

ДЕНИВЕЛИСАНЕ РАСКРСНИЦЕ ВАНГРАДСКИХ ПУТЕВА

Техничка упутства за пројектовање денивелисаних раскрсница ванградских путева су конципирана као основни документ техничке регулативе из области пројектовања ванградских путева, заснован на ставовима и вредностима дефинисаним у прилогу 2 - Траса ванградских путева. Ова техничка упутства служе за пројектовање објеката (денивелисаних раскрсница) новоградње, реконструкције и рехабилитације.

Упутства су дата у следећим поглављима:

- 1) Основе за пројектовање;
- 2) Класификација денивелисаних раскрсница;
- 3) Принципи компоновања денивелисаних раскрсница;
- 4) Геометријско обликовање и димензионисање;
- 5) Уређење подручја денивелисане раскрснице;
- 6) Саобраћајна и путна опрема; 7) Карактеристични примери.

Вредности пројектних елемената и предлози пројектних решења дефинисаних у овим упутствима формирани су на основу провера возно динамичких, конструктивних и саобраћајно-психолошких (естетских) критеријума уз истовремено уважавање захтева за минимумом инвестиционих улагања, максимумом безбедности и проточности саобраћаја и минимумом еколошких последица. Пошто су то сложени и у извесном смислу контрадикторни захтеви, оптимално решење је у њиховом компромису уз највећу креативност пројектанта и уважавање специфичних услова контекста при чему треба водити рачуна о правовременој и адекватној информисаности најшире јавности с обзиром на то да је пут јавно добро које се финансира из заједничких средстава.

Овим упутствима обухваћена су решења за денивелисане раскрснице изван непрекидно изграђеног градског подручја. То значи да раскрснице у прелазној зони између ванградског подручја и подручја непрекидне изграђености урбаних целина подлежу Техничким упутствима за пројектовање саобраћајница у градовима - денивелисане раскрснице, уз уважавање специфичних услова локације и саобраћајних захтева (моторни, јавни градски, бициклически, пешачки саобраћај).

Од утврђених вредности појединачних елемената може се одступити само ако се техничким и економским анализама докаже оправданост другачијег решења и ако се гарантује захтевани ниво безбедности, проточности и заштите животне средине, као и ако је утрошак инвестиционих средстава у складу с пројектним захватом.

Овај документ се ослања на прилог 1 - Функционална класификација ванградских путева, прилог 2 - Траса ванградских путева, као и на Закон о јавним путевима.

2. ОСНОВЕ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ

На денивелисаним раскрсницама се врши дистрибуција корисника на жељене правце кретања, што претпоставља одређене маневре (успорење, убрзање и сл.) и усклађено понашање свих учесника у саобраћају. Тај задатак се може успешно обавити плански уређеним грађевинским основама и уз поштовање основних циљева у реализацији тог грађевинског подухвата: минимум инвестиционих улагања, највећа безбедност, највећа проточност и минимум еколошких последица. То такође подразумева и доследно поштовање и спровођење јединствене методологије пројектовања, било да се ради о денивелисаној раскрсници као самосталном објекту или као објекту у саставу одређеног путног потеза новоградње или реконструкције.

Основе за пројектовање денивелисаних раскрсница заснивају се на принципу одржања режима континуалних токова главног и споредног правца. То подразумева независно вођење главног и споредног правца у различитим грађевинским нивоима, чиме се обезбеђује просторно раздвајање конфликтних струја. Таквим решењем постижу се битни ефекти по безбедност вожње, проточност саобраћаја и умањење негативних ефеката на животну околину.

Када је у питању безбедност вожње, саобраћајне статистике показују да се просторним раздвајањем конфликтних саобраћајних струја могу у потпуности уклонити пресечне тачке и тиме отклонити главни узроци саобраћајних незгода. Поред повећања безбедности, други значајан чинилац у експлоатацији јесте повећање пропусне моћи, што се без сумње остварује применом денивелисаних раскрсница, које су вишеструко већег капацитета од површинских. Применом денивелисаних раскрсница постижу се и значајни ефекти у погледу смањења загађења околине, пре свега зато што су токови континуални и следствено томе много мања емисија загађивача (бука, аерозагађење, и др.).

Поред тих неспорно позитивних ефеката, изградња денивелисаних раскрсница подразумева и ангажовање значајног простора од 20 до 50 пута већи простор него за површинске раскрснице, што захтева и одговарајућа финансијска средства. Стога се примена тих раскрсница може оправдати само на оним путним правцима, где је **укупни ПГДС већи од 12.000 возила/дан**, и то ако је **ПГДС споредног путног правца већи од 3.000 возила/дан**.

2.1. Програмски услови

Програмски услови за пројектовање денивелисаних раскрсница на ванградским путевима обухватају функционалне захтеве пресечних (укрсних) праваца у погледу континуитета и брзине кретања возила, полазне

ставове о врстама и типовима денивелисаних раскрсница, просторној организацији подручја, као и меродавне показатеље за пројектовање и контролу пројектних решења са становишта инвестиционих улагања, пропусне моћи, безбедности саобраћаја и еколошких последица.

Закон о јавним путевима, прилог 1 - Функционална класификација путева, прилог 2 - Траса ванградских путева, прилог 3 - Површинске раскрснице ванградских путева, представљају основну законску и техничку регулативу за планирање и пројектовање денивелисаних раскрсница.

У Студији концепције пројекта за новопроектване деонице или деонице које се реконструишу на постојећој мрежи формирају се програмски услови и пројектни задатак зависно од фазе израде пројектне документације. Пројектни задатак представља основни документ уговорних обавеза између инвеститора и пројектанта и, за државне путеве I и II реда, подлеже одговарајућој стручној контроли.

2.1.1. Функција у мрежи

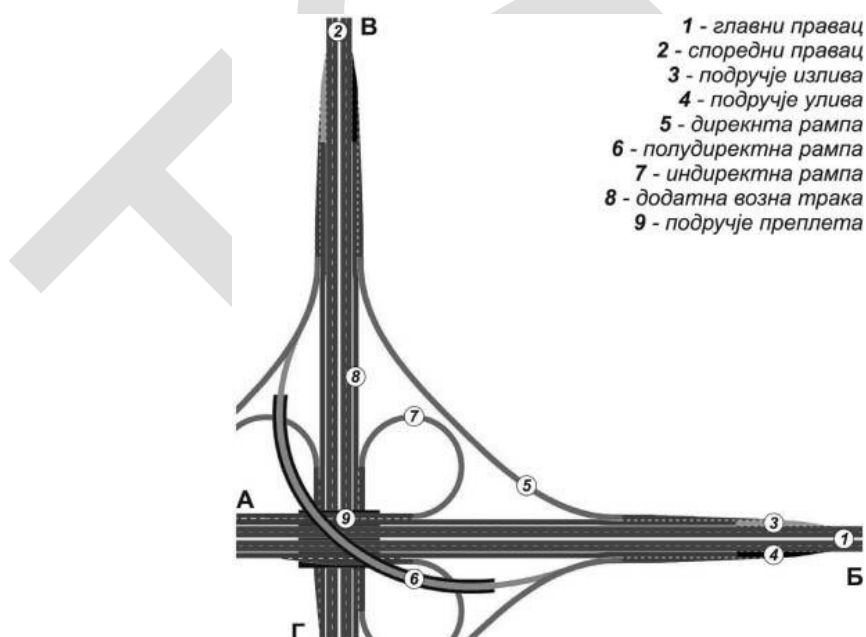
На денивелисаним раскрсницама обавља се доминантна дистрибуција токова на путној мрежи у складу са ставовима изнетим у тачки 2.1. овог прилога. Стога се оправдање за примену денивелисаних раскрсница налази на даљинским и везним путевима одговарајућег саобраћајног оптерећења. Пошто се на аутопуту захтева потпуни континуитет саобраћајних токова, то значи да је обавезна примена денивелисаних раскрсница на тој категорији путева. На осталим путевима (вишестрачни путеви (ВП) / двотрачни путеви (П)) денивелисана раскрсница оправдана је само када су испуњени услови у погледу саобраћајног оптерећења дефинисаног у тачки 2.1. овог прилога.

Као изузетак од наведеног, а када се врши денивелација укрштаја главног и споредног правца (природне условљености), могућ је специфичан тип површинске раскрснице (тзв. тип **3Б**), који је двострука комбинација прикључка типа **3А** за решење укрштаја наведеног висинског раздвајања укрсних правца. У том случају денивелишу се проточне струје главног и споредног правца, а све друге струје подлежу законитостима пројектовања површинских раскрсница.

Детаљна функционална класификација денивелисаних раскрсница приказана је у тачки 3.1. овог прилога.

2.1.2. Просторна организација денивелисаних раскрсница

Денивелисана раскрсница обухвата (слика 2-01 овог прилога) поред главног и споредног правца и прикључне рампе и различите додатне возне траке, као и одговарајуће путне објекте (мостове) у ширем подручју раскрснице. У том подручју постоје различити утицаји: од топографских и морфолошких до специфичне намене простора који мора утицати и на само решење. Стога свака денивелисана раскрсница има своје специфичности које произлазе из програмских услова и просторних ограничења, уз неопходност унификације у најширем смислу да би се на путној мрежи, што је више могуће, обезбедила максимална проточност и безбедност саобраћаја уз минимизацију еколошких последица.



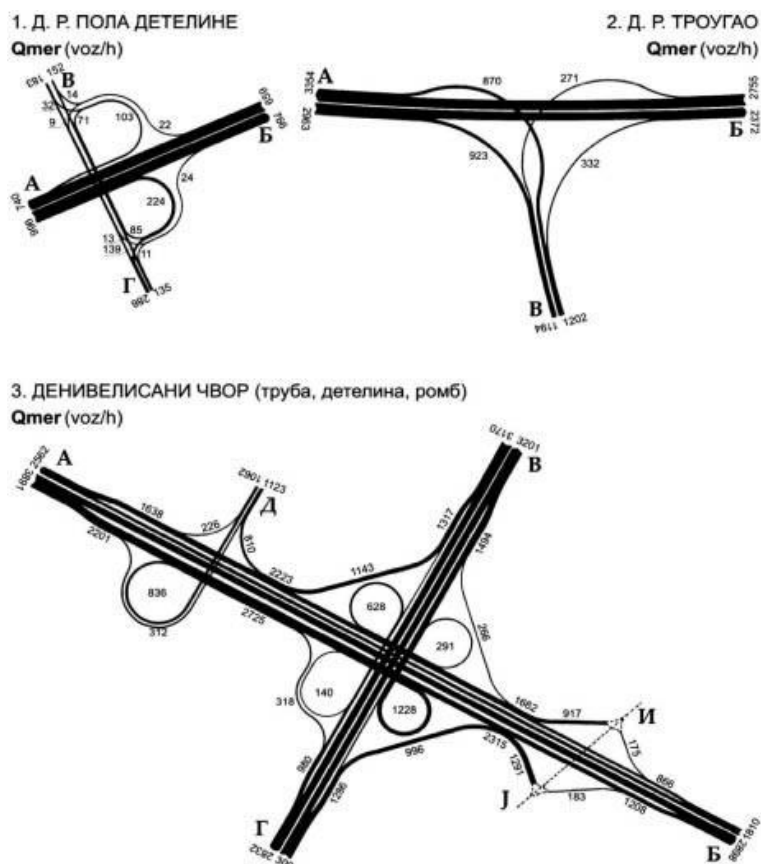
Слика 2-01: Основни елементи денивелисане раскрснице.

Полазни услов за оптималну просторну организацију денивелисане раскрснице је формирање синтезне карте (плана) ограничења. Основ за израду тог документа, у почетним фазама пројектовања, везан је за квалитет информација о ограничењима: природним (топографија, геотехника, клима, хидрологија, хидрографија, зоне и услови заштите) и створеним (намена површина и коришћење земљишта, саобраћајна и инфраструктурна основа, просторни планови). На основу дефинисане синтезне карте ограничења, могућа су варијантна решења денивелисане раскрснице зависно од система експлоатације укрсних (прикључних) правца, дистрибуције саобраћајних токова и функционалног нивоа саме раскрснице.

Оптимално функционално решење бира се применом економских метода вредновања или применом метода вишекритеријумског вредновања.

2.1.3. Саобраћајно оптерећење

За пројектовање денивелисаних раскрсница меродавна саобраћајна оптерећења у складу су са дефинисаним у прилогу 1 - Функционална класификација ванградских путева, на нивоу протока меродавног часа, утврђена верификованим методама за анализу и прогнозу саобраћајног оптерећења.



Слика 2-02: Саобраћајна слика токова на денивелисаној раскрсници.

Меродавна саобраћајна оптерећења за пројектовање денивелисаних раскрсница рашчлањују се по саобраћајним струјама (слика 2-02 овог прилога) с детаљном структуром по врстама возила. Меродавни параметар за пројектовање денивелисаних раскрсница дефинише се у складу с програмским условима и **захтеваним нивоом услуге денивелисане раскрснице (НУДР)**, који мора бити обезбеђен на истом нивоу (изузетно за 1 ниво нижи ако је реконструкција) као и за деонице између раскрсница.

2.1.4. Меродавне брзине у пројектовању

У пројектовању денивелисаних раскрсница полазне меродавне брзине су рачунске брзине деоница (V_{ri}) које се сусичу у чвору, а на основу димензионисаних величина граничних елемената плана и профила укрсних (прикључних) праваца. Примењени елементи пројектне геометрије укрсних (прикључних) праваца димензионишу се и проверавају на основу резултујућих вредности пројектних брзина (V_{pGP} , односно V_{pSP}).

