слободног тока (V_{sl}) и практичног капацитета C ($v_{oz/h}$), тј. $q_{NUA} = F(V_{sl}; C)$

(2.) РЕЖИМ НОРМАЛНОГ ТОКА у коме услови саобраћаја одговарају *Нивоима Услуге В, С, D и Е.*

У овом режиму брзина тока, поред техничко-експлоатационих карактеристика пута и карактеристика система "возило-возач", зависе и од величине тока.

Општи образац за брзину тока у РЕЖИМУ НОРМАЛНОГ ТОКА гласи :

$$V = V_{NUA} - K(q - q_{NUA}); K = (V_{NUA} - V_c) / (C - q_{NUA})$$

који важи у домену $C \geq q \geq q_{NUA}$

Вредности V_{NUA} , q_{NUA} , V_c и C зависе од техничко-експлоатационих карактеристика пута, карактеристика терена и карактеристика тока.

На сегментима двотрачног пута који су лошији од практично идеалних, вредности коефицијента K и тока при *Нивоу Услуге А* ($v_{oz/h}$) различити су од напред датих у практично идеалним условима. У овим случајевима

$$K = f(V_{sl}, q_{NUA}, C); q_{NUA} = F(V_{sl}, C).$$

Критеријуми *Нивоа Услуге* за деонице двотрачних путева за двосмерни саобраћај у практично идеалним условима на типичним теренима без забране претицања

T-39

Ниво Услуге	%VZ	q/C	I. Равничарски		II. Брдовити		III. Планински	
			V	max. q	V	max. q	V	max. q
A	≤ 30	≤ 0,15	≥ 95	≤ 430	≥ 85	≤ 415	≥ 75	≤ 390
B	≤ 45	≤ 0,27	≥ 92	≤ 770	≥ 83	≤ 750	≥ 73	≤ 700
C	≤ 60	≤ 0,43	≥ 88	≤ 1230	≥ 80	≤ 1190	≥ 71	≤ 1120
D	≤ 75	≤ 0,64	≥ 82	≤ 1830	≥ 76	≤ 1770	≥ 67	≤ 1660
E	75	< 1,00	≥ 72,5	≤ 2860	≥ 70	≤ 2770	≥ 62	≤ 2600
F	100	-	< 72,5	-	< 70	-	< 62	-

Вредности q/C за типичне теренске услове у функцији % забрањеног претицања

T-40

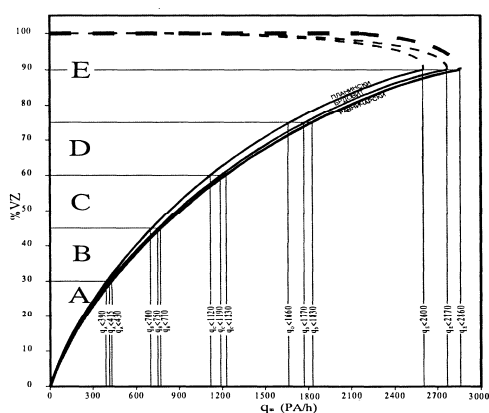
Ниво Услуге	q/C=F (% забрањеног претицања)					
	0	20	40	60	80	100
I. РАВНИЧАРСКИ						
A	0,15	0,12	0,09	0,07	0,05	0,04
B	0,27	0,24	0,21	0,19	0,17	0,16
C	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33	0,32
D	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58	0,57
E	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
F	-	-	-	-	-	-
II. БРДОВИТИ						
A	0,15	0,10	0,07	0,05	0,04	0,03
B	0,26	0,23	0,19	0,17	0,15	0,13
C	0,42	0,39	0,35	0,32	0,30	0,28
D	0,62	0,57	0,52	0,48	0,46	0,43
E	0,97	0,94	0,92	0,91	0,90	0,90
F	-	-	-	-	-	-
III. ПЛАНИНСКИ						
A	0,14	0,09	0,07	0,04	0,02	0,01
B	0,25	0,20	0,16	0,13	0,12	0,10
C	0,39	0,33	0,28	0,23	0,20	0,16
D	0,58	0,50	0,45	0,40	0,37	0,33
E	0,91	0,87	0,84	0,82	0,80	0,78
F	-	-	-	-	-	-

Фактори вршног часа за двотрачне путеве базирани на случајном току

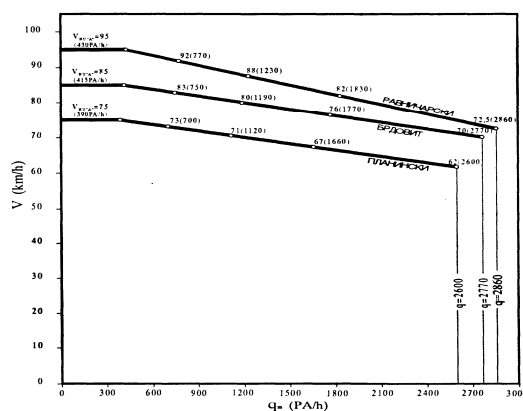
T-41

Укупни двосмерни часовни проток (voz/h)	Фактор вршног часа (FVS)	Укупни двосмерни часовни проток (voz/h)	Фактор вршног часа (FVS)
100	0,83	1.000	0,93
200	0,87	1.100	0,94
300	0,90	1.200	0,94
400	0,91	1.300	0,94
500	0,91	1.400	0,94
600	0,92	1.500	0,95
700	0,92	1.600	0,95
800	0,93	1.700	0,95
900	0,93	1.800	0,95
		1.900	0,96

ОРИЕНТАЦИОНЕ ВРЕДНОСТИ FVS ЗА ОДРЕЂЕНИ НИВО УСЛУГЕ					
Ниво Услуге	A	B	C	D	E
Фактор вршног часа	0,91	0,92	0,94	0,95	1,00



Сл. 52 Процент временских застоја $VZ = f(q)$



Сл. 53 Релација брзина-ток

9.1. Дефинисање (опис) Нивоа Услуге

Генерални опис услова у току по *Нивоима Услуге* је следећи:

НИВО УСЛУГЕ А

Представник највишег квалитета услова саобраћаја је *Ниво Услуге А* са просечним брзинама које се у практично идеалним условима приближавају 95 (km/h) на двотрачним путевима. Захтеви за претицањем су знатно испод могућности претицања и готово да се не ствара колона са више од три возила. Возачи не успоравају више од 30% времена ради спорих возила. Максимална величина тока при практично идеалним условима је 430 (ПА/х у оба смера).

НИВО УСЛУГЕ В

Ниво Услуге В карактерише подручје саобраћајног тока са брзинама у практично идеалним условима од 92 (km/h) или мало вишим на равном терену. Захтеви за претицањем потребни за одржавање жељене брзине постају значајни и приближно су једнаки претицајним могућностима на нижој граници *Нивоа Услуге Б*. Возачи успоравају у просеку до 45% времена. За *Ниво Услуге Б* величина тока износи до 770 (ПА/х у оба смера) у практично идеалним условима. Изнад те величине тока, број возила у колони која се формира у саобраћајном току почиње драматично да се повећава.

НИВО УСЛУГЕ С

Даље повећање тока карактерише *Ниво Услуге С* резултујући у значајном повећању колоне, дужини колоне и фреквенцији сметњи у претицању на равничарским теренима. Просечна брзина у практично идеалним условима још прелази 87 (km/h), упркос чињеници да захтеви за претицањем премашују претицајне могућности. Код већих токова појављују се низови возила у колони, што узрокује значајне редуције претицајних могућности. Иако је саобраћајни ток стабилан, постаје осетљив на застоје ради тока који скреће и ради спорих возила. Процент временских застоја је до 60%. Величина саобраћајног тока при *Нивоу Услуге С* износи око 1.230 (ПА/х у оба смера) под практично идеалним условима.

НИВО УСЛУГЕ Д

Код *Нивоа Услуге Д* саобраћајни токови су у подручју нестабилног тока. Два супротна саобраћајна тока нужно почињу деловати одвојено уз веће саобраћајне токове, с тим да претицање постаје екстремно тешко. Захтеви за претицањем су врло високи, док се претицајне могућности приближавају

нули. Колона са 5 до 10 возила је уобичајена, премда је могуће одржати брзину и изнад 80 (km/h) под практично идеалним условима. Делови зона са забрањеним претицањем дуж деонице пута имају утицај на претицање. Возила која скрећу и/или путна скретања проузрокују шокталасе у саобраћајном току. Процент временских застоја достиже 75%. Максимална величина саобраћајног тока за *Ниво Услуге D* износи 1.830 (ПА/х у оба смера) под практично идеалним условима. То је највећа величина тока која се може одржати у дужем времену на дужој деоници у равничарском терену, уз већу вероватноћу могућности слома (прекида саобраћаја).

НИВО УСЛУГЕ E

Услови одвијања саобраћајног тока на двотрачном путу за *Ниво Услуге E* имају проценат временских застоја већи од 75%. У практично идеалним условима брзина ће пасти испод 80 (km/h). Просечна брзина путовања на путевима где услови нису практично идеални је нижа, чак до 40 (km/h) на дугим успонима. Претицање није могуће у условима *Нивоа Услуге E*, а интензивно се стварају колоне при појави спорих возила или неке друге сметње. Највећа могућа величина саобраћајног тока за *Ниво Услуге E* одређује капацитет пута. Под практично идеалним условима капацитет износи 2.860 (ПА/х у оба смера). У осталим условима неповољнијим од практично идеалних капацитети су нижи. Саобраћајни (оперативни) услови на ванградском путу, посматрани на терену, ретко се одвијају у условима капацитета и то пре свега због недостатка захтева. Расподела саобраћајног тока по смеровима утиче на капацитет двотрачног пута. Укупни капацитет двотрачног пута смањује се зависно од одступања од расподеле 50/50 по смеровима.

НИВО УСЛУГЕ F

Ниво Услуге F представља нагомилан саобраћајни ток са саобраћајним захтевима који премашују практични капацитет. Последица тога је да је величина реализованог тока мања од капацитета, а остварене брзине су испод брзина при капацитету. Наиме, *Ниво Услуге F* ретко се одржава на дужим деоницама у равничарском терену.

9.2. ПРИМЕР ПРОРАЧУНА КАПАЦИТЕТА И НИВОА УСЛУГЕ ДЕОНИЦЕ (ОДСЕКА) ДВОТРАЧНОГ ПУТА

ПРИЛОГ

Primer 1:

Za odsek puta sa sledećim karakteristikama profila puta i toka odrediti brzinu pri kapacitetu V_c .

- širina trake: $\check{S}T = 3,25m$;
- bočne smetnje: $BS = 1,5m$;
- neravnomernost toka $q_a/q_b = 90;10$;
- uzdužni nagib: $UN = 1,5\%$;
- dužina nagiba: $L_{UN} = 2000m$;
- veličina radijusa: $R = 200m$;
- stanje kolovoza: $SK =$ odlično.

Rešenje:

Analiza slobodnih brzina u zavisnosti od karakteristika poprečnog profila puta:

$$V_R = f(R=200) = 73,3 > 70 \text{ km/h}$$

$$V_{UN} = f(UN=1,5\%, L=2000 \text{ m}) = 73 > 70 \text{ km/h}$$

$$V_{SK} = f(SK=\text{odlično}) > 70 \text{ km/h}$$

Zaključak: Kako je $V_{sl} > 70\text{km/h}$ za sve tri karakteristike toka (profila preseka puta i toka odgovaraju i podležu standardnom slučaju) pa je zaključak:

$$V_c = f(KPP)$$

Obrazac za proračun brzine pri praktičnom kapacitetu:

$$V_c = V_{CO} \cdot F_{\check{S}T} \cdot F_{BS} \cdot F_{va/b}$$

Faktori koje je potrebno odrediti se usvajaju iz tabela:

$$V_{CO} (90/10) ; T-22 \Rightarrow V_{CO} = 82,5 \text{ km/h}$$

$$F_{(\check{S}T=3,25)} ; T-23 \Rightarrow F_{(\check{S}T)} = 0,94$$

$$F_{(BS=1,5)} ; T-24 \Rightarrow F_{BS} = 0,98$$

$$V_{va/b} = V_{v(90/10)} ; T-25 \Rightarrow F_{va/b} = 1,138$$

$$V_c = 82,5 \cdot 0,94 \cdot 0,98 \cdot 1,138 = 86,49 \text{ km/h}$$

Primer 2:

Za deonicu dvotračnog vangradskog puta sa sledećim putnim i saobraćajnim karakteristikama:

broj traka $N = 2$;

širina trake $\check{S}T = 3,35$ m;

udaljenost bočnih smetnji: $BS = 0,5$ m;

uzdužni nagib: $UN = 1,5\%$;

dužina deonice: $l = 3,20$ km;

stanje kolovoza $SK = 1$ (odlično);

min. radijus horizontalne krivine: $R = 200$ m;

[%] zabrane preticanja: 80%;

protok u vršnom času $q = 440$ [voz/h oba smeru];

raspodela po smerovima: 60:40%

teren: ravničarski;

učešće komercionalnih vozila: $KV = 15\%$.

Potrebno je odrediti: Vrednost praktičnog kapaciteta C deonice puta

Rešenje:

Proračun praktičnog kapaciteta C deonice dvotračnog puta sprovodi se na osnovu časovnog protoka vozila.

U postupku određivanja praktičnog kapaciteta C deonice dvotračnog puta prvo se sprovodi određivanje brzine V_C pri praktičnom kapacitetu C polazeći od osnovne relacije za vrednost praktičnog kapaciteta:

$$C_p = V_C \cdot g^C$$

I - Određivanje brzine V_C

Analiza slobodnih brzina u zavisnosti od karakteristika poprečnog profila puta:

$$V_R = (R=200) = 73,3 > 70 \text{ km/h}$$

$$V_{UN} = (UN=1,5\%, L=2000 \text{ m}) = 73 > 70 \text{ km/h}$$

$$V_{SK} = (SK=\text{odlično}) > 70 \text{ km/h}$$

Zaključak: Kako je $V_{sl} > 70$ km/h za sve tri karakteristike toka (profila preseka puta i toka odgovaraju i podležu standardnom slučaju) pa je zaključak

$$V_C = (KPP)$$

Obrazac za proračun brzine pri praktičnom kapacitetu:

$$V_C = V_{CO} \cdot F_{\check{S}T} \cdot F_{BS} \cdot F_{va/b}$$

Faktori koje je potrebno odrediti se usvajaju iz tabela:

V_{CO} - je brzina pri baznom kapacitetu

Za zadatu raspodelu tokova po smerovima $q_a/q_b = 60/40$, vrednost: $V_{CO} = 75$ km/h

Vrednost korektivnog koeficijenta $F_{\check{S}T} = F_{\check{S}T}(\check{S}T=3,35\text{m})$ je:

$$F_{\check{S}T}(\check{S}T=3,35\text{m}) = 0,964$$

Vrednost korekcionog faktora $F_{BS} = F_{BS}(BS=0,5)$ je:

$$F_{BS}(BS=0,5) = 0,90$$

Vrednost korekcionog faktora uticaja nervnomernosti toka je: $F_{va/b} = F_v(60:40) = 1,034$

Vrednost brzine pri kapacitetu VC:

$$V_C = V_{CO} \cdot F_{ST} \cdot F_{BS} \cdot F_{va/b}$$

$$V_C = 75 \cdot 0,964 \cdot 0,9 \cdot 1,034 = 67,282 \text{ voz/h}$$

Za vrednost brzine pri kapacitetu VC usvaja se: $V_C = 67,282 \text{ km/h}$; tj. $V_C = 67 \text{ km/h}$

II - Proračun gusatine g_C pri praktičnom kapacitetu C

A) Za standardni model ($V_{sl} > 70 \text{ km/h}$)

$$g_C = g_{CO} \cdot F_{ga/b} \cdot F_{KV}$$

za $q_1/q_2 = 60/40$ iz tabele $g_{CO} = 36,40 \text{ voz/km}$

$$F_{ga/b} = F(60:40) = 0,923,$$

$$FKV = FKV(KV=15\%) = 0,96,$$

pa je sada:

$$g_C = 36,40 \cdot 0,923 \cdot 0,96 = 32,25 \text{ voz/km (gustina pri praktičnom kapacitetu)}$$

III - Vrednost praktičnog kapaciteta C

$$C = V_C \cdot g_C = 67 \cdot 32,25 = 2161 \text{ voz/h}$$

IV - Određivanje nivoa usluge - NU za deonicu puta

Nivo usluge saobraćajnog toka NU na deonicama puta je kvalitativna mera kojom se opisuju uslovi saobraćaja na osnovnom segmentu dvotračnog puta.

Glavnu ulogu u određivanju nivoa usluge NU na dvotračnim putevima imaju brzinu toka VC kao merljiv pokazatelj i % vremenskih zastoja [%] VZ.

Sekundarnu ulogu u određivanju UN ima relacija Tok/Kapacitet (q/C). Pokazatelj NU(i) određuje se za 15'-ne vršne tokove. Vrednost brzina VNU(i) po nivoima usluga zasnovane su na dvorežimskoj zavisnosti brzina od toka: $VNU = (q/NU)$.