За денивелисане раскрснице дефинишу се додатне меродавне брзине за поједине елементе зависно од типа раскрснице (тачка 5.3. овог прилога) и концепције вођења секундарних токова. Разликују се следећи случајеви:

- 1) **За изливе и уливе** на потезу с континуалним протоком меродавна је пројектна брзина ($V_p = 0,8V_{pGP}$) у подручју изливања или уливања (тј. потез с континуалним протоком). Ако је на целом потезу предвиђено ограничење брзине, пројектна брзина је једнака највећој дозвољеној брзини ($V_p = \max V_d$).
- 2) **За спојне рампе** меродавна је пројектна брзина рампе ($V_{p,R}$), која зависи од функционалног нивоа денивелисане раскрснице (тачка 3.1. овог прилога), односно типа рампе. Детаљнији приказ примене и граничне вредности дати су у погл. 5 ових упутстава.
- 3) **За површинске раскрснице** у саставу денивелисане раскрснице меродавне брзине у складу с тачком 2.1.4. прилога 3 - Површинске раскрснице ванградских путева.

2.1.5. Меродавна возила

Денивелисане раскрснице морају обезбедити пролаз свим врстама меродавних возила, која се као меродавна дефинишу за пројектовање појединих путних потеза (деоница) у складу с прилогом 1 - Функционална класификација ванградских путева и прилогом 2 - Траса ванградских путева. Према наведеној техничкој

регулативи, дефинисана су одговарајућа меродавна возила за конкретну категорију пута (даљински, везни, сабирни) за која се морају обезбедити услови проходности.

Дефинисање меродавног возила за пројектовање и обликовање елемената денивелисаних раскрсница и евентуално површинских раскрсница на споредном правцу, зависи од функционалног типа пута и од учесталости возила у меродавном часу за димензионисање.

2.2. Критеријуми за пројектовање

Пројектовање денивелисаних раскрсница обухвата низ веома комплексних метода, поступака и процедура у циљу формирања оптималног решења за природна и створена ограничења уз минимум инвестиционих улагања (грађење и одржавање), максимум проточности и безбедности саобраћаја и минимум еколошких последица. Дефинисане критеријуме, појединачно и скупно, треба у процесу пројектовања и обликовања доследно поштовати, и кад год је то могуће, изразити појединачним показатељима који могу послужити као релевантни параметри за вредновање варијантних решења. Одступање од наведених критеријума мора бити темељно образложено техничким, економским и обликовним анализама уважавајући ниво пројекта и значај укрсних (прикључних) праваца.

2.2.1. Услови локације

Пројектовање денивелисаних раскрсница почиње на основу дефинисаних програмских услова и пројектног задатка за пројекте новоградње или реконструкције, било да је раскрсница (раскрснице) саставни део деонице пута и/или путног потеза, или изолован пројекат раскрснице као посебан објекат. Избор макро и микро локације као и утврђивање просторних односа укрсних (прикључних) праваца мора бити у складу с меродавним саобраћајним оптерећењем и њиховом значају у путној мрежи, што је полазна активност у пројектовању површинских раскрсница.

Денивелисана раскрсница мора да буде сагледљива с главног правца (спољашна прегледност) најмање с даљине слободне прегледности $P_{sGP}=6V_{pGP}$. Тај услов искључује деонице главног правца с недовољном прегледношћу и граничним вредностима трасирања (тачка 4.1. овог прилога).

За услове прегледности са споредног правца за функционални ниво "А" и "В" ставови у погледу прегледности су, као и на главном правцу, али у функцији меродавне брзине споредног правца $P_{sSP}=6V_{pSP}$. За функционални ниво "С" денивелисаних раскрсница, који подразумева површинске раскрснице на споредном правцу, важе услови дефинисани у прилогу 3 - Површинске раскрснице ванградских путева.

Због проточности и безбедности денивелисаних раскрсница, број прикључних праваца се ограничава на три (прикључак), односно на четири (укрштај). У стандардним условима формирања мреже ванградских путева и уз поштовање начела хијерархијског устројства мреже, (прилог 1 - Функционална класификација ванградских путева) напред наведени ставови о ограничавању броја прикључних (укрсних) праваца се подразумевају. Кад год се не примени наведени принцип, последица је повећање броја укрсних (прикључних) праваца, па је неопходно декомпоновати такав чвор и формирати две или више денивелисаних раскрсница.

Организација простора и правила регулативе денивелисаних раскрсница треба да буду остварена једноставним, логичним и по могућности униформним средствима која су прегледна и јасна за све кориснике да би се остварили максимални ефекти везани за проточност и безбедност саобраћаја.

У погледу еколошких захтева, решење се првенствено постиже адекватним планерским и пројектним решењима која су у складу са условима и ограничењима, али и применом неопходних техничких мера заштите када су вредности загађења веће од законом прописаних.

2.2.2. Одстојање раскрсница - контрола приступа

Денивелисане раскрснице треба лоцирати тако да задовоље функционалне захтеве одвијања саобраћаја на нивоу раскрснице, али и уз уважавање захтева проточности и безбедности саобраћаја укрсних (прикључних) праваца на макро нивоу. Између две суседне раскрснице треба обезбедити деонице за континуитет саобраћајног тока и самим тим успоставити и логичну везу функционалних захтева саобраћаја и организације простора (намена површина) у утицајној зони пута. То значи да регулациони план пута треба да обухвати простор знатно шири од појаса експропријације, и да укључи и све урбанистичке и грађевинске активности у непосредној зони појаса контролисане изградње да би се обезбедила одговарајућа контрола приступа на основној путној мрежи државних путева I, односно II реда.

Поштовање хијерархијског принципа уређења путне мреже, (прилог 1 - Функционална класификација ванградских путева) један је од најважнијих чинилаца којим се обезбеђује захтевани ниво услуге и унапређује безбедност саобраћаја.

Минимално одстојање између денивелисаних раскрсница зависи пре свега од усаглашености намене површина и организације путне мреже (оптимална приступачност), односно за путеве са слободном експлоатацијом за денивелисане раскрснице **функционалног нивоа "А" или "В" износи 8 km**, док за раскрснице **функционалног нивоа "С" износи 5 km**, тачка 3.1. овог прилога.

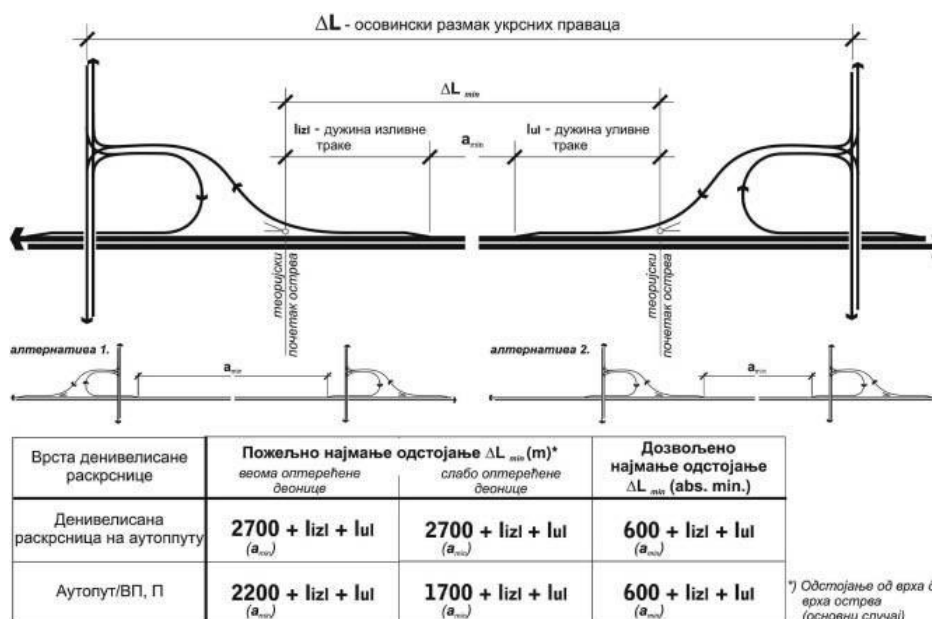
На аутопутевима с комерцијалном експлоатацијом најмање одстојање између денивелисаних раскрсница износи 10 km. Апсолутно минимално одстојање између денивелисаних раскрсница може се применити само изузетно и уз посебно образложење, препоруке су дате на слици 2-03 овог прилога.

2.2.3. Безбедност

Да би денивелисана раскрсница испунила захтеве безбедности, она мора бити:

- 1) благовремено уочена;

- 2) сагледљива и схватљива;
- 3) прегледна;
- 4) прикладна за возњу, односно проходна за меродавна возила у току.



Слика 2-03: Минимално одстојање денивелисаних раскрсница на ванградској путној мрежи.

Наведени принципи се морају проверавати од нивоа утврђивања макро локације раскрснице до анализе проходности појединачних возила за дефинисану геометрију елемената раскрснице.

Било да се ради о пројектовању нових раскрсница или о реконструкцији, мора се стално **проверавати безбедност раскрснице** у свим фазама израде пројектне документације, као и приликом техничког прегледа и утврђивања нултог стања, што је основа за добијање употребне дозволе пута.

Кључни елементи који утичу на пројектна решења јесу спољна и унутрашња прегледност денивелисане раскрснице, брзина кретања возила кроз раскрсницу, ефикасно отицање и прихватање површинских вода с коловоза и ефикасно одвођење прибрежних и подземних вода.

2.2.4. Ниво услуге и пропусна моћ

За денивелисане раскрснице ванградске путне мреже обавезно се проверава ниво услуге и пропусне моћи. Провера подразумева дефинисање потребних показатеља за све кориснике по поступку и критеријумима који ће бити дефинисани посебним пратећим техничким упутствима заснованим на иностраним и домаћим сазнањима и експерименталним истраживањима. Док не буду израђена та упутства провере, саобраћајно димензионисање треба вршити неким од верификованих поступака анализа које се примењују у европским и/или ваневропским земљама уз критички осврт на сличности и разлике који проистичу из услова одвијања саобраћаја.

Посебно је значајно то да се иницијално функционално решење денивелисане раскрснице (тј. основна геометрија елемената ситуационог плана, подужних и попречних профила) провери са становишта пропусне моћи и изврше одговарајуће исправке да би се на оптималан начин ускладили захтеви саобраћаја са обимом инвестиционих улагања.

Зависно од фазе израде пројектне документације, те провере варирају од грубих процена укупних могућности денивелисане раскрснице до димензионисања појединачних елемената (нпр. потребне дужине преплитања, броја трака излива и улива и сл.).

2.2.5. Еколошке последице

Пројектовање денивелисане раскрснице (појединачно и/или у склопу трасе пута) подлеже свим проверама и анализама као и слободне деонице пута у складу са усвојеном методологијом пројектовања ванградских путева, као и важећој законској и техничкој регулативи из области заштите животне средине.

Пошто се на денивелисаним раскрсницама обављају сложени маневри возње (успорење, убрзање и сл.), неопходно је прорачунати загађења, по различитим критеријумима, за реалне услове возње користећи технику резултујућег профила пројектне брзине за сваки појединачни елемент раскрснице (изливи, рампе, уливи, деонице преплитања и сл.).

2.2.6. Инвестициона улагања

Као и код других грађевинских пројеката, тако и код пројеката денивелисаних раскрсница тежња да се за минимум инвестиционих улагања добије што је могуће виши квалитет пројекта и пројектних решења, укључујући трошкове грађења и трошкове одржавања.

Денивелисане раскрснице су најсложенији објекти на путној мрежи и да заузимају значајан простор (од 2 до 10 и више хектара), па је од посебног интереса да се у процесу вредновања варијантних решења том проблему посвети посебна пажња.

За пројектовање денивелисаних раскрсница важе исти услови у погледу прецизности исказивања трошкова (предрачун) зависно од фазе израде пројектне документације као и за слободне деонице ванградских путева према прилогу 2 - Траса ванградских путева.

2.3. Услови примене

Избор типа денивелисане раскрснице зависи од функционалног ранга прикључних праваца, услова тока на главном правцу, оптерећења прикључних праваца, пропусне моћи, задржавања на раскрсници, безбедности вожње и заузимања простора.

2.3.1. Просторна ограничења

Просторна ограничења за пројектовање денивелисаних раскрсница могу бити двојака: природна и створена. Ако се разматрају природна ограничења, превасходно се морају анализирати топографска, геотехничка, хидролошка, хидрографска и климатска ограничења, као и ограничења проистекла из услова и зона заштите животне средине. Створена ограничења обухватају намену површина и коришћење земљишта, саобраћајну и инфраструктурну основу и просторне планове којима се уређује будући развој ширег окружења за плански период од 20 година.

Основни документ који треба формирати у почетним фазама израде пројектне документације за пројектовање денивелисане раскрснице јесте Синтезна карта (план) ограничења, у којој се једнозначно дефинишу подручја повољна за будућу изградњу, условно повољна или пак неповољна за даљу грађевинску активност. На основу тог документа предузимају се даље пројектантске активности у погледу задовољења функционалних, конструктивних и обликовних захтева за пројекат денивелисане раскрснице.

Јединство функције, конструкције и форме (обликовања) основни је постулат у пројектовању денивелисаних раскрсница, као и у пројектовању свих грађевинских објеката.

Плански период за који се пројектује објекат (новградња, реконструкција) дефинисан је у прилогу 1 - Функционална класификација ванградских путева и прилогу 2 - Траса ванградских путева.