Opšti obrazac za brzinu toka je:

$$V = V_{NUA} - \left[\frac{(V_{NUA} - V_C) * (q_{mer} - q_{NUA})}{(C - q_{NUA})} \right]$$

Zadato zadatkom:

Ravničarski teren: za nivo usluge A je $V_{NU} = 95$, $q_{NU(A)} = 430 \text{ PA/h}$;

$q = 440 \text{ voz/h}$ oba smera

Za ukupni dvosmerni protok: $q = 440 \text{ voz/h}$ oba smera, nalazi se vrednost faktora vršnog sata FVS = 0,91.

Sada je merodavni protok na osnovu 15-to minutnog vršnog sata:

$$q_{mer} = q/FVS = 440/0,91 = 481 \text{ voz/h}$$

Pa je sada:

$$V = 95 - \left[\frac{(95 - 67) * (481 - 430)}{(2161 - 430)} \right] = 95 - 0,82 = 94,18 \approx 94 \text{ km/h}$$

vrednost q/C

$$q/C = 484/2161 = 0,224$$

Analiza odnosa q/C i V sa tabličnim vrednostima (za $V = V_{UN} = 94$ km/h; $q/C = 0,224$) za zabranu preticanja od 0 % odgovara nivou usluge B.

Zadatkom je zadato 80% zabrane preticanja, pa se i ovaj parametar mora uzeti u obzir, odnosno iz tabele za q/C za tipične terenske uslove i za % zabranjenog preticanja od 80% za ravničarski teren, NU ($q/C = 0,224$; ZP=80%) nalazi se u nivou C.

Iz navedenog sledi zaključak: Nivo usluge za datu deonicu je NU između B i C.

Primer 3:

Data je deonica postojećeg dvotračnog vangradskog puta sa sledećim putnim i saobraćajnim karakteristikama:

- PGDS=4400 voz/h/oba smera
- širina trake ŠT=3,35 m,
- udaljenost bočnih smetnji BS= 0,5 m,
- teren je ravničarski,
- uzdužni nagib UN=0%
- dužina deonice je 3,20 km,
- broj traka N=2
- stanje kolovoza SK=1 (odlično)
- min radijus horizontalne krivine $R_{min}=200$ m
- procenat komercijalnih vozila KV=15%
- procenat zabrane preticanja=80%.
- protok je $q=10$ %, od PGDS
- raspodela po smerovima 60/40,

Potrebno je utvrditi pri kom se Nivou Usluge odvija saobraćaj u vršnom času pri na postojećem putu.

Rešenje:

I - Određivanje brzine V_C

Analiza slobodnih brzina u zavisnosti od karakteristika poprečnog profila puta:

$$V_R = (R=200 \text{ m}) > 70 \text{ km/h}$$

$$V_{UN} = (UN=0 \%, L=3200 \text{ m}) > 70 \text{ km/h}$$

$$V_{SK} = (SK=\text{odlično}) > 70 \text{ km/h}$$

$$\rightarrow V_C = f(KPP)$$

Obrazac za C:

$$C = V_C \cdot g_C$$

$$V_C = V_{Co} \cdot F_{ST} \cdot F_{BS} \cdot F_{Va/b} \text{ (km/h)}$$

$$g_C = g_{Co} \cdot F_{g a/b} \cdot F_{KV} \text{ (voz/km)}$$

Vrednosti za V_{Co} i g_{Co} :

$V_{Co} = 75$ km/h Bazne vrednosti brzina i gustina pri maksimalnim protocima u funkciji neravnomernosti tokova po smerovima

$g_{Co} = 36,40$ PA/km Bazne vrednosti brzina i gustina pri maksimalnim protocima u funkciji neravnomernosti tokova po smerovima

Vrednosti za faktore:

$F_{ST} = 0,96$ – Faktor uticaja širine trake na brzinu pri kapacitetu

$F_{BS} = 0,90$ – Faktor uticaja bočnih smetnji na brzinu pri kapacitetu

$F_{va/b} = 1,034$ – Faktor uticaja neravnomernosti toka po smerovima na brzinu pri kapacitetu

$F_{ga/b} = 0,923$ – Faktor uticaja neravnomernosti saobraćaja po smerovima vožnje na gustinu pri kapacitetu

$F_{KV} = 0,960$ – Faktor uticaja komercijalnih vozila na gustinu toka pri kapacitetu

Proračun kapaciteta C:

$$V_C = 75 \cdot 0,96 \cdot 0,90 \cdot 1,034 = 67,0032 \approx 67 \text{ km/h}$$

$$g_C = 36,40 \cdot 0,923 \cdot 0,960 = 32,25 \text{ voz/km}$$

$$C = V_C \cdot g_C = 67 \cdot 32,25 = 2161 \text{ voz/h}$$

Proračun brzine:

$$V = V_{NUA} - [(V_{NUA} - V_C) / (C - q_{NUA})] \cdot (q - q_{NUA})$$

$$V_{NUA} = 95 \text{ km/h}$$

$$V_C = 67 \text{ km/h}$$

$$C = 2161 \text{ voz/h}$$

$$q_{NUA} = 430 \text{ voz/h}$$

Časovni protok transformiše u časovni protok koji odgovara 15-minutnom vršnom protoku:

$$q = 0,1 \cdot PGDS = 0,1 \cdot 4400 = 440 \text{ voz/h}$$

$$q_{mer} = Q/FVS$$

$FVS = 0.910$ - Faktori vršnog časa za dvotračne puteve bazirani na slučajnom toku

$$\rightarrow q = 440/0.910 = 484 \text{ voz/h}$$

$$q = 484 \text{ voz/h}$$

Pa je sada:

$$V = 95 - [(95 - 67)/(2161 - 430)] \cdot (484 - 430) = 94 \text{ km/h}$$

Vrednost q/C :

$$q/C = 484/2161 = 0,224$$

Analiza Nivo Usluge:

Ako vrednosti V i q/C uporedimo sa tabličnim vrednostima po Nivoima Usluge za praktično idealne uslove vidi se da je Nivo Usluge po kriterijumu brzine B a po kriterijumu q/C za zabranu preticanja od 0% takođe Nivo Usluge B. Međutim na deonici je 80% zabrane preticanja pa se korišćenjem tabele za vrednosti q/C za tipične terenske uslove u funkciji % zabranjenog preticanja dobija Nivo Usluge C. Iz svega navedenog sledi zaključak da je na ovoj deonici Nivo Usluge između B i C.

TEKST ZADATKA

Data je deonica dvotračnog puta sa sledećim putnim i saobraćajnim karakteristikama. Potrebno je izračunati kapacitet deonice dvotračnog puta ?

ULAZNI PODACI

Tehničko - eksploatacione karakteristike i karakteristike saobraćajnog toka			
Broj voznih traka	$N = 2$	Prosečan Godišnji Dnevni Saobraćaj	$PGDS = 9.000$ (voz/dan)
Širina saobraćajne trake	$\check{S}_t = 3,50$ (m)	Struktura vozila u toku	PA = 66 (%) BUS = 6 (%) TV = 17 (%) AV = 7 (%)
Udaljenost bočnih smetnji	$BS = 1,75$ (m)	Rekreativna vozila	RV = 4 %
Min.radijus horizontalne krivine	$R_{min} = 220$ (m)	Zabrana preticanja	0%
Stanje kolovoza	SK = odlično	Merodavni protok	$q_m = 12 \% PGDS.$
Uzdužni nagib (prosečni)	UN = 1 (%)	Odnos toka po smerovima	60/40 %
Dužina deonice	$l = 2,00$ (km)	Merodavno vozilo u toku - mtv	124 (kg/kw)
Slobodna brzina	$V_{sl} = 90$ (km/h)	Vrsta terena	Ravničarski Brdovit Planinski

REŠENJE ZADATKA

b) ZADATAK URADJEN po :		Novoklasičnom postupku
Specifični uspon	DA	
Analiza V_{sl}	$V_{sl} (UN) > 70$ (km/h) $V_{sl} (R) > 70$ (km/h) $V_{sl} (SK) > 70$ (km/h) $\Rightarrow V_c = f(KPP)$	
Obrazac	$C = V_c \times g_c$ $V_c = V_{co} \times F_{ST} \times F_{BS} \times F_{V a/b}$ (km/h) $g_c = g_{co} \times F_{g a/b} \times F_{KV}$ (voz/km)	
Vrednosti V_{co} i g_{co}	$V_{co} = 75,00$ (km/h) $g_{co} = 36,40$ (PA/km)	
Vrednosti faktora	$F_{ST} = 1,00$ $F_{BS} = 1,00$ $F_{V a/b} = 1,034$	$F_{g a/b} = 0,923$ $F_{KV} = 0,912$
Proračun	$V_c = 75,0 \times 1 \times 1 \times 1,034 = 77,55$ (km/h) $g_c = 36,40 \times 0,923 \times 0,912 = 30,64$ (voz/km) $C = V_c \times g_c = 77,55 \times 30,64 = 2.376$ (voz/h)	
	Rezultat	$C = 2.376$ (voz/h)

TEKST ZADATKA

Data je deonica dvotračnog puta sa sledećim putnim i saobraćajnim karakteristikama. Potrebno je izračunati kapacitet deonice dvotračnog puta ?

ULAZNI PODACI**Tehničko - eksploatacione karakteristike i karakteristike saobraćajnog toka**

Broj voznih traka	$N = 2$	Prosečan Godišnji Dnevni Saobraćaj	PGDS = 6.900 (voz/dan)
Širina saobraćajne trake	$\check{S}_t = 3,25$ (m)	Struktura vozila u toku	PA = 71 (%) BUS = 7 (%) TV = 14 (%) AV = 8 (%)
Udaljenost bočnih smetnji	$BS = 1,00$ (m)	Rekreativna vozila	RV = 0 %
Min. radijus horizontalne krivine	$R_{min} = 120$ (m)	Zabrana preticanja	60 %
Stanje kolovoza	SK = odlično	Merodavni protok	$q_m = 11$ % PGDS.
Uzdužni nagib (prosečni)	UN = 1,80 (%)	Odnos toka po smerovima	60/40 %
Dužina deonice	$l = 3,20$ (km)	Merodavno vozilo u toku - mtv	124 (kg/kw)
Slobodna brzina		Vrsta terena	Ravničarski Brdovit Planinski

b) ZADATAK URADJEN po :

Specifični uspon	DA NE
Analiza V_{sl}	$V_{sl}(UN) = > 70$ (km/h) $V_{sl}(R) = 60$ (km/h) < 70 (km/h) $V_{sl}(SK) = > 70$ (km/h) $\rightarrow V_c = f(R_{min})$
Obrazac	$C = V_R \times g_c$ $V_R = V_R \times F_R$ (km/h) $g_c = g_{c0} \times F_{gRa/b} \times F_{KV}$ (voz/km)
Vrednosti V_R i g_{c0}	$V_R = 60,00$ (km/h) $g_{c0} = 39,45$ (PA/km)
Vrednosti faktora	$F_R = 0,960$ [Tab.10.19.] $F_{gRa/b} = 0,951$ $F_{KV} = 0,924$
Proračun	$V_c = 60 \times 0,96 = 57,60$ (km/h) $g_c = 39,45 \times 0,951 \times 0,924 = 34,67$ (voz/km) $C = V_R \times g_c = 57,60 \times 34,67 = 1.997$ (voz/h)
	Rezultat $C = 1.997$ (voz/h)

TEKST ZADATKA- Operativna analiza za postojeće stanje

Data je deonica postojećeg dvotračnog vangradskog puta sa sledećim putnim i saobraćajnim karakteristikama.

- slobodna brzina $V_{sl} = 96$ (km/h),
- širina trake $\dot{S}_t = 3,35$ (m), a udaljenost bočnih smetnji $BS = 0,50$ (m),
- teren je ravničarski,
- dužina deonice je 3,20 (km),
- procenat zabrane preticanja je 80%,
- veličina protoka u vršnom času $q_{NUI} = 440$ voz/h/u oba smera,
- učešće putničkih automobila u ukupnom toku je $PA = 85\%$,
- učešće teretnih vozila u ukupnom toku je $TV = 5\%$, a učešće autobusa je $BUS = 4\%$,
- učešće rekreativnih vozila u ukupnom toku $R_v = 6\%$,
- neravnomernost po smerovima 60/40,
- u saobraćajnom toku su vozači koji svakodnevno sedaju za volan.

Potrebno je utvrditi pri kom se *Nivou Usluge* odvija saobraćaj u vršnom času pri $q_{NUI} = 440$ (voz/h/u oba smera) na postojećem putu ($NU_i = ?$)

ULAZNI PODACI**A) PODACI O SAOBRAĆAJNIM TOKOVIMA**

PGDS POSTOJEĆI PROGNOZIRANI	4.000 (voz/dan u oba smera)	Struktura vozila u toku	PA = 85 (%) BUS = 4 (%) TV = 5 (%) AV = 0 (%)
Merodavni protok u vršnom času	$q_{NUI} = 440$ (voz/h/u oba sm.)	Rekreativna vozila	RV = 6 (%)
Procenat zabrane preticanja	80%	Merod. voz. u toku	mtv = 124 (kg/kw)
		Vikend vozači	DA NE
		Neravnomernost po smerovima	a/b = 60/40 %

B) PODACI O PUTU

Broj voznih traka	$N = 2$	Slobodna brzina	$V_{sl} = 96$ (km/h)
Širina trake	$\dot{S}_t = 3,35$ (m)	Vrsta terena	ravničarski brdovit planinski
Bočne smetnje JEDNOSTRANE OBOSTRANE	$BS = 0,50$ (m)	Uzdužni nagib (specifični)	DA NE % (m)
Stanje kolovoza	$SK = 1$ (odlično)	Dužina deonice	$l = 3,20$ (km)
Min. radijus horizontalne krivine	$R_{min} = 200$ (m)	Uzdužni nagib (prosečni)	DA NE < 1% na $l = 3200$ (m)

REŠENJE ZADATKA

b) ZADATAK URADJEN po:

U prvom koraku se realni časovni protok transformiše u časovni protok koji odgovara 15-to minutom vršnom protoku:

$$q = Q / FVS$$

$$Q_m = 440 \text{ (voz/h)}$$

$$FVS = 0,910$$

$$\rightarrow q = 440/0,910 = 484 \text{ (voz/h)}$$

Proračun pokazatelja Nivoa Usluge

Analiza V_{sl}	$V_{sl} \text{ (UN)} > 70 \text{ (km/h)}$ $V_{sl} \text{ (R)} > 70 \text{ (km/h)}$ $V_{sl} \text{ (SK)} > 70 \text{ (km/h)}$ $\rightarrow V_c = f \text{ (KPP)}$	
Obrazac	$C = V_c \times g_c$ $V_c = V_{co} \times F_{ST} \times F_{BS} \times F_{V_{a/b}} \text{ (km/h)}$ $g_c = g_{co} \times F_{g_{a/b}} \times F_{KV} \text{ (voz/km)}$	
Vrednosti V_{co} i g_{co}	$V_{co} = 75,00 \text{ (km/h)}$ $g_{co} = 36,40 \text{ (PA/km)}$	
Vrednosti faktora	$F_{ST} = 0,96$	$F_{g_{a/b}} = 0,923$
	$F_{BS} = 0,90$	$F_{KV} = 0,960$
	$F_{V_{a/b}} = 1,034$	
Proračun kapaciteta	$V_c = 75 \times 0,96 \times 0,90 \times 1,034 = 67,00 \text{ (km/h)}$ $g_c = 36,40 \times 0,923 \times 0,960 = 32,25 \text{ (voz/km)}$ $C = V_c \times g_c = 67,00 \times 32,25 = 2.161 \text{ (voz/h)}$	
Proračun brzine	$V = V_{NU^A''} - [(V_{NU^A''} - V_c) / (C - q_{NU^A''})] \times (q - q_{NU^A''})$ $V_{NU^A''} = 95 \text{ (km/h)} \quad V_c = 67 \text{ (km/h)}$ $C = 2.161 \text{ (voz/h)} \quad q = 484 \text{ (voz/h)} \quad q_{NU^A''} = 430 \text{ (voz/h)}$ $V = 95 - [(95 - 67) / (2161 - 430)] \times (484 - 430) = 94 \text{ (km/h)}$	
Vrednost q/C	$q/C = 484/2161 = 0,224$	

ANALIZA NIVOA USLUGE

Ako vrednosti V i q/C uporedimo sa tabličnim vrednostima po Nivoima Usluge za praktično idealne uslove vidi se da je *Nivo Usluge* po kriterijumu brzine "B", a po kriterijumu q/C takodje *Nivo Usluge* "B". Medjutim na deonici je 80% zabrane preticanja pa se po kriterijumu q/C dobija *Nivo Usluge* "C". Iz svega navedenog sledi zaključak da je na ovoj deonici **Nivo Usluge između "B" i "C"**.

TEKST ZADATKA- Operativna analiza za postojeće stanje

Data je deonica postojećeg dvotračnog vangradskog puta sa sledećim putnim i saobraćajnim karakteristikama.

- slobodna brzina $V_{sl} = 100$ (km/h),
- širina trake $\dot{S}_t = 3,65$ (m), a udaljenost bočnih smetnji $BS = 1,75$ (m),
- teren je ravničarski ,
- dužina deonice je 8,00 (km),
- procenat zabrane preticanja je 0%,
- učešće putničkih automobila u ukupnom toku je $PA = 84\%$,
- učešće teretnih vozila u ukupnom toku je $TV = 10\%$, a učešće autobusa je $BUS = 1\%$,
- učešće rekreativnih vozila u ukupnom toku $R_v = 5\%$,
- neravnomernost po smerovima 70/30,
- u saobraćajnom toku su vozači koji svakodnevno sedaju za volan.