2.3.2. Критеријуми за избор денивелисане раскрснице

У почетним фазама концепцијских анализа решења треба установити који је предлог оптималан за одређену категорију денивелисане раскрснице водећи рачуна о функционалним захтевима и могућностима локације (минимум инвестиционих улагања, највећа безбедност раскрснице, највећа проточност уз минимум трошкова корисника и минимум еколошких последица).

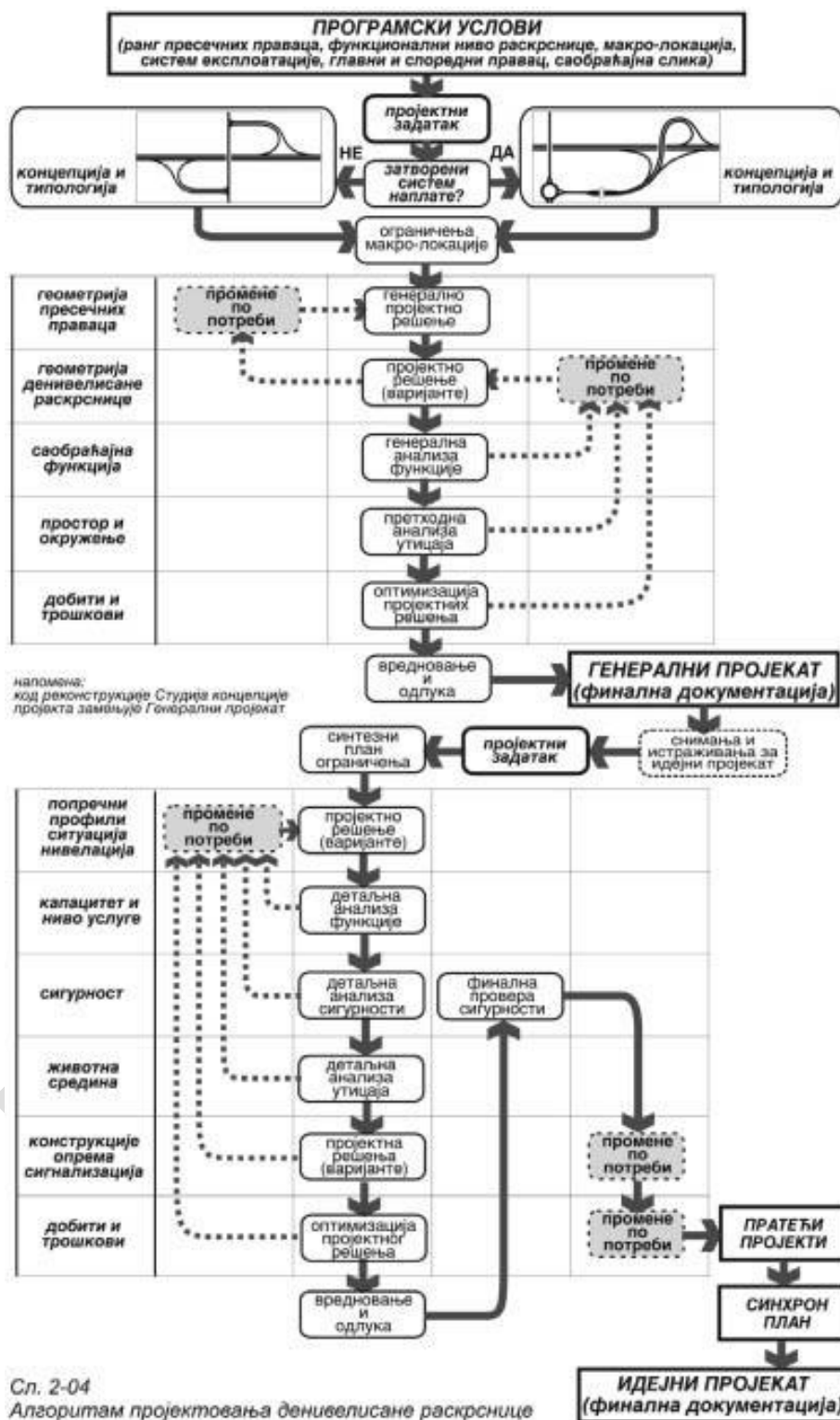
Поред општих параметара за избор оптималне варијанте наведене критеријуме треба изразити у новцу и/или на основу нумеричких показатеља да би одлука о одређеној категорији раскрснице била што поузданија. Из тог разлога неопходно је да се на нивоу сваке пројектантске фазе (генерални, идејни и главни пројекат) на одговарајући начин вреднују варијантна решења и аргументовано утврди оптимално решење.

2.3.3. Алгоритам пројектовања денивелисаних раскрсница

Процес пројектовања денивелисаних раскрсница на ванградској путној мрежи заснива се на прецизно утврђеној хијерархији процеса: од генералног, преко идејног и главног пројекта до архивског пројекта, по истој логици као и за слободне деонице траса. У Методологији пројектовања путева, дефинисане су основне активности процеса, док је на слици 2-04 овог прилога приказана алгоритамска структура за генерални и идејни пројекат, при чему се суштински проблеми пројектовања денивелисаних раскрсница решавају управо на нивоу **концепције и функције** којима је посвећен тај алгоритам.

Битна одлука која се у почетним фазама пројектовања мора донети односи се на **систем експлоатације, оптимално одстојање денивелисаних раскрсница на мрежи и функционални ниво**.

Минимална одстојања денивелисаних раскрсница дефинисана су у тачки 2.2.2. овог прилога и важе и за пратеће садржаје, било да су то функционални пратећи садржаји, или садржаји за потребе корисника, а у складу са ставовима изнетим у прилогу 1 - Функционална класификација ванградских путева.



3. КЛАСИФИКАЦИЈА ДЕНИВЕЛИСАНИХ РАСКРСНИЦА

Пројектна решења денивелисаних раскрсница зависе од њихове улоге у путној мрежи и система експлоатације (слободно или комерцијално). Због тога су утврђене полазне претпоставке за дефинисање функционалних нивоа денивелисаних раскрсница и специфични захтеви за одговарајућа пројектна решења.

3.1. Функционална класификација

Денивелисане раскрснице на путној мрежи могу се разврстати у оквиру четири функционална нивоа "А", "В", "С", "Д", зависно од категорије (функционалне класификације) укрсних праваца и меродавног саобраћајног оптерећења (слика 3-01 овог прилога).

	ДАЉИНСКИ ПУТ (АП)	ДАЉИНСКИ ПУТ (ВП, П)	ВЕЗНИ ПУТ	САБИРНИ ПУТ	ПРИСТУПНИ ПУТ
ДАЉИНСКИ ПУТ (АП)	A	B	C	D	D
ДАЉИНСКИ ПУТ (ВП, П)	B	C	поверхинске раскрснице		
ВЕЗНИ ПУТ	C	*			
САБИРНИ ПУТ	D				
ПРИСТУПНИ ПУТ	D				

*) зависно од оптерећења главног и споредног правца

Слика 3-01: Функционални нивои денивелисаних раскрсница.

Функционални ниво "А" везује се за укрштаје (прикључке) даљинских аутопутева приближно једнаких експлоатационих карактеристика. Тај функционални ниво обезбеђује потпуну контролу приступа на главном и споредном правцу и захтева пун програм денивелације и просторног каналисања са комфорним геометријским елементима који омогућавају да се интерне везе остваре с брзинама $V_{p,R} \sim 0,5 V_{p, GP}$.

Везне рампе за тај функционални ниво припадају категорији "рампи 1. реда" (тачка 5.3. овог прилога).

Функционални ниво "В" везује се за укрштаје (прикључке) даљинских аутопутева и даљинских путева (вишестрачни, двотрачни) које карактерише сличан саобраћајни режим, а различито саобраћајно оптерећење. Тај функционални ниво обезбеђује потпуну контролу приступа на главном и споредном правцу и садржи пун програм просторног раздвајања. Везни елементи денивелисане раскрснице (рампе) изводе се скромнијим геометријским елементима у режимима брзина $V_{p,R} \sim 0,4 V_{p, GP}$.

Везне рампе за тај функционални ниво припадају категорији "рампи 1. реда" (тачка 5.3. овог прилога).

Функционални ниво "С" везује се за укрштаје (прикључке) даљинских аутопутева и везних путева, односно даљинских путева (вишестрачни, двотрачни) које карактерише различит саобраћајни режим и знатне разлике у саобраћајном оптерећењу. Решење ових денивелисаних раскрсница је комбиновано. Денивелацијом се обезбеђује потпуна контрола приступа, континуална проточност и планирани ниво услуге главног правца (ГП), док се споредни правац (СП) оптерећује површинским раскрсницама, у складу с прилогом 3 - Површинске раскрснице ванградских путева) помоћу којих се решава до једне половине прикључних веза. Зависно од режима саобраћаја на споредном правцу, те раскрснице могу бити изведене као површинске раскрснице са пресецањем саобраћајних струја или као кружне раскрснице.

Везне рампе за тај функционални ниво припадају категорији "рампи 2. реда" (тачка 5.3. овог прилога).

Функционални ниво "Д" подразумева само просторно раздвајање укрсних праваца, а не и изградњу прикључних веза. То решење је карактеристично за однос даљинских аутопутева са сабирним и приступним путевима, односно локалном путном мрежом. Споредни и главни правац се повезују индиректно кроз путну мрежу.

Локална мрежа се укршта (без контакта) са аутопутем натпутњацима или потпутњацима зависно од топографских услова, а у циљу омогућавања веза које су прекинуте изградњом аутопута на сваких 1-3 km.

Функционални нивои раскрсница дефинишу се у изради генералног пројекта, када се у варијантним решењима анализирају и њихове могуће варијације, а у циљу обезбеђења захтеване проточности, безбедности, еколошких последица и укупних инвестиционих улагања.

3.2. Експлоатациона класификација

Експлоатациона класификација денивелисаних раскрсница утврђује се у генералном пројекту и поред дефинисаног оптималног коридора представља један од кључних резултата рада на том документу.

Зависно од дефинисаног система експлоатације главног и споредног правца разликују се два основна типа: 1) денивелисане раскрснице за комерцијалну експлоатацију; 2) денивелисане раскрснице за слободну експлоатацију.

Денивелисане раскрснице за комерцијалну експлоатацију везују се за затворени и/или комбиновани систем наплате путарине класичног типа. Основни услов за изградњу тих раскрсница јесте да се на једном наплатном месту обухвате сви учесници у саобраћају, тј. они који се искључују или укључују на главни (комерцијални) правац. Функционалне шеме тих раскрсница приказане су у тачки 4.4. овог прилога.

Денивелисане раскрснице за слободну експлоатацију примењују се на оним деловима путне мреже где се не наплаћује путарина, или у тзв. отвореном систему наплате путарине, где се путарина наплаћује само за транзитни саобраћај. Функционалне шеме тих раскрсница приказане су у тачки 4.4. овог прилога.

4. ПРИНЦИПИ КОМПОНОВАЊА ДЕНИВЕЛИСАНИХ РАСКРСНИЦА

Свака денивелисана раскрсница садржи три основне групе функционалних елемената из којих се компонује просторно решење:

- 1) **укрсни правци** [главни правац (ГП) - споредни правац (СП)];
- 2) **изливи и уливи; 3) спојне рампе.**

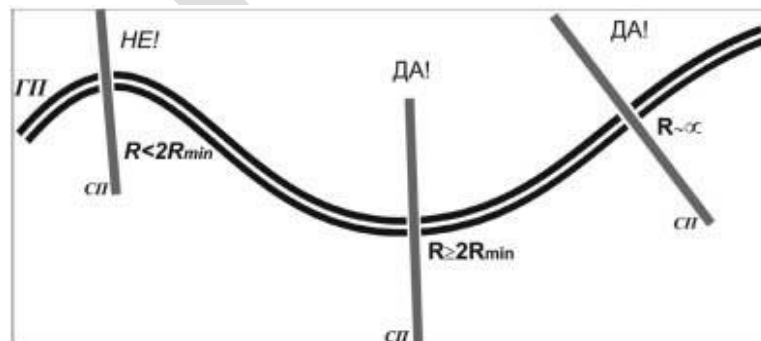
У комбинованим решењима (функционални ниво "С") додатни елеменат су и секундарне површинске раскрснице, а на комерцијалним аутопутевима и наплатна платформа.

Концепт денивелисане раскрснице, односно њено функционално решење настаје кроз процес просторног усклађивања наведених елемената при чему се поштују ограничења и захтева у погледу максималне безбедности саобраћаја, максималне проточности саобраћаја, минимума еколошких последица и минимума инвестиционих улагања (изградња и одржавање).

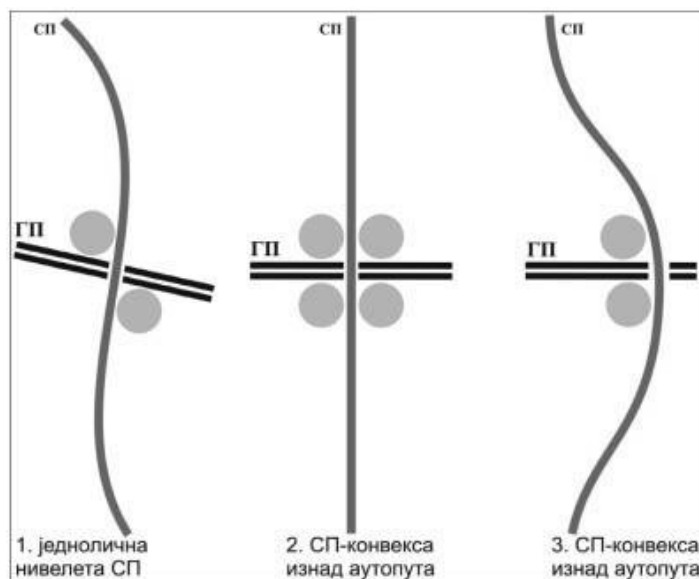
4.1. Укрсни правци

Ситуациони и нивелациони ток укрсних правца у широј зони денивелисане раскрснице зависи од реалних топографских услова, природних и створених ограничења и потреба денивелације. Пошто су ти чиниоци променљиви од локације до локације, неопходно је у процесу дефинисања позиције раскрснице, придржавати се следећих принципа:

- 1) Пресечни праваца у широј зони укрштаја (прикључка) треба да буду вођени пројектним линијама које поред комфортних услова вожње омогућују и спољну прегледност чвора (тачка 2.2.1. овог прилога), што подразумева сагледљивост доминантних објеката (натпутњак, рампа и сл.) који формирају просторну контуру денивелисане раскрснице (слике 4-01 и 4-02 овог прилога). Тај квалитет решења, постиже се осмишљеним трасирањем укрсних (прикључних) правца, тако да се денивелација остварује натпутњаком изнад главног правца (ГП). Сагледљивост тог објекта решава се прикладним типом "S" кривине главног правца. Од тих принципа може се одступити само када топографски услови диктирају другачије решење.
- 2) Најповољнија позиција укрштаја на главном правцу (слика 4-01 овог прилога) налази се у инфлексионој зони или хоризонталној кривини $R \geq 2R_{min}$. Тако је могуће без већих нивелационих проблема укомпоновати прикључне везе, а остварење захтева изнетог у ставу 1. се подразумева.
- 3) Ситуациони ток споредног правца (СП) у подручју укрштаја (прикључка) (слика 4-02 овог прилога) мора бити усаглашен с нивелационим решењем и планираним програмом денивелисане раскрснице.



Слика 4-01: Карактеристични примери могућих позиција укрштаја (прикључка) у односу на ситуациони ток главног правца.



Слика 4-02: Ситуациони ток споредног правца зависно од нивелационог решења и програма денивелисане раскрснице.

4) Подужни нагиб нивелете главног правца (ГП) ограничава се на $i_N \leq 3\%$. У погледу нагиба нивелете споредног правца (СП), односно оштрине прелома нивелете, важе вредности изнете у прилогу 2 - Траса ванградских путева.

5) Угао укрштаја главног (ГП) и споредног (СП) правца треба да буде око 90° . Тиме се обезбеђују неопходне претпоставке за оптимално обликовање денивелисане раскрснице (функционалност, симетричност, ликовни квалитети и сл.).

4.2. Изливи и уливи

Саобраћајне струје на денивелисаним раскрсницама уливају се и изливају према строго утврђеним правилима. Због тога за исправан функционални концепт посебно су значајне одлуке везане за положај излива и улива, њихов број, поредак и капацитет; односно за исправан пројектантски приступ морају се поштовати следећи принципи:

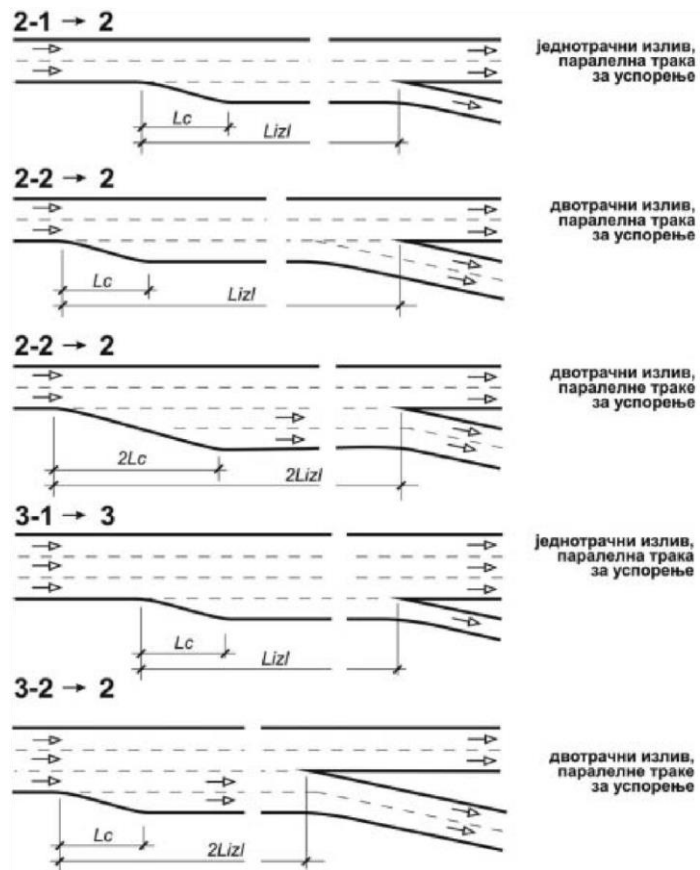
- 1) изливе и уливе треба пројектовати искључиво с **десне стране главног путног правца**;
- 2) за сваки путни смер треба организовати само по **један излив и један улив**;
- 3) исправан поредак је **прво излив, па улив**.

Одступања су дозвољена само изузетно када то услови локације и/или ограничења диктирају. У сваком том случају неопходно је техничким и економским анализама доказати оправданост другачијег решења и гарантовати захтеван ниво безбедности, проточности и заштите животне средине, као и то да је утрошак инвестиционих средстава у складу с пројектним захватом.

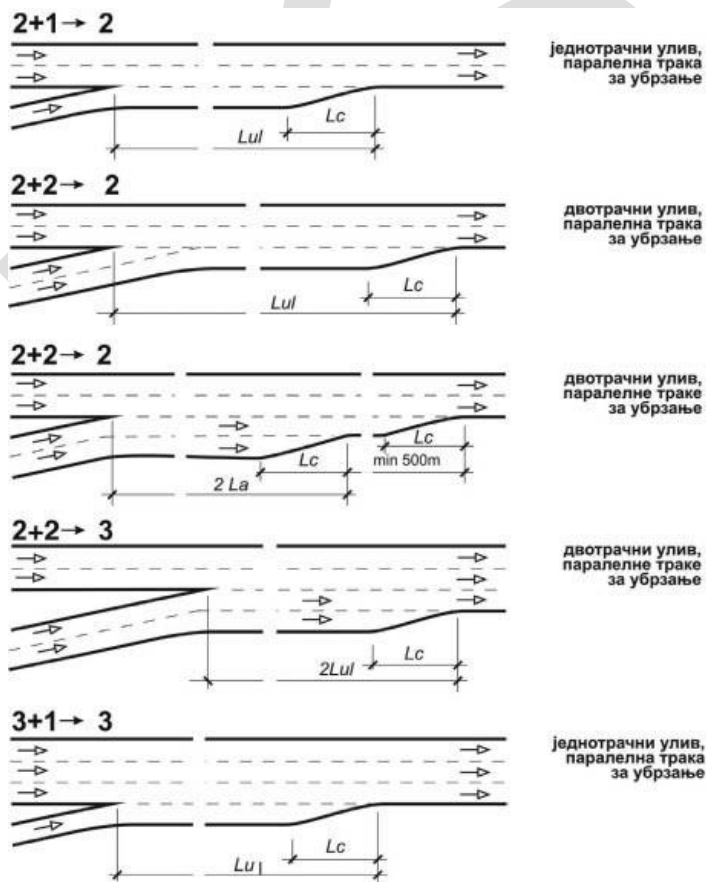
Изливи односно уливи могу бити једнотрачни или двотрачни са додатним возним тракама или без њих на основном коловозу (слике 4-03 и 4-04 овог прилога). Основна конфигурација су једнотрачни изливи односно уливи без додатних возних трака на основном коловозу. Број возних трака основног коловоза мења се између улива (додавање) и излива (укидање) суседних раскрсница. Креће се у границама ± 1 **возна трака** (t_v). Промена броја возних трака основног коловоза између улива и излива суседних раскрсница може се променити у следећим случајевима:

- 1) велико оптерећење улива, односно излива које битно повећава укупно оптерећење деонице између њих;
- 2) недовољно одстојање улива и излива суседних раскрсница које угрожава пропусну моћ и безбедност деонице (маневар преплитања);
- 3) угрожена безбедност у зонама улива.

Основне и посебне конфигурације излива и улива приказане су на сликама 4-03 и 4-04 овог прилога, заједно са условима њихове примене.



Слика 4-03: Типске конфигурације излива с могућим варијацијама броја возних трака.



Слика 4-04: Типске конфигурације улива с могућим варијацијама броја возних трака.

4.3. Спојне рампе

За повезивање укрсних праваца користе се рампе, односно самостални путеви за вођење саобраћајних струја које на раскрсници мењају путни правац. По функцији, разликују се две врсте: везне рампе које опслужују само једну саобраћајну струју између излива и улива и прикључне рампе које, преко секундарне површинске раскрснице, опслужују две саобраћајне струје.

Везне рампе користе се на денивелисаним раскрсницама истог функционалног ранга и режима протока (функционални нивои "А" и "В"), док се прикључне рампе користе на денивелисаним раскрсницама различитог функционалног ранга и режима протока (функционални ниво "С").

Типови рампи по просторном облику дати су на слици 4-05 овог прилога, а њихова комбинација је основ функционално-просторног решења денивелисане раскрснице.

Анализа меродавних брзина за пројектовање рампи и њихове пројектне карактеристике (елементи попречног профила, ситуационог плана и подужног профила) дати су у тачки 5.2. овог прилога.

4.3.1. Директне рампе

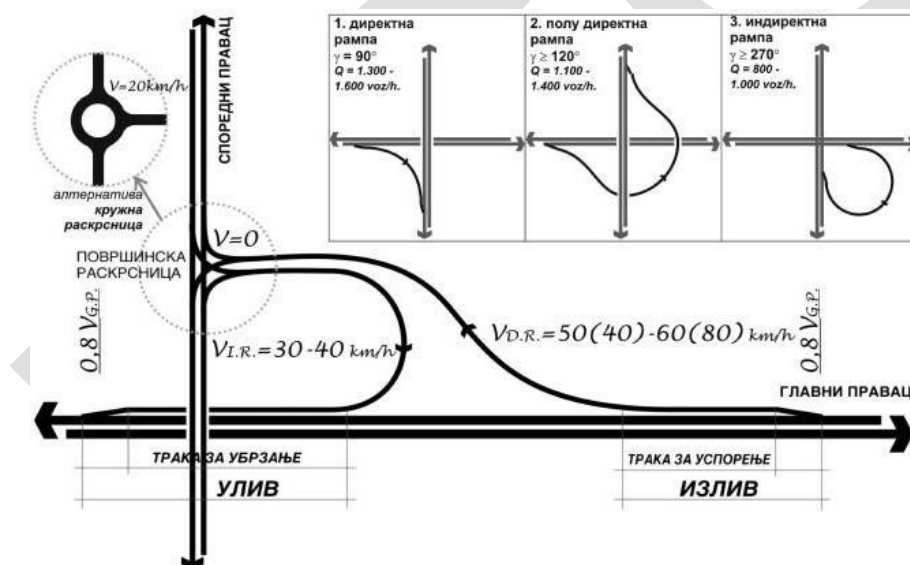
Скретни угао директних рампи је $\gamma \sim 90^\circ$. Њима се остварују најједноставније везе и служе за десна скретања. Користе се на свим типовима денивелисаних раскрсница, без обзира на функционални ниво. Капацитет једнотрачне директне рампе је од 1.300 до 1.600 возила на час.

4.3.2. Полудиректне рампе

Полудиректне рампе формирају се помоћу сложених кривинских облика који се $g \geq 120^\circ$. И у нивелационом погледу, те рампе, развијају у оквиру скретног угла изазивају низ сложених просторних односа са обавезном употребом самосталних мостовских конструкција. Примењују се за комфорније вођење значајних левих скретања на раскрсницама вишег функционалног нивоа. Капацитет једнотрачне полудиректне рампе је од 1.100 до 1.400 возила на час.

4.3.3. Индиректне рампе

Индиректне рампе се развијају у оквиру скретног угла $\gamma \geq 270^\circ$, због чега имају спирални облик који изазива повратну возњу и ограничену брзину. Тај тип рампе је стандардно решење за вођење левих скретања. Капацитет једнотрачне индиректне рампе је од 800 до 1.000 возила на час.



Слика 4-05: Меродавне брзине и капацитети за пројектовање појединачних елемената денивелисаних раскрсница.

4.4. Типови денивелисаних раскрсница

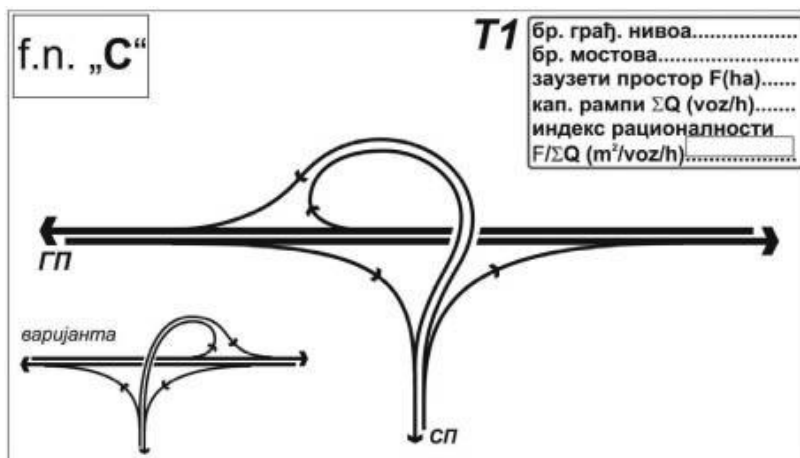
Типови денивелисаних раскрсница, односно њихова функционална решења систематизована су у складу са случајевима који се најчешће јављају на ванградској путној мрежи. Иако свака денивелисана раскрсница има своју особеност која мора бити уважена у процесу планирања и пројектовања. Изузетно је значајно што је могуће више унифицирати решења да би се утицало на повећање безбедности и проточности саобраћаја и минимизирање негативних ефеката по околину.