Potrebno je utvrditi maksimalni tok pri *Nivou Usluge "C"* i kapacitet deonice puta

ULAZNI PODACI**A) PODACI O SAOBRAĆAJNIM TOKOVIMA**

PGDS POSTOJEĆI PROGNOZIRANI		Struktura vozila u toku	PA = 84 (%) BUS = 1 (%) TV = 10 (%) AV = 0 (%)
Merodavni protok u vršnom času		Rekreativna vozila Merod. voz. u toku	RV = 5 (%) mtv = 124 (kg/kw)
Procenat zabrane preticanja	0%	Vikend vozači Neravnomernost po smerovima	DA NE a/b = 70/30 %

B) PODACI O PUTU

Broj voznih traka	$N = 2$	Slobodna brzina	$V_{sl} = 100$ (km/h)
Širina trake	$\dot{S}_t = 3,65$ (m)	Vrsta terena	ravničarski brdovit planinski
Bočne smetnje JEDNOSTRANE OBOSTRANE	$BS = 1,75$ (m)	Uzdužni nagib (specifični)	DA NE ____%____(m)
Stanje kolovoza	$SK = 1$ (odlično)	Dužina deonice	$l = 8,00$ (km)
Min.radijus horizontalne krivine	$R_{min} = 250$ (m)	Uzdužni nagib (prosečni)	DA NE <1% na $l = 8000$ (m)

REŠENJE ZADATKA

b) ZADATAK URADJEN po:

Proračun pokazatelja

Analiza V_{sl}	$V_{sl} (UN) > 70 \text{ (km/h)}$ $V_{sl} (R) > 70 \text{ (km/h)}$ $V_{sl} (SK) > 70 \text{ (km/h)}$ $\rightarrow V_c = f(KPP)$	
Obrasci	$q_{NU"E"} \rightarrow C = V_c \times g_c$ $V_c = V_{c0} \times F_{ST} \times F_{BS} \times F_{V_{a/b}} \text{ (km/h)}$ $g_c = g_{c0} \times F_{g_{a/b}} \times F_{KV} \text{ (voz/km)}$ $q_{NU"C"} = (q/C)_i \times C$	
Vrednosti V_{c0} i g_{c0}	$V_{c0} = 77,50 \text{ (km/h)}$ $g_{c0} = 33,56 \text{ (PA/km)}$	
Vrednosti faktora	$F_{ST} = 1,00$	$F_{g_{a/b}} = 0,850$
	$F_{BS} = 1,00$	$F_{KV} = 0,962$
	$F_{V_{a/b}} = 1,069$	$(q/C)_i \rightarrow NU"C" = 0,43$ $\rightarrow NU"E" = 1,00$

PRORAČUN MAKISIMALNOG PROTOKA PRI NIVOIMA USLUGE "C" i "E"

$$V_c = 77,50 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,069$$

$$g_c = 33,56 \times 0,850 \times 0,962$$

$$V_c = 82,85 \text{ (km/h)}$$

$$g_c = 27,44 \text{ (voz/km)}$$

$$q_{NU"E"} \rightarrow C = V_c \times g_c = 82,85 \times 27,44 = 2.273 \text{ (voz/h)}$$

$$q_{NU"C"} = (q/C)_i \times C = 0,43 \times 2.273 = 977 \text{ (voz/h)}$$

$$q_{NU"E"} \rightarrow C = 2.273 \text{ (voz/h)}$$

$$q_{NU"C"} = 977 \text{ (voz/h)}$$

TEKST ZADATKA - Operativna analiza za postojeće stanje

Na deonici dvotračnog puta za dvosmerni saobraćaj sa 3 odseka (dato na skici) postoji kritičan odsek sa specifičnim uzdužnim nagibom od 6,00% na dužini od 1600 (m).

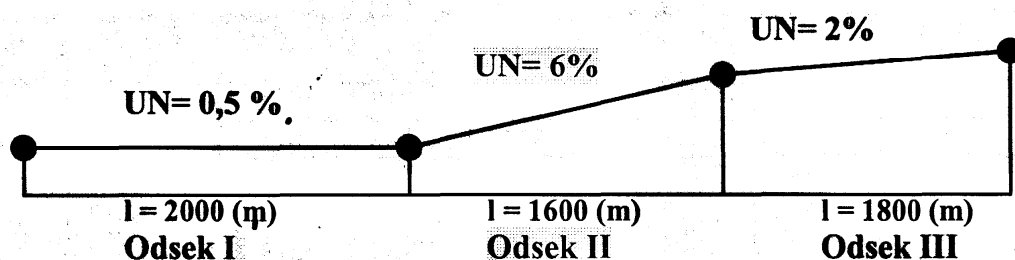
Ostali putni uslovi na deonici su :

- broj saobraćajnih traka $N = 2$
- širina saobraćajne trake $\text{Št} = 3,75 \text{ (m)}$
- udaljenost bočnih smetnji $BS = 1,00 \text{ (m)}$
- minimalni radijus horizontalne krivine $R_{\min} = 180 \text{ (m)}$
- preglednost za preticanje je ostvarena na 80 % dužine
- računsa brzina je $V_r = 90 \text{ (km/h)}$
- stanje kolovoza je $SK = 2 \text{ (vrlo dobro)}$,
- teren je brdovit.

Dostignuti saobraćajni tokovi u baznoj 2000.godini iznose 4.250 (voz/dan). Procentualno učešće pojedinih vrsta vozila u toku je : PA = 78 %, BUS = 4 %, TV = 12%, AV = 6 % i RV = 0%. Relativni odnos tokova po smerovima je 60/40%. Merodavni protok iznosi $q_m = 13\% \text{ PGDS-a}$, a faktor vršnog saobraćaja FVS = 0,90. Pretpostavlja se da će saobraćajni tokovi u dvadesetogodišnjem periodu eksploatacije rasti sa prosečnom godišnjom stopom od $r = 3,8 \%$.

Na osnovu zahtevanog *Nivoa Usluge "E"* u ciljnoj godini dvadesetogodišnjeg perioda eksploatacije i izbalansiranosti uslova saobraćaja po odsecima navedene deonice potrebno je :

- ◆ utvrditi da li postoji potreba za proširenjem kapaciteta u dvadesetogodišnjem periodu eksploatacije na bazi relevantnih kriterijuma,
- ◆ ispitati da li je na kritičnom odseku potrebna dodatna traka za sporu vožnju na bazi relevantnih kriterijuma,
- ◆ ako je dodatna traka potrebna dimenzionisati je (odrediti njenu dužinu i predložiti adekvatan poprečni profil puta) i
- ◆ za primenjene mere poboljšanja uslova saobraćaja predložiti optimalnu godinu realizacije.



ULAZNI PODACI

A) PODACI O SAOBRAĆAJNIM TOKOVIMA

PGDS POSTOJEĆI PROGNOZIRANI	4.250 (voz/dan u oba smeru)	Struktura vozila u toku	PA = 78 (%) BUS = 4 (%) TV = 12 (%) AV = 6 (%)
Merodavni protok	$q_m = 13\% \text{ PGDS-a}$	Rekreativna vozila	RV = 0 (%)
Procenat zabrane preticanja	20%	Merod. voz. u toku	mtv = 124 (kg/kw)
Faktor vršnog saobraćaja	FVS = 0,90	Vikend vozači	DA NE
		Neravnomernost po smerovima	a/b = 60/40 %

B) PODACI O PUTU

Broj voznih traka	N = 2	Računska brzina	V_R = 90 (km/h)
Širina trake	Š_t = 3,75 (m)	Vrsta terena	ravničarski brdovit planinski
Bočne smetnje JEDNOSTRANE OBOSTRANE	BS = 1,00 (m)	Uzdužni nagib (specifični)	DA NE % (m)
Stanje kolovoza	SK = 2 (vrlo dobro)	Dužina deonice	l = 5,40 (km)
Min.radijus horizontalne krivine	R_{min} = 180 (m)	Uzdužni nagib (specifični na odseku 2)	DA NE UN₂ = 6% na l₂ = 1600 (m)

REŠENJE ZADATKA

ZADATAK URADJEN po: Novoklasičnom postupku i
Jugoslovenskim upustvima za izradu studija
Analiza dostignutih i perspektivnih saobraćajnih tokova

$PGDS_{2000.g.} = 4250$ (voz/dan)

$r = 3,80\%$

Obrazac za prognozu saobraćajnih tokova :

$PGDS_i = PGDS_{2000.g.} \times (1 + r)^i$

$PGDS_i = PGDS_{2000.g.} \times (1 + 0,038)^i$ i = 20 (ciljna godina prognosnog perioda je 2020.)