Приказана функционална решења денивелисаних раскрсница су први корак у формирању пројектног решења при чему су потпуно уважени захтеви саобраћаја, ограничења конкретне локације и расположивих инвестиционих средстава. Битна одлука, када је реч о функционалном решењу денивелисаних раскрсница доноси се на нивоу генералног пројекта и зависи од начина експлоатације аутопутних деоница (слободна или комерцијална експлоатација) и примењеног система наплате путарине (затворени, отворени, комбиновани).

4.4.1. Прикључци

4.4.1.1. Труба

Денивелисана раскрсница "ТРУБА" (слика 4-06 овог прилога) је најједноставнији облик прикључка (трокрака денивелисана раскрсница) и припада функционалном нивоу "С". Садржи све типове рампе: две директне за десна скретања и по једну индиректну и полудиректну рампу за лева скретања.



Слика 4-06: Денивелисана раскрсница облика "ТРУБА".

Оријентација индиректне рампе (изливна или уливна) утврђује се према интензитету саобраћаја, углу укрштаја и условима прегледности. Геометријске форме приказане на слици 4-06 овог прилога континуални кривински облици полудиректне и индиректне рампе, произлазе из захтева просторне прегледности. Те две рампе воде се раздвојеним коловозима да би се битно побољшали услови безбедности и онемогућио улазак у супротни смер вожње на главном правцу.

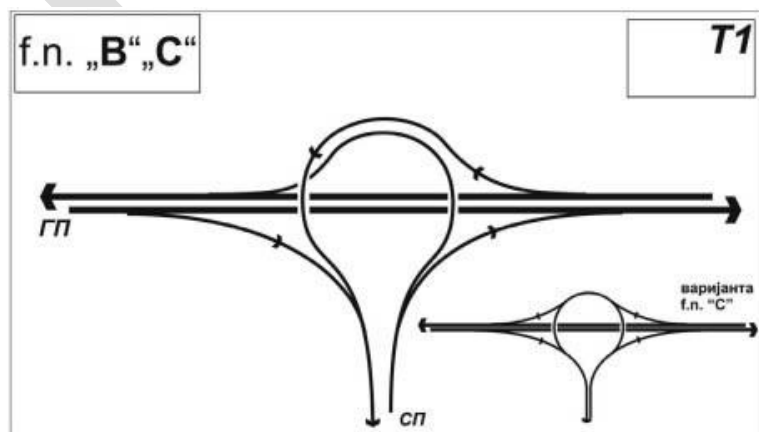
Праволинијски објекат над аутопутем примењује се када се у реконструкцији денивелисане раскрснице и/или њеној изградњи на постојећој деоници примењује монтажна градња, да би се минимално реметило одвијање саобраћаја.

За све денивелисане раскрснице неопходно је дефинисати и вредности дате у табlici "Т1" да би се вредновањем варијантних решења изабрало оптимално.

4.4.1.2. Крушка

Прикључак "КРУШКА" је комфорније решење од "ТРУБЕ" (слика 4-07 овог прилога). Има симетричну функционалну шему са две директне и две полудиректне рампе. Када се те полудиректне рампе воде просторно независно, ради се о функционалном нивоу "В", а када се интерно преплиће саобраћај на заједничком коловозу (централни део полудиректних рампи), то је решење функционалног нивоа "С".

У експлоатационом погледу могућности тог решења су изнад могућности "ТРУБЕ", али због знатно већих инвестиционих трошкова треба пажљиво одмерити одлуку о примени прикључка типа "КРУШКА".



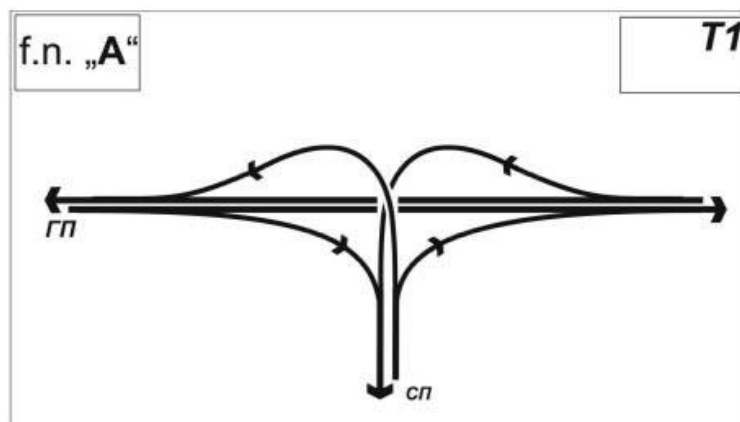
Слика 4-07: Денивелисана раскрсница "КРУШКА".

4.4.1.3. Троугао

Трокрака раскрсница "ТРОУГАО" представља највиши стандард за денивелисани прикључак и припада функционалном нивоу "А". Повезивање се изводи двама директним и двама полудиректним рампама које су просторно самосталне. Ту је денивелација у три грађевинска нивоа са два моста (главни правац у средишту) или два грађевинска нивоа са три моста (два на главном правцу и један на укрштају полудиректних рампи). То

решење има веома комфорне елементе пројектне геометрије у плану и профилу, што омогућује високе експлоатационе ефекте. Примењује се искључиво на аутопутевима високог саобраћајног значаја.

Зависно од конкретних услова локације (природних или створених ограничења), као и дистрибуције саобраћајних токова, разматрају се могућа варијантна решења, централна позиција мостовских конструкција (три грађевинска нивоа) или раздвојени мостови (3) у два грађевинска нивоа.

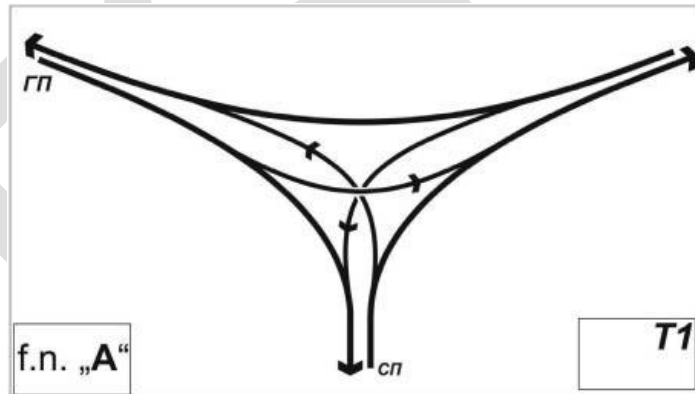


Слика 4-08: Денивелисана раскрсница "ТРОУГАО".

4.4.1.4. Рачва

Трокрака раскрсница "РАЧВА" је решење којим се спајају односно раздвајају аутопутни правци равноправни по функционалном нивоу и саобраћајном оптерећењу. Подједнак значај свих оријентација искључује класичне облике рампи са изливима и уливима. Уместо тога, рачвање и здруживање се врши слободним гранањем или спајањем, а лева скретања се нивелационо раздвајају у три грађевинска нивоа са два моста.

Денивелисана раскрсница "РАЧВА" пружа највиши ниво саобраћајног комфора свим учесницима. Она подједнако фаворизује све саобраћајне струје, па у складу с тим оправдана њена изградња на чворним тачкама путне мреже на којима се разрешују односи висококапацитетних путних праваца за даљински саобраћај (аутопут / аутопут).



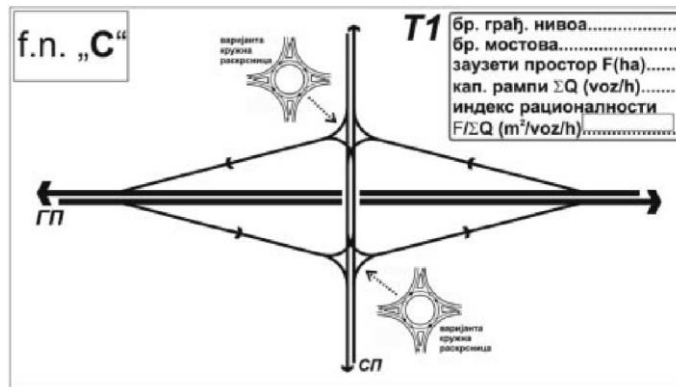
Слика 4-09: Денивелисана раскрсница облика "РАЧВА".

4.4.2. Укрштаји

Четворокраке раскрснице (укрштаји) доминирају на мрежи ванградских путева, како по броју тако и по сложености саобраћајног програма. У односу на трокраке раскрснице (прикључци), ту постоји двоструко већи број саобраћајних струја (12:6) са приближно пет пута више пресечних тачака (16:3). То указује на тежину задатка и потребу рационалног компоновања самосталних елемената денивелисане раскрснице. Као и у прикључцима и укрштајима потребна је максимална униформност решења и економичност у погледу простора и инвестиционих улагања, као и задовољење услова безбедности, проточности и заштите околине.

4.4.2.1. Ромб

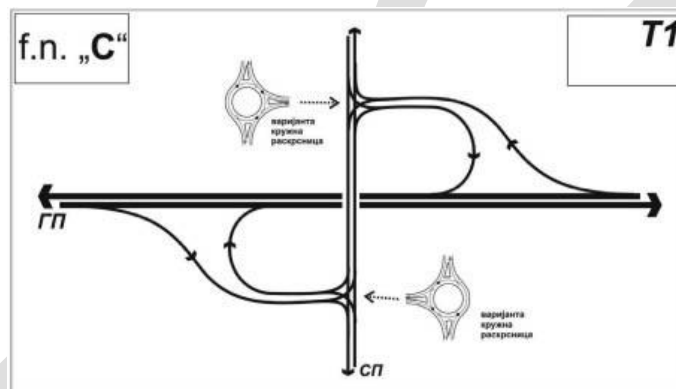
Укрштај "РОМБ" је најједноставније и најјекономичније решење денивелисаног укрштаја. Ова четворокрака денивелисана раскрсница је функционалног нивоа "С". Састоји се из четири директне прикључне рампе које се постављају на минималном растојању од главног правца, искључиво према нивелационим условима. Рампе се прикључују на споредни правац двема површинским раскрсницама (раскрснице са пресецањем саобраћајних струја или кружне раскрснице) које су критичан елемент укрштаја. Те раскрснице треба планирати на прегледном делу споредног правца с једноликом нивелетом која је близу хоризонтални. По грађевинским размерама и заузетом простору решење типа "РОМБ" је изразито рационално, али је ограничених експлоатационих могућности. Примењује се када саобраћајно оптерећење споредног правца не прелази 6.000 возила на дан.



Слика 4-10: Денивелисана раскрсница "ПОМБ".

4.4.2.2. Пола детелине

Укрштај "ПОЛА ДЕТЕЛИНЕ" је четворокрака раскрсница с полупрограмом просторног раздвајања (слика 4-11 овог прилога). Прикључне везе остварују се двама директним и двама индиректним рампама, које се за споредни правац везују двама површинским раскрсницама. Те површинске раскрснице могу бити са пресецањем саобраћајних струја или кружне раскрснице. Тип и систем површинских раскрсница треба у свему изабрати према прилогу 3 - Површинске раскрснице ванградских путева.



Слика 4-11: Денивелисана раскрсница облика "ПОЛА ДЕТЕЛИНЕ".

Диспозиција рампи одређује се према условима локације (просторна ограничења) и/или према усмерености и интензитету саобраћајних токова. Распоред рампи треба да буде по дијагонали јер се тако предност даје левим скретањима (доминантна) из једног путног правца и стварају повољнији односи за формирање површинских раскрсница.

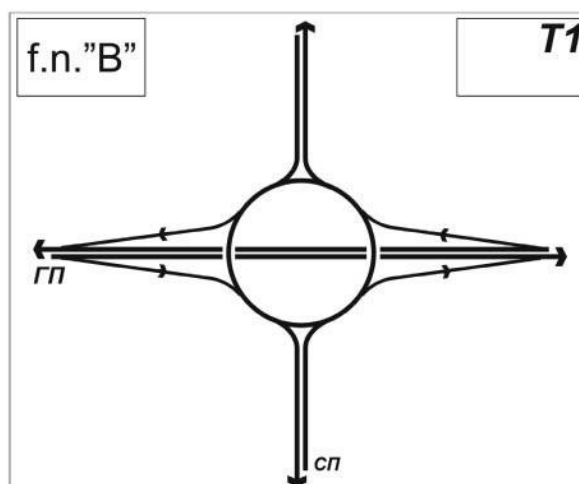
Четворокрака раскрсница "ПОЛА ДЕТЕЛИНЕ" подразумева денивелацију у два грађевинска нивоа са једном мостом изнад главног правца и примењује се за укрштаје путева различитог саобраћајног значаја, функционални ниво "С". То решење, доградњом одговарајућих елемената, може се унапредити до пуног програма денивелације, што проширује његову примену за случај етапне изградње и значајно повећања проточности и безбедности саобраћаја.

4.4.2.3. Кружни подеоник

Укрштај "КРУЖНИ ПОДЕОНИК" (слика 4-12 овог прилога) проточно је решење четворокраке раскрснице са кружним кретањем престојавањем, преплитањем саобраћајних струја. Подеоник се због боље прегледности налази у јединственој равни изнад главног правца, а прикључне везе се остварују директним "паралелним" рампама.

Експлоатационе могућности тог укрштаја су у функцији димензија кружног подеоника, а у условима равномерног дотока саобраћајних струја обезбеђује се континуално кретање са ограниченом брзином, што одговара функционалном нивоу "В".

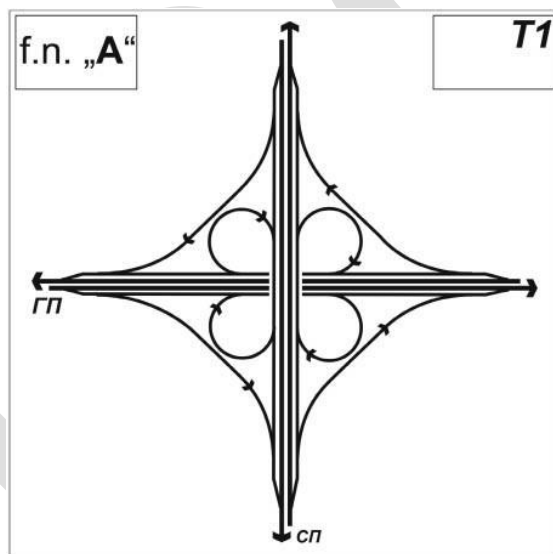
Кружни подеоник се обликује сходно условима дефинисаним за површинске кружне раскрснице великог пречника у прилогу 3 - Површинске раскрснице ванградских путева.



Слика 4-12: Денивелисана раскрсница "КРУЖНИ ПОДЕОНИК".

4.4.2.4. Детелина

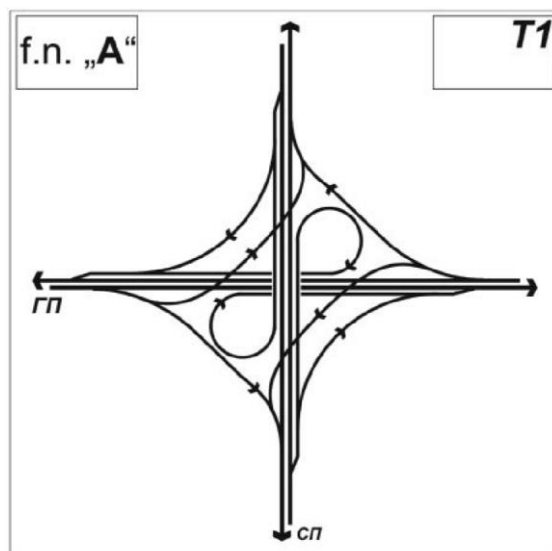
Четворокрака раскрсница "ДЕТЕЛИНА" је у грађевинском погледу најједноставније решење укрштаја с пуним програмом просторног раздвајања (слика 4-13 овог прилога). Решење те денивелисане раскрснице подразумева четири директне рампе за десна скретања и исти број индиректних рампи за лева скретања, функционални ниво "А". У складу с принципима изнетим у поглављу о пројектовању подручја излива и улива (тачка 4.2. овог прилога) неопходно је увести пратеће - паралелне коловозе дуж читаве изливно-уливне зоне главног и споредног правца. Основни задатак тих пратећих трака је да дистрибуирају изливни саобраћај и организовано укључе уливни саобраћај у главни, односно споредни правац.



Слика 4-13: Денивелисана раскрсница "ДЕТЕЛИНА".

4.4.2.5. Модификована детелина

Укрштај "МОДИФИКОВАНА ДЕТЕЛИНА" је сложено просторно решење денивелисане раскрснице настало усавршавањем функционалне шеме "ДЕТЕЛИНА" (слика 4-14 овог прилога). Суштина тог решења је замена једне или више индиректних рампи спиралног облика полудиректним рампама за фаворизована лева скретања. Тај тип денивелисане раскрснице је функционалног нивоа "А" и реализује се у три грађевинска нивоа с великим бројем мостовских конструкција. То решење омогућава везе високог капацитета и комфора и примењује се на укрштајима даљинских аутопутева највишег функционалног нивоа.

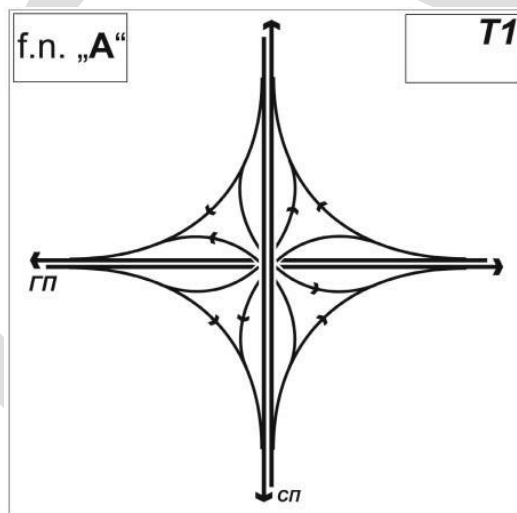


Слика 4-14: Денивелисана раскрсница "МОДИФИКОВАНА ДЕТЕЛИНА".

4.4.2.6. Малтешки крст

Четворокрака денивелисана раскрсница "МАЛТЕШКИ КРСТ" је укрштај највишег функционалног стандарда на којем су сва лева скретања решена полудиректним рампама (слика 4-15 овог прилога). Парови тих рампи (са истог путног правца) воде се на истом грађевинском нивоу кроз пресециште укрштаја. Тако се у језгру раскрснице ствара сложена троспратна мостовска конструкција, а саобраћај се обавља на четири грађевинска нивоа, у складу с бројем укрсних праваца, функционални ниво "А".

Сажимање пара полудиректних рампи на једном грађевинском нивоу доприноси томе да се функционални програм денивелисане раскрснице оствари комфорним геометријским елементима на релативно малом простору.



Слика 4-15: Денивелисана раскрсница "МАЛТЕШКИ КРСТ".

Ово решење нуди максималне експлоатационе ефекте, али по цену високих инвестиционих улагања. Због тога се денивелисана раскрсница "МАЛТЕШКИ КРСТ" примењује само изузетно на путној мрежи и то на укрштању најзначајнијих аутопутева за даљински саобраћај с великим бројем левих скретања.

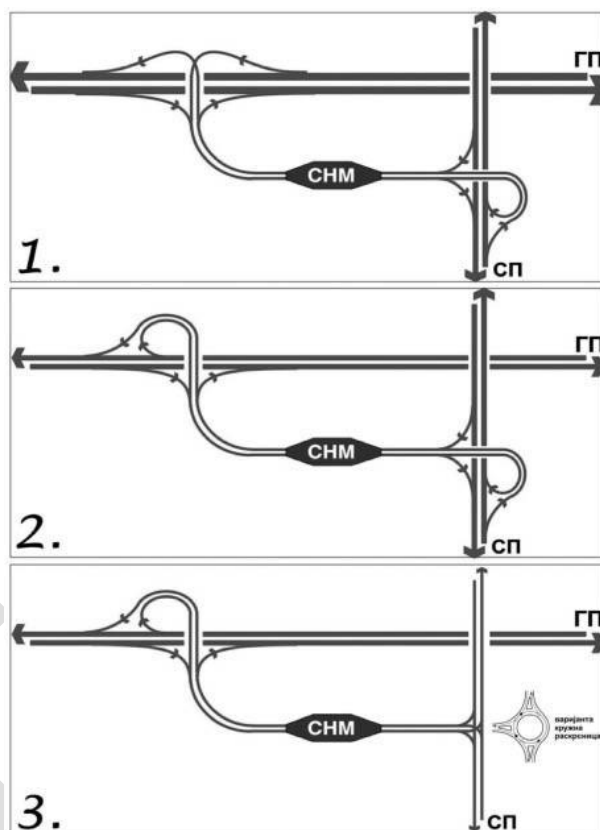
4.4.2.7. Денивелисане раскрснице у комерцијалној експлоатацији аутопутева

На аутопутној мрежи с наплатом путарине дефинисани су посебни захтеви у погледу пројектовања и обликовања денивелисаних раскрсница. Увођењем тог система експлоатације условљавају се промене и у планерском и у пројектантском третману, па је неопходно да став о комерцијалној експлоатацији одређене деонице, односно путног потеза буде утврђен у генералном пројекту. Посебно је значајно да се програмски услови за пројектовање денивелисаних раскрсница за тзв. затворени и комбиновани систем наплате путарине једнозначно дефинишу у почетним фазама планирања и пројектовања. Из услова минимизације трошкова наплате, такве денивелисане раскрснице морају имати само једно наплатно место (плато) којим су обухваћени сви учесници у саобраћају, они који се искључују и они који се укључују на аутопут којима се наплаћује путарина. Везна деоница и наплатни плато димензионишу се према условима и систему наплате путарине за меродавно саобраћајно оптерећење и услове накупљања возила. На слици 4-16 приказане су варијанте денивелисаних раскрсница за наведене услове експлоатације.

Тип 1. **"ТРОУГАО - ТРУБА"** је највиши функционални ниво денивелисане раскрснице када је саобраћај на аутопуту с комерцијалном експлоатацијом интензитета који захтева прикључак типа "ТРОУГАО", функционалног нивоа "А". Секундарни укрсни правац је аутопут или вишетрачни пут с мањим саобраћајним оптерећењем, па је одговарајући прикључак на тај правац "ТРУБА" функционалног нивоа "С". Све саобраћајне струје сустичу се на заједничком наплатном платоу који се поставља у средишту свих веза.

Тип 2. **"ДУПЛА ТРУБА"** је просторно рашчлањен укрштај са индиректним повезивањем помоћу два денивелисана прикључка типа "ТРУБА". Тај тип денивелисане раскрснице примењује се на укрштајима аутопутева или вишетрачних путева сличног саобраћајног значаја, али другачијег система експлоатације саобраћаја. У простору индиректне рампе могуће је организовати неки од потребних функционалних садржаја аутопута (база за одржавање и др.).

Тип 3. **"ИНДИРЕКТНА ТРУБА"** је решење којем се међусобно повезују два путна правца посредством једне денивелисане раскрснице типа "ТРУБА" на главном правцу и једне површинске раскрснице (са пресецањем саобраћајних струја или кружном раскрсницом) на споредном правцу који припада категорији двотрачних или вишетрачних путева. Све саобраћајне струје сустичу се на заједничком наплатном платоу.



Слика 4-16: Типови денивелисаних раскрсница код комерцијалне експлоатације аутопутева:
1. Тругао-труба; 2. Дупла труба; 3. Индиректна труба.

5. ГЕОМЕТРИЈСКО ОБЛИКОВАЊЕ ДЕНИВЕЛИСАНИХ РАСКРСНИЦА

Пројектни елементи денивелисаних раскрсница одабирају се у складу с функционалним рангом и условима локације, а непосредно се обликују и димензионишу на основу возно динамичких, конструктивних и естетских критеријума. У циљу унификације решења и једнообразности у третирању појединачних елемената, извршена је одређена генерализација и на основу теоријских и емпиријских истраживања предложена су решења за примену на мрежи јавних ванградских путева.

5.1. Изливи и уливи

Изливи и уливи су кључни пројектни елементи денивелисаних раскрсница из два разлога:

- 1) утицаја на основни саобраћајни ток у погледу проточности и безбедности саобраћаја ; 2)
- укупне ефикасности денивелисане раскрснице.

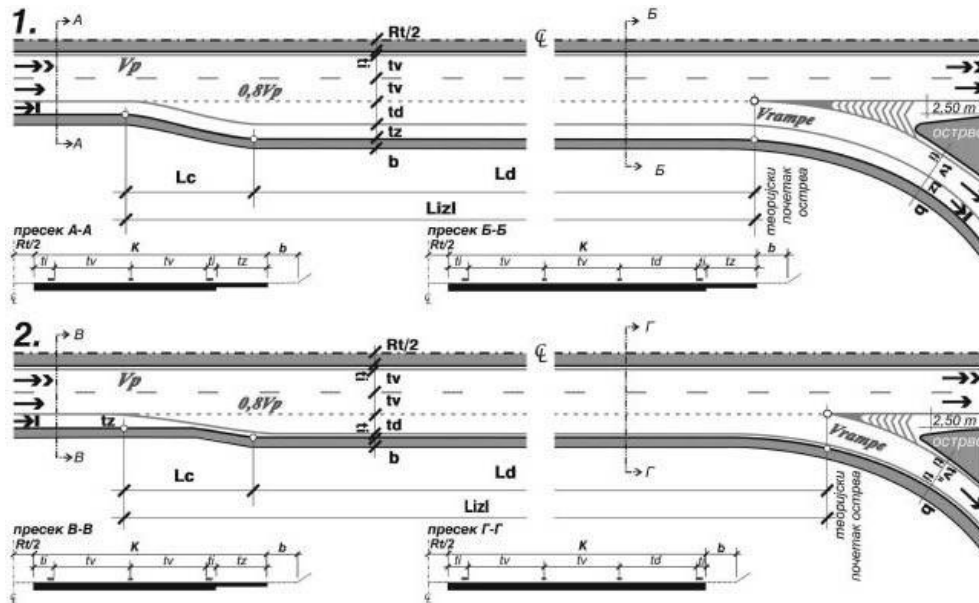
5.1.1. Изливи

Изливање са основног правца на спојну рампу састоји се из промене возне траке (L_c) уз прилагођавање брзине вожње на дужини траке за успорење (L_d). Успорење је 1,5-2 m/sec . Стандардна дужина излива ($L_{izl} = L_c + L_d$) је дужине од 250 m, од чега се промена возне траке обави на дужини од $L_c = 60$ m, а успорење на дужини од $L_d = 190$ m. На двотрачним изливима дужина " L_{izl} " износи 500 m. Изливање треба да се обави тако да се не поремете саобраћајни услови основног правца, што захтева посебно грађевинско и саобраћајно

уређење (слика 5-01 овог прилога). Одступање од наведених стандардних дужина треба аргументовати одговарајућим возно динамичким и саобраћајним анализама.