Rezultati prognoze saobraćajnih tokova

Godina	PGDS (voz/dan)	q _m (voz/h)	Godina	PGDS (voz/dan)	q _m (voz/h)	Godina	PGDS (voz/dan)	q _m (voz/h)
2000.	4250	553	2007.	5518	717	2014.	7164	931
2001.	4412	573	2008.	5728	745	2015.	7436	967
2002.	4579	595	2009.	5945	773	2016.	7719	1003
2003.	4753	618	2010.	6171	802	2017.	8012	1042
2004.	4934	641	2011.	6406	833	2018.	8317	1081
2005.	5121	666	2012.	6649	864	2019.	8633	1122
2006.	5316	691	2013.	6902	897	2020.	8961	1165

Analiza časovnih protoka

Realni časovni protok transformiše se u časovni protok koji odgovara 15-to minutom vršnom protoku na osnovu relacije:

$$q = q_m / FVS$$

$$FVS = 0,90$$

$$q_m 2001.g = 573 \text{ (voz/h)}$$

$$q_m 2020.g = 1165 \text{ (voz/h)}$$

$$\rightarrow q_{2001.g} = 573/0,90 = 637 \text{ (voz/h)}$$

$$\rightarrow q_{2020.g} = 1165/0,90 = 1294 \text{ (voz/h)}$$

Proračun pokazatelja Nivoa Usluge za I odsek

Analiza V_{sl}	$V_{sl} (UN) > 70 \text{ (km/h)}$ $V_{sl} (R) \geq 70 \text{ (km/h)}$ $V_{sl} (SK) = 70 \text{ (km/h)}$ $\rightarrow V_c = f(KPF)$	
Obrazac	$C = V_c \times g_c$ $V_c = V_{co} \times F_{ST} \times F_{BS} \times F_{v a/b} \text{ (km/h)}$ $g_c = g_{co} \times F_{g a/b} \times F_{KV} \text{ (voz/km)}$	
Vrednosti V_{co} i g_{co}	$V_{co} = 75,00 \text{ (km/h)}$ $g_{co} = 36,40 \text{ (PA/km)}$	
Vrednosti faktora	$F_{ST} = 1,00$	$F_{g a/b} = 0,923$
	$F_{BS} = 0,94$	$F_{KV} = 0,946$
	$F_{v a/b} = 1,034$	
Proračun kapaciteta	$V_c = 75 \times 1,00 \times 0,94 \times 1,034 = 72,90 \cong 73 \text{ (km/h)}$ $g_c = 36,40 \times 0,923 \times 0,946 = 31,78 \text{ (voz/km)}$ $C = V_c \times g_c = 72,90 \times 31,78 = 2.316 \text{ (voz/h)}$	
Proračun brzine	$V = V_{NU^A} - [(V_{NU^A} - V_c) / (C - q_{NU^A})] \times (q - q_{NU^A})$ $V_{NU^A} = 85 \text{ (km/h)}$ $V_c = 73 \text{ (km/h)}$ $C = 2.316 \text{ (voz/h)}$ $q_{NU^A} = 415 \text{ (voz/h)}$ $q_{2001.g} = 637 \text{ (voz/h)}$ $q_{2020.g} = 1294 \text{ (voz/h)}$ $V_{2001.} = 85 - [(85 - 73) / (2316 - 415)] \times (637 - 415) = 84 \text{ (km/h)}$ $V_{2020.} = 85 - [(85 - 73) / (2316 - 415)] \times (1294 - 415) = 79 \text{ (km/h)}$	
Vrednost q/C	2001.g. $\rightarrow q/C = 637 / 2316 = 0,275$ 2020.g. $\rightarrow q/C = 1294 / 2316 = 0,559$	

ANALIZA NIVOA USLUGE na I odseku

Ako vrednosti $V_{2001.} = 84 \text{ (km/h)}$ i $V_{2020.} = 79 \text{ (km/h)}$ uporedimo sa tabličnim vrednostima po *Nivoima Usluge* za brdovit teren vidi se da je *Nivo Usluge* po kriterijumu brzine u 2001.g., *NU"B"*, a u 2020.g., *NU"D"*. Po kriterijumu q/C u 2001.g., dobija se *NU"C"*, a u 2020.g., *NU"D"*.

Iz napred navedenog sledi zaključak da je na I odseku u 2001.godini **Nivo Usluge između "B" i "C"**, a u ciljnoj 2020.godini **Nivo Usluge "D"** i da nije dostignut granični *Nivo Usluge "E"*.

Proračun pokazatelja Nivoa Usluge za III odsek		
Analiza V_{sl}	$V_{sl} (UN) = 74 > 70$ (km/h) $V_{sl} (R) \geq 70$ (km/h) $V_{sl} (SK) = 70$ (km/h) $\rightarrow V_c = f(KPP)$	
Obrazac	$C = V_c \times g_c$ $V_c = V_{co} \times F_{ST} \times F_{BS} \times F_{V_{a/b}}$ (km/h) $g_c = g_{co} \times F_{g_{a/b}} \times F_{KV}$ (voz/km)	
Vrednosti V_{co} i g_{co}	$V_{co} = 75,00$ (km/h) $g_{co} = 36,40$ (PA/km)	
Vrednosti faktora	$F_{ST} = 1,00$	$F_{g_{a/b}} = 0,923$
	$F_{BS} = 0,94$	$F_{KV} = 0,946$
	$F_{V_{a/b}} = 1,034$	
Proračun kapaciteta	$V_c = 75 \times 1,00 \times 0,94 \times 1,034 = 72,90 \cong 73$ (km/h) $g_c = 36,40 \times 0,923 \times 0,946 = 31,78$ (voz/km) $C = V_c \times g_c = 72,90 \times 31,78 = 2.316$ (voz/h)	
Proračun brzine	$V = V_{NU^A} - [(V_{NU^A} - V_c) / (C - q_{NU^A})] \times (q - q_{NU^A})$ $V_{NU^A} = 85$ (km/h) $V_c = 73$ (km/h) $C = 2.316$ (voz/h) $q_{NU^A} = 415$ (voz/h) $q_{2001.g} = 637$ (voz/h) $q_{2020.g} = 1294$ (voz/h) $V_{2001.} = 85 - [(85 - 73) / (2316 - 415)] \times (637 - 415) = 84$ (km/h) $V_{2020.} = 85 - [(85 - 73) / (2316 - 415)] \times (1294 - 415) = 79$ (km/h)	
Vrednost q/C	2001.g. $\rightarrow q/C = 637 / 2316 = 0,275$ 2020.g. $\rightarrow q/C = 1294 / 2316 = 0,559$	
ANALIZA NIVOA USLUGE na III odseku		
Ako vrednosti $V_{2001.} = 84$ (km/h) i $V_{2020.} = 79$ (km/h) uporedimo sa tabličnim vrednostima po <i>Nivoima Usluge</i> za brdovit teren vidi se da je <i>Nivo Usluge</i> po kriterijumu brzine u 2001.g., <i>NU"B"</i> , a u 2020.g., <i>NU"D"</i> . Po kriterijumu q/C u 2001.g., dobija se <i>NU"C"</i> , a u 2020.g., <i>NU"D"</i> .		
Iz napred navedenog sledi zaključak da je na I odseku u 2001.godini Nivo Usluge između "B" i "C" , a u ciljnoj 2020.godini Nivo Usluge "D" i da nije dostignut granični <i>Nivo Usluge "E"</i> .		

Na I i III odseku ispunjen je osnovni uslov zadatka - nije dostignut zahtevani *Nivo Usluge "E"* do ciljne 2020.godine, iz čega sledi zaključak da ne postoji potreba za proširenjem kapaciteta, odnosno poboljšanjem uslova saobraćaja.

**Proračun pokazatelja Nivoa Usluge za II odsek
- sa specifičnim uzdužnim nagibom**

Analiza V_{sl}	$V_{sl} (UN) = V_{mv} (UN) = 38 \text{ (km/h)} < 70 \text{ (km/h)}$ $V_{sl} (R) \geq 70 \text{ (km/h)}$ $V_{sl} (SK) = 70 \text{ (km/h)}$ $\rightarrow V_c = f(UN)$	
Obrazac	$C = V_{c(UN)} \times g_c$ $V_c = V_{c(UN)} \times F_{UN} \text{ (km/h)}$ $g_c = g_{co} \times F_{gUNa/b} \times F_{KV} \text{ (voz/km)}$	
Vrednosti V_{cUN} i g_{co}	$V_{cUN} = 38,00 \text{ (km/h)}$ $g_{co} = 39,45 \text{ (PA/km)}$	
Vrednosti faktora	$F_{UN} = 0,916$	$F_{gUNa/b} = 0,997$
		$F_{KV} = 0,946$
Proračun kapaciteta	$V_{cUN} = 38,00 \times 0,916 = 34,81 \text{ (km/h)}$ $g_c = 39,45 \times 0,997 \times 0,946 = 37,21 \text{ (voz/km)}$ $C = V_{cUN} \times g_c = 34,81 \times 37,21 = 1.277 \text{ (voz/h)}$	
Proračun brzine	$V = V_{NU''A''} - [(V_{NU''A''} - V_c) / (C - q_{NU''A''})] \times (q - q_{NU''A''})$ $V_{NU''A''} = 85 \text{ (km/h)} \quad V_c = 35 \text{ (km/h)}$ $C = 1.277 \text{ (voz/h)} \quad q_{NU''A''} = 415 \text{ (voz/h)}$ $q_{2001.g.} = 637 \text{ (voz/h)} \quad q_{2020.g.} = 1294 \text{ (voz/h)}$ $V_{2001.} = 85 - [(85 - 35) / (1277 - 415)] \times (637 - 415) = 72 \text{ (km/h)}$ $V_{2020.} = V_f \text{ (brzina forsiranog toka jer je } q/C > 1)$	
Vrednost q/C	2001.g. $\rightarrow q/C = 637 / 1277 = 0,500$ 2020.g. $\rightarrow q/C = 1294 / 1277 = 1,010$	

ANALIZA NIVOA USLUGE na II odseku

Ako vrednosti $V_{2001.} = 72 \text{ (km/h)}$ i $V_{2020.} = V_f$ uporedimo sa tabličnim vrednostima po Nivoima Usluge za segmente sa specifičnim uzdužnim nagibima vidi se da je Nivo Usluge po kriterijumu brzine u 2001.g., $NU''C''$, a u 2020.g., $NU''F''$. Po kriterijumu q/C u 2001.g., dobija se $NU''C''$, a u 2020.g., $NU''F''$.

Iz napred navedenog sledi zaključak da je na I odseku u 2001.godini **Nivo Usluge "C"**, a u ciljnoj 2020.godini **Nivo Usluge "F"** i da postoji potreba za proširenjem kapaciteta, odnosno poboljšanjem uslova saobraćaja.

Na II odseku na osnovu pokazatelja Nivoa Usluge u dvadesetogodišnjem periodu eksploatacije puta postoji potreba za proširenjem kapaciteta, odnosno poboljšanjem uslova saobraćaja. Pošto se radi o specifičnom udužnom nagibu od $UN = 6\%$ na dužini od 1600 (m) logično je da se pristupi analizi utvrdjivanja potreba za izgradnjom dodatne trake za sporu vožnju.

*Postupak utvrđivanja potrebe za gradnjom dodatne trake
za odsek sa specifičnim uzdužnim nagibom*

Kriterijumi

Prema Upustvima za izradu studija izvodljivosti definisana su 4 relevantna kriterijuma:

- (1) Kriterijum potreba za dodatnim kapacitetom - q_i / C
- (2) Kriterijum prosečne brzine merodavnog vršnog časovnog toka - V_i
- (3) Kriterijum prihvatljivog relativnog smanjenja brzine merodavnog teretnog vozila u odnosu na prosečnu slobodnu brzinu svih vozila u slobodnom toku - ΔV_{max}
- (4) Kriterijum najmanje brzine merodavnog teretnog vozila na usponu u zajedničkoj saobraćajnoj traci - V_{min} .

Merodavno teretno vozilo
U funkciji procentualne zastupljenosti AV i TV u toku za merodavno teretno vozilo se uzima teretno vozilo od 124 (kg/kw) ili teško teretno vozilo od 184 (kg/kw). Pošto je %AV<10, a % (TV+AV)< 20% u ovom zadatku meru za merodavno teretno vozilo usvojiće se mtv = 124 (kg/kw).

1. Kriterijum - q_i / C
Vrednosti ovog kriterijuma direktno proizilaze iz zahtevanog *Nivoa Usluge* u eksploatacionom periodu deonice puta. Pošto je zahtevani *Nivo Usluge "E"* u 20-to godišnjem periodu eksploatacije, očigledno je na osnovu prethodne analize *Nivoa Usluge* na odseku 2 po ovom kriterijumu u razmatranom periodu **potrebna izgradnja dodatne trake.**

2. Kriterijum - V_i
Vrednosti i ovog kriterijuma direktno proizilaze iz zahtevanog *Nivoa Usluge* u eksploatacionom periodu deonice puta. Pošto je zahtevani *Nivo Usluge "E"* u 20-to godišnjem periodu eksploatacije, očigledno je na osnovu prethodne analize *Nivoa Usluge* na odseku 2 po ovom kriterijumu u razmatranom periodu **potrebna izgradnja dodatne trake.**

3. Kriterijum - ΔV_{max}

*Granične vrednosti ΔV_{max} s obzirom na
rang puta po saobraćajnom značaju*

PGDS (voz/dan)	Rang puta	ΔV_{max} (km/h)
Autoput		10
> 12.000	1.razred	10 - 15
7.000 - 12.000	2.razred	15 - 20
3.000 - 7.000	3.razred	20 - 25
1.000 - 3.000	4.razred	25 - 30
< 1.000	5.razred	30 - 40

4. Kriterijum - V_{min}

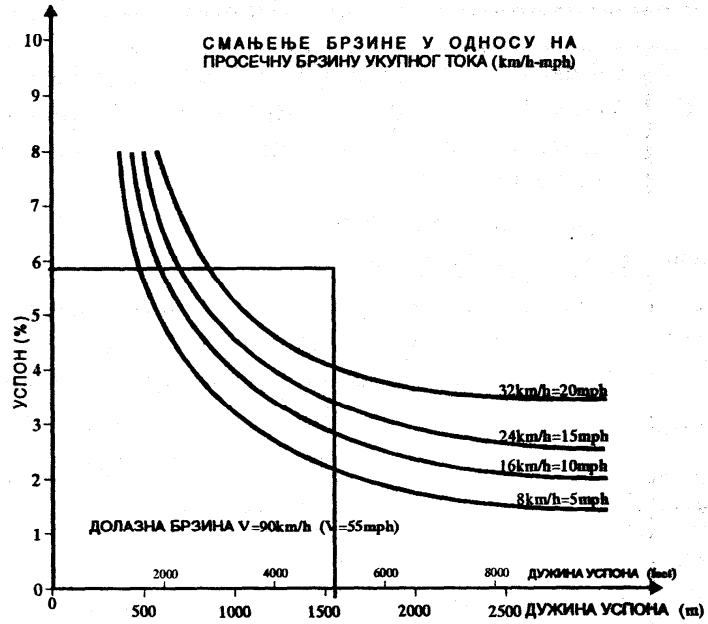
Granične vrednosti V_{min} s obzirom na računsku brzinu

Računska brzina V_r (km/h)	V_{min} (km/h)
120	50
100	45
80	40
70	35
60	30

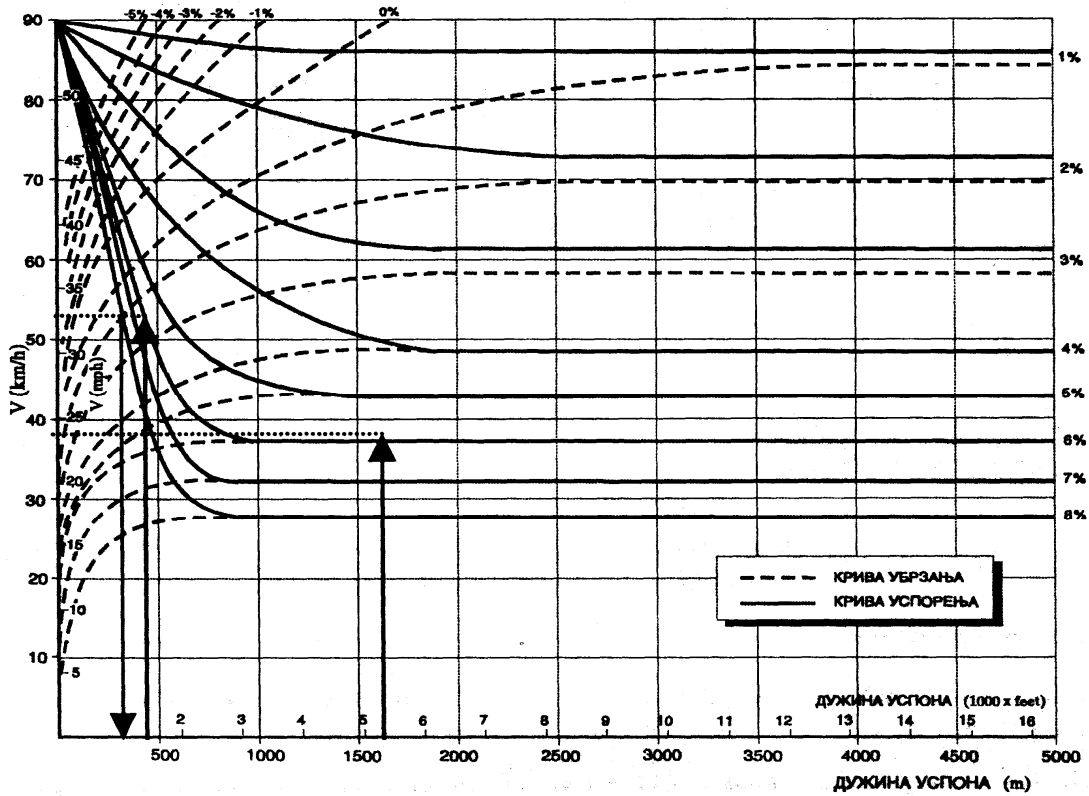
*Postupak utvrđivanja potrebe za gradnjom dodatne trake
za odsek sa specifičnim uzdužnim nagibom*