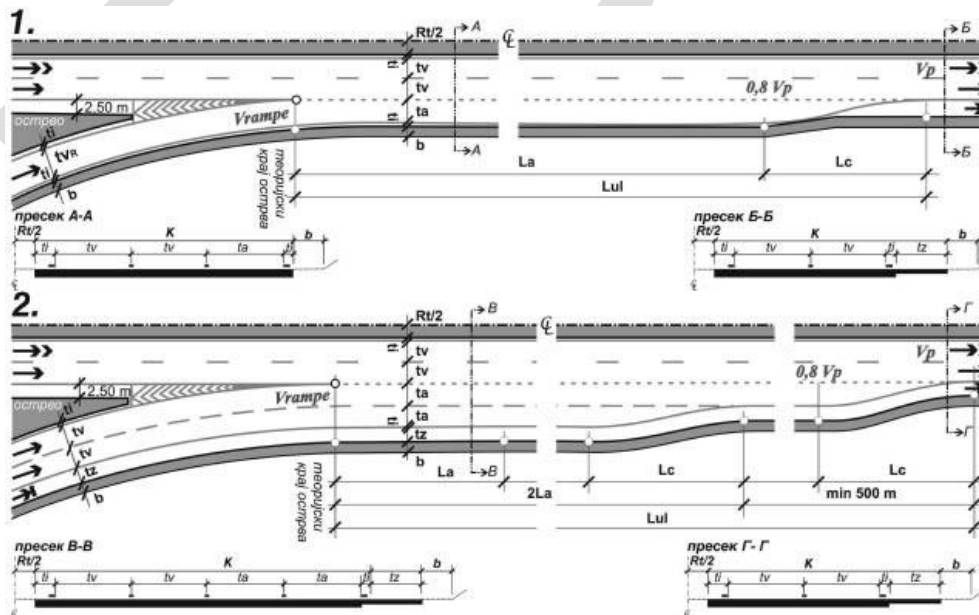
5.1.2. Уливи

Уливање у основни правац је компликованији маневар који укључује убрзање возила до брзине приближно једнаке брзини на основном правцу и бочно померање возила при чему треба да постоји прихватљива временска празнина у десној возној траци основног правца. При том је неопходно обезбедити захтевану прегледност у складу с тачком 5.3. овог прилога. Интензитет убрзања на подручју улива је $0,8-1 \text{ m/sec}^2$. Стандардна дужина улива ($L_{ul} = L_a + L_c$) је **250 m**, од чега на маневар убрзања опада $L_a=190 \text{ m}$, а промена возне траке обави се на дужини од $L_c = 60 \text{ m}$. На двотрачним уливима дужина " L_{ul} " износи 500 m. Зависно од интензитета саобраћаја на основном правцу, неопходно је проверити пропусну моћ на критичним тачкама улива и коначну дужину утврдити на основу спроведених саобраћајних и возно динамичких анализа. Обликовање подручја улива за неке карактеристичне ситуације приказано је на слици 5-02 овог прилога, док је на слици 5-03 овог прилога приказано обликовање завршетака острва на подручју излива и улива.

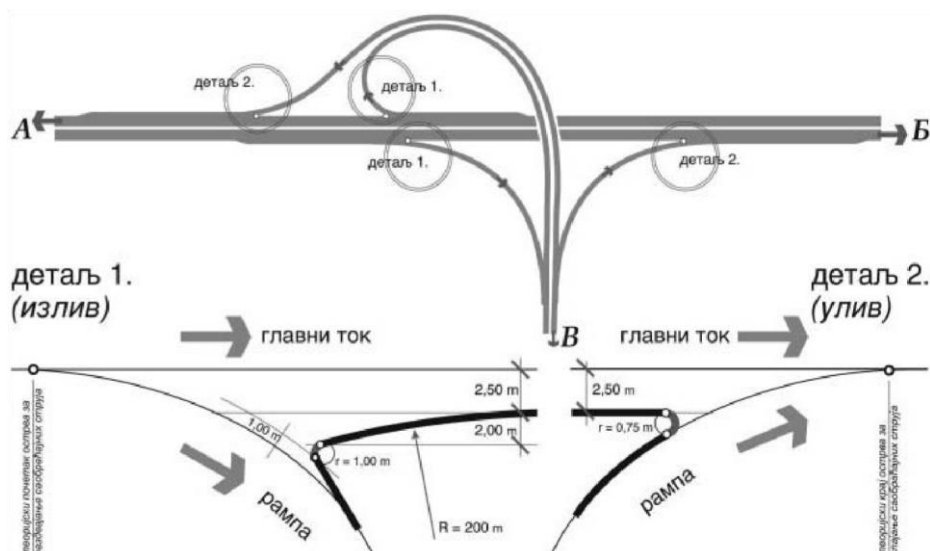


Слика 5-01: Обликовање излива:

- 1) главни и споредни правац са зауставним траком у попречном профилу; 2) главни правац са зауставним траком, споредни правац без ње.



Слика 5-02: Обликовање улива: 1) једнотрачни улив; 2) двотрачни улив с постепеним уливањем у главни ток.



Слика 5-03: Обликовање завршетка острва на подручју излива и улива.

5.2. Спојне рампе

Рампе на денивелисаним раскрсницама су кратки самостални путеви који се развијају на ограниченом простору. Оне имају улогу посредника у повезивању два путна правца, главног (ГП) и споредног (СП).

5.2.1. Попречни профил

Геометријски попречни профили рампи утврђују се према меродавном саобраћајном оптерећењу и дужинама рампи. На слици 5-04 овог прилога приказани су карактеристични типови попречних профила једносмерних рампи са условима за њихову примену.

Профил "R1" има једнотрачни коловоз укупне ширине **5,50 m**, (минимум **5,00 m**), који омогућује вожњу у колони уз минималне услове за обилажење заустављеног возила. Примењује се на релативно кратким рампама ($L < 250 \text{ m}$) за $Q_{\text{mer}} \leq 1.000 \text{ воз/ч}$ или на средње дугим рампама малог саобраћајног оптерећења на укрштају (прикључку) аутопута с двотрачним (вишетрачним) путем.

Профил "R2" садржи једнотрачни коловоз са зауставном траком укупне ширине **6,00 m** и примењује се на средње дугим и дугим рампама оптерећења $Q_{\text{mer}} \leq 1.000 \text{ воз/ч}$. Тај профил примењује се на укрштају (прикључку) два аутопута или аутопута и вишетрачног пута.

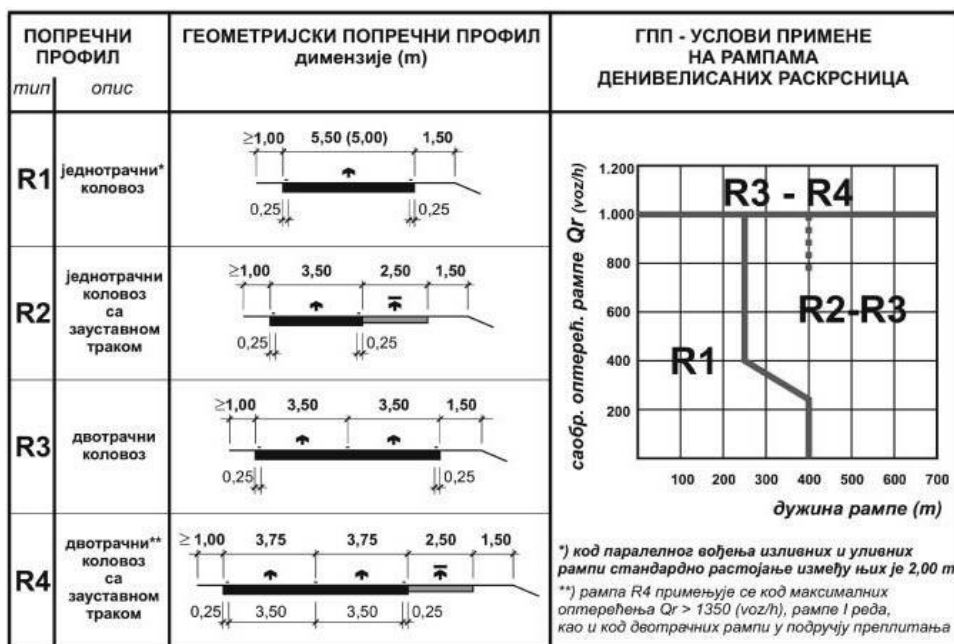
Профил "R3" садржи капацитетан двотрачни коловоз ширине **7,00 m** без зауставне траке намењен саобраћајном оптерећењу $Q_{\text{mer}} > 1.000 \text{ воз/ч}$, или мањем саобраћајном оптерећењу $Q_{\text{mer}} > 800 \text{ воз/ч}$ на дугим једносмерним рампама. Тај профил примењује се на укрштају (прикључку) два аутопута.

Профил "R4" садржи капацитетан двотрачни коловоз са зауставном траком укупне ширине **10,00 m** намењен саобраћајном оптерећењу $Q_{\text{mer}} > 1.350 \text{ воз/ч}$ и дугим спојним рампама. Примењује се и на двотрачним рампама у подручју преплитања. Тај профил примењује се на укрштају (прикључку) два аутопута. Наведени профили за једносмерни саобраћај не захтевају проширење коловоза у кривинама.

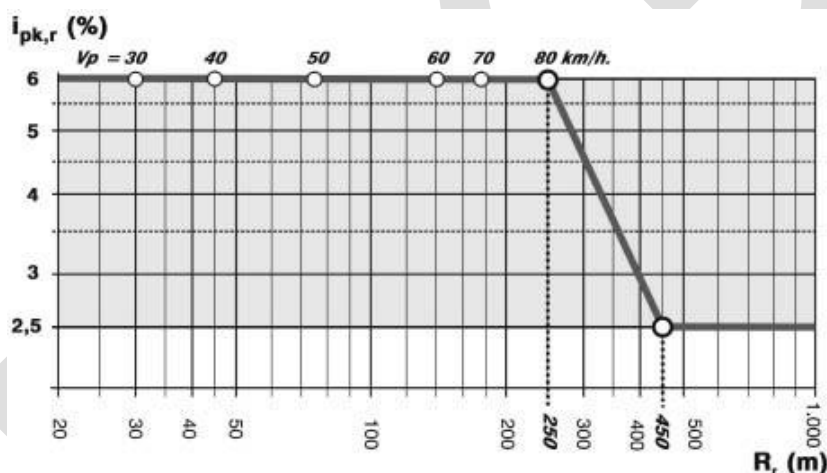
Када се паралелно воде уливне и изливне (двосмерне) рампе нпр. денивелисана раскрсница "ТРУБА" или "ПОЛА ДЕТЕЛИНЕ", стандардна ширина разделне траке између њих ради безбедности износи $R_t \geq 2,00 \text{ m}$.

Димензионисање попречног нагиба коловоза у кружним кривинама на спојним рампама врши се према дијаграму на слици 5-05 овог прилога. Највећа вредност попречног нагиба - $i_{\text{pk},r}$ износи **6%**, а резултујући нагиб коловоза износи - $i_{\text{rez}} \leq 9 \%$.

Сва димензионисања и провере геометријских елемената спојних (везне и прикључне) рампи на денивелисаним раскрсницама врше се према резултујућим вредностима пројектне брзине - $V_{\text{prez},r}$.



Слика 5-04: Геометријски попречни профили рампи на денивелисаним раскрсницама.



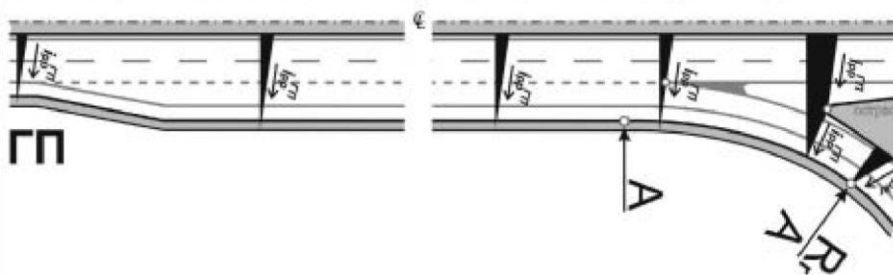
Слика 5-05: Дијаграм за одређивање величине попречног нагиба коловоза у кружним кривинама рампи денивелисаних раскрсница.

У нивелационом погледу изливно-уливне траке прате основни коловозни профил, слика 5-06. Те траке задржавају попречни нагиб основног путног правца, који се простире све до физичке границе рампе (слика 506 овог прилога) случај 1 и случај 2.