Kriterijumi	
1. Kriterijum - q_i / C	<p>Vrednosti ovog kriterijuma direktno proizilaze iz zahtevanog <i>Nivoa Usluge "E"</i> u eksploatacionom periodu deonice puta. Koristeći <i>Tabelu</i> očitavamo graničnu vrednost kriteijuma $q/C \leq 0,99$.</p> <p>2001.g. → $q/C = 0,500$ 2020.g. → $q/C = 1,010$</p> <p>Pošto je u ciljnoj godini $q/C > 0,99$ odgovor je da po ovom kriterijumu treba dodatna traka. Godina od koje po ovom kriterijumu treba dodatna traka može se izračunati iz relacije :</p> $0,99 C = q_{2001} (1 + 0,38)^n \rightarrow 0,99 \times 1277 = 637 (1,38)^n$ <p>→ $n=19$ - od 2019.godine po ovom kriterijumu potrebna je dodatna traka.</p>
2. Kriterijum - V_i	<p>Vrednosti i ovog kriterijuma direktno proizilaze iz zahtevanog <i>Nivoa Usluge</i> u eksploatacionom periodu deonice puta. Pošto je zahtevani <i>Nivo Usluge "E"</i> u 20-to godišnjem periodu eksploatacije granična vrednost ovog kriterijuma je prema <i>Tabeli</i> , u rasponu od 40-65 (km/h). Očigledno je na osnovu prethodne analize <i>Nivoa Usluge</i> na odseku 2 po ovom kriterijumu (jer je $V_c = 35$ km/h) u razmatranom periiodu potrebna izgradnja dodatne trake.</p>
3. Kriterijum- ΔV_{max}	<p>$PGDS_{2001.} = 4412$ (voz/dan) iz tabele dobijamo $\Delta V_{max} = 20-25$ (km/h) $PGDS_{2020.} = 8961$ (voz/dan) iz tabele dobijamo $\Delta V_{max} = 15-20$ (km/h) <i>Prelazak u viši razred puta prema saobraćajnom opterećenju je u 2014.godini pa vrednosti za $\Delta V_{max} = 15-20$ (km/h) važe od 2014. - 2020.godine.</i></p> <p>Sa narednog grafikona [<i>Slika 10.3</i>] očitavamo da smanjenje brzine veće od 32 (km/h) što je znatno iznad ΔV_{max} pa sledi zaključak da je i po ovom kriterijumu potrebna dodatna traka za spora vozila.</p>
4. Kriterijum- V_{min}	<p>Sa narednog grafikona [<i>Slika 5.6</i>] očitavamo da je za $UN = 6\%$ i dužinu od 1600m minimalna brzina na kraju uspona $V_{min} = 38$ (km/h). Poredjenjem ove vrednosti sa vrednošću iz prethodne Tabele za $V_r = 90$ (km/h) od $V_{min} = 42,5$ (km/h) zaključak je da i po ovom kriterijumu treba dodatna traka.</p>
<p>Konačni zaključak je da je potrebno graditi dodatnu traku. Pošto 3. i 4. kriterijum ne zavise od veličine protoka odluka o optimalnoj dinamici donosi se na osnovu 1. i 2. kriterijuma, a to je 2019.godina .</p>	

Slika 10.3. Kriva smanjenja brzina na usponu za teretno vozilo od 124 (kg/kw)



Slika 5.6. Zavisnost brzine puženja od veličine i dužine UN za teretno vozilo od 124 (kg/kw)



Dimenzionisanje dodatne trake

Ukupna dužina dodatne trake na odseku sa uzdužnim nagibom iznosi :

$$L_{dt} = L - L_1 + L_2 + 2 V_{gr} t / 3,6 \text{ (m)}$$

gde je :

L_{dt} - ukupna dužina dodatne trake

L - ukupna dužina uzdužnog nagiba (1600m)

L_1 - rastojanje od početka uzdužnog nagiba do početka dodatne trake.

L_2 - rastojanje od kraja uzdužnog nagiba do kraja dodatne trake

V_{gr} - granična najmanja brzina kojom sme da se kreće merodaavno teretno vozilo u zajedničkoj traci sa ostalim tokom vozila (vrednosti za V_{gr} date u narednoj tabeli)

$t = 4$ (s) - preporučeno vreme potrebno za isključivanje iz zajedničke trake, odnosno uključivanje u zajedničku traku.

Najčešće preporučene vrednosti vrednosti V_{gr} u funkciji računске brzine	Računska brzina V_r (km/h)	V_{gr} (km/h)
	120	60
	100	55
	80	50
	70	45
60	40	

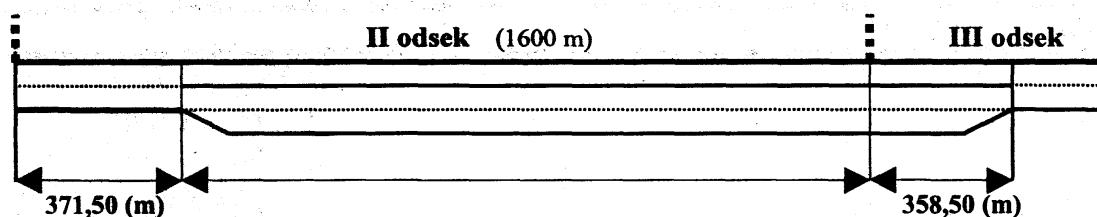
za $V_r = 90$ (km/h) → iz prethodne Tabele → $V_{gr} = 52,50$ (km/h)

L_1 → sa Slike 5.6., za UN = 6% → očitavamo $L_1 = 430$ (m)

L_2 → sa Slike 5.6., m.t. vozilo od V_{min} na kraju uspona = 38 (km/h) za UN = 6% i $l = 1600$ m, ubrzava na UN=2% do brzine $V_{gr} = 52,50$ (km/h) na dužini od (očitavamo sa Slike 5.6.) → $L_2 = 300$ (m)

$$L_{dt} = 1600 - 430 + 300 + 2 \times 52,50 \times 4 / 3,6 = 1587 \text{ (m)}$$

Početak dodatne trake je na rastojanju od $430 - 58,50 = 371,50$ (m) od početka II odseka a kraj dodatne trake na rastojanju od $300 + 58,50 = 358,50$ (m) od početka III odseka.



Pošto su elementi poprečnog profila u postojećem stanju $2 \times 3,75 + 2 \times 0,50$ (m)

moguća rešenja poprečnog profila su :

$$1 \times 3,75 + 2 \times 3,25 + 2 \times 1,00 \text{ (m)}$$

$$2 \times 3,75 + 1 \times 3,25 + 2 \times 1,00 \text{ (m)}$$

$$1 \times 3,75 + 1 \times 3,50 + 1 \times 3,25 + 2 \times 1,00 \text{ (m)}$$

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кузовић Љ. “Теорија саобраћајног тока”, Грађевинска књига , Београд 1987
- [2] Кузовић Љ. “Капацитет друмских саобраћајница”, Саобраћајни факултет, Београд 2000
- [3] Кузовић Љ. , Тополник Д. “Капацитет друмских саобраћајница”, Грађевинска књига , Београд 1989
- [4] Кузовић Љ. “Утврђивање потреба и оправданости издвајања транзитног саобраћаја са градских артерија изградњом обилазница”, Саобраћајни факултет, Београд 1997
- [5] Тубић В. “Збирка решених задатака из капацитета и нивоа услуге друмских саобраћајница”, Саобраћајни факултет, Београд 2000