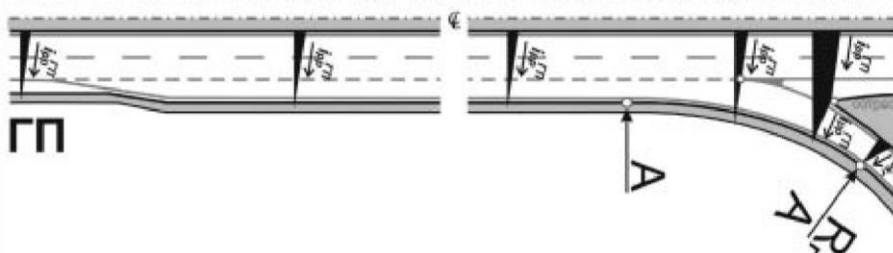
Одступање је дозвољено само када се рампа издваја из супротно оријентисане кривине основног правца (слика 5-06 овог прилога) случај 3. У том случају попречни нагиб коловоза основног правца задржава се до теоријског почетка острва, а затим се коловоз изливне, односно уливне траке витопери до грађевинског почетка острва, на попречни нагиб до +2,5 %. Додатни услов је да у тој тачки оштрина прелома (**Dipk**) између коловоза основног правца и коловоза спојне рампе буде мања или једнака **6 %**. Од те тачке врши се самостално витоперење коловоза изливне (уливне) рампе на попречни нагиб коловоза - **ipk,i** који одговара полупречнику - **Ri** и пројектној брзини - **Vpk,i** те кружне кривине.

Нагиб рампе витоперења изливно-уливних трака и спојних рампи на денивелисаним раскрсницама ограничава се на $i_{rv} \leq 1,5 \%$.

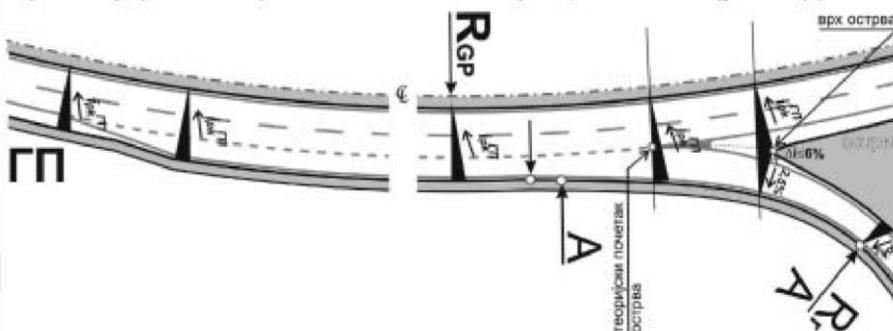
1. главни и споредни правац са зауставним тракама - истосмерна закривљеност главног правца и изливне (уливне) рампе



2. главни правац са зауставном траком, а споредни правац без зауставне траке - истосмерна закривљеност главног правца и изливне (уливне) рампе



3. главни правац са зауставном траком, а споредни правац без зауставне траке - супротна закривљеност главног правца и изливне (уливне) рампе



Слика 5-06: Основни начини нивелационих решења коловоза у зони излива - улива.

5.2.2. Елементи ситуационог плана

У обликовању спојних рампи денивелисаних раскрсница користе се основни елементи пројектне геометрије: правци, кружни лукови и прелазне кривине облика клотоиде. За примену правца не постављају се никаква ограничења, а допушта се и слободније комбиновање кривинских елемената у односу на трасе ванградских путева (примена "S", "O", "C" и других геометријских форми). С обзиром на ограничен простор у коме се развијају геометријски елементи хоризонталне пројекције директних, полудиректних и индиректних рампи, основна провера је провера безбедности и проточности саобраћаја, што не значи да треба занемарити ликовне и естетске квалитете како појединачних елемената, тако и чвора у целини, јер свака денивелисана раскрсница даје печат простору у коме се налази и представља препознатљиву визуелну доминанту конкретне локације. Као и у планирању других грађевинских објеката, тако је и у планирању и пројектовању денивелисаних раскрсница основни предуслов квалитета остварење јединства функције, конструкције и облика (форме), чиме се испуњавају предуслови за оптимизацију решења у функцији инвестиција, безбедности, проточности и заштите животне средине.

Полазни основ за конструисање и димензионисање спојних рампи пружа пројектна брзина $V_{p,r}$. Она у начелу зависи од типа рампе (слика 5-07 овог прилога) функционалног нивоа раскрснице (тачка 3.1. овог прилога) и принципа компоновања денивелисаних раскрсница (тачка 4.3. овог прилога).

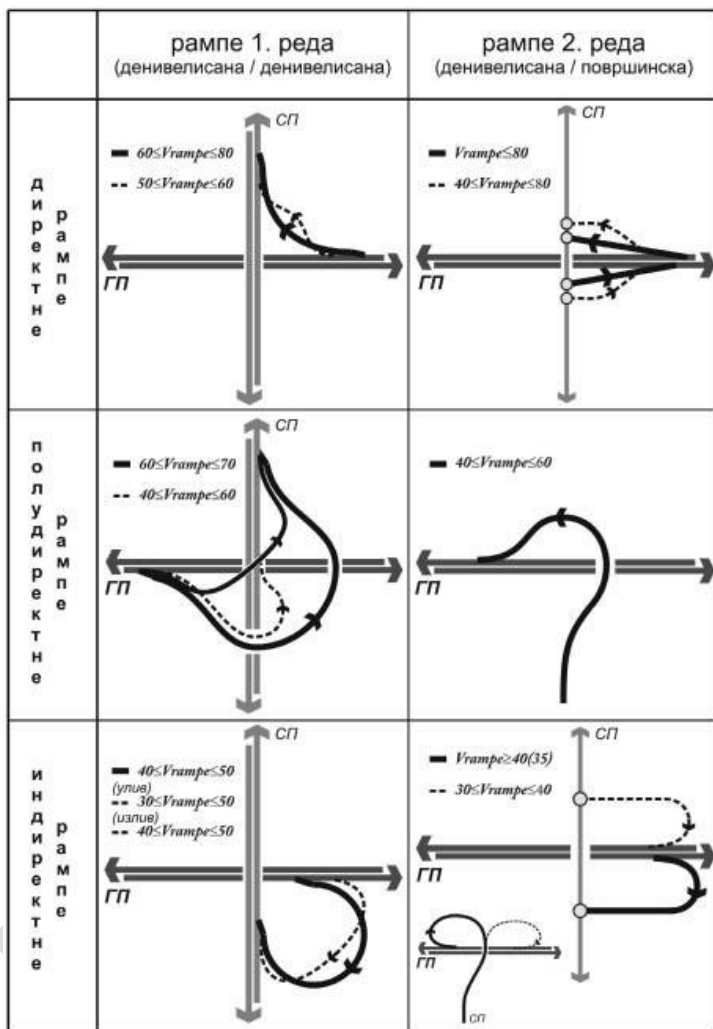
Све рампе разврстане су у две категорије:

- 1) рампе 1. реда, које се везују за денивелисане раскрснице функционалног нивоа "А" и "В"; 2)
- рампе 2. реда, које се везују за денивелисане раскрснице функционалног нивоа "С".

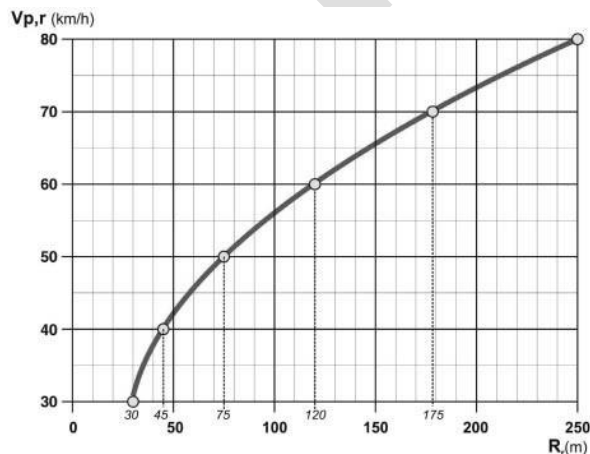
Различитост брзина директних, полудиректних и индиректних рампи зависи од геометријског континуитета кривинских облика и концепције изливних, односно уливних подручја (слика 5-07 овог прилога). То значи да се веће брзине условљавају за подручје излива, а нешто мање вредности за подручје улива.

Основ за димензионисање и проверу примењених геометријски елемената јесу резултујуће вредности пројектне брзине на спојним рампама - **V_{прз}**, **r** (тачка 5.2.1. овог прилога).

Вредности пројектне брзине у кружним кривинама **V_{рк,і}** на рампама денивелисаних раскрсница одређују се на основу дијаграма на слици 5-08 овог прилога. Те брзине су условљене вредношћу попречног нагиба **і_{рк}**=6 % и одговарајуће вредности радијалне компоненте трења **f_R(V)**.



Слика 5-07: Програмски услови за пројектовање рампи на денивелисаној раскрсници.



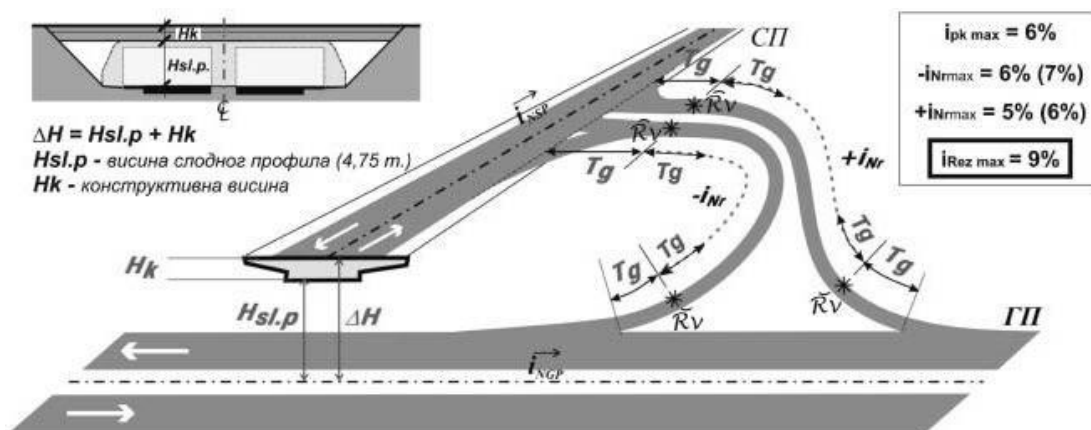
Слика 5-08: Теоријска зависност пројектне брзине од примењеног радијуса спојних рампи.
5.2.3. Подужни профил

Вертикална пројекција рампи се применом граничних елемената нивелације да би се смањила дужина рампи, а тиме и заузети простор. Генерални просторни однос на денивелисаној раскрсници (слика 5-09 овог прилога) последица је функционалног нивоа и примењеног основног типа раскрснице.

Минимална висинска разлика на месту пресецања траса износи: $DH = Hsl.p + Hk$, где је: **Hsl.p.** висина слободног профила који треба остварити изнад највише тачке коловоза (4,75 m), а **Hk** конструктивна висина натпутњака укључујући и потребна надвишења.

Максимални нагиби нивелете не треба да пређу следеће вредности: за рампе у успону $maxi_N = 6\%$, а за рампе у паду $maxi_N = 7\%$. Додатни услов односи се на резултујући нагиб коловозне површине који не сме да пређе вредност $maxi_{rez} = 9\%$. За рампе у тунелу максимални подужни нагиб $maxi_N = 4\%$.

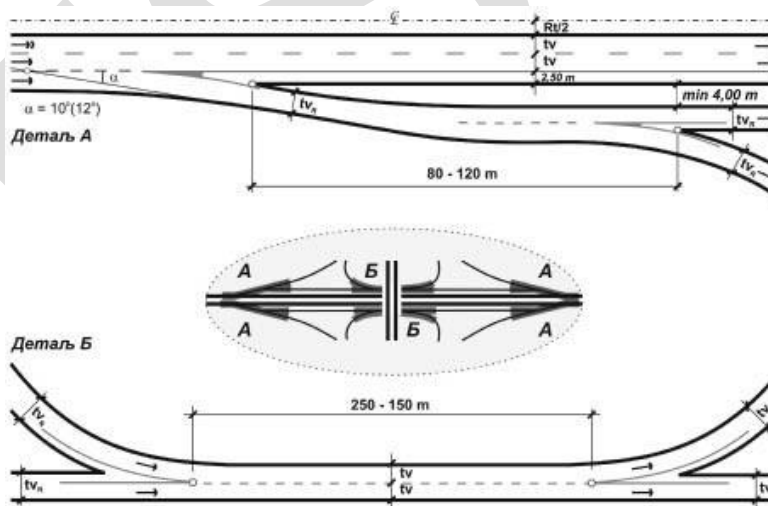
Граничне вредности елемената пројектне геометрије спојних рампи денивелисаних раскрсница дате су у тачки 8, на слици 8-01 овог прилога.



Слика 5-09: Генерална диспозиција денивелисаних раскрсница с приказом граничних елемената нивелете.

5.2.4. Подручја преплитања

У сложеним просторним решењима (функционални ниво "А" и "Б") могуће су здружене деонице двеју истосмерних рампи, на којима се саобраћајне струје рачвају, спајају и преплићу (слика 5-10 овог прилога). Наведене димензије рачви, односно преплета треба проверити у анализи пропусне моћи и безбедности на критичним тачкама.



Слика 5-10: Типска решења рачвања и преплитања једнотрачних рампи.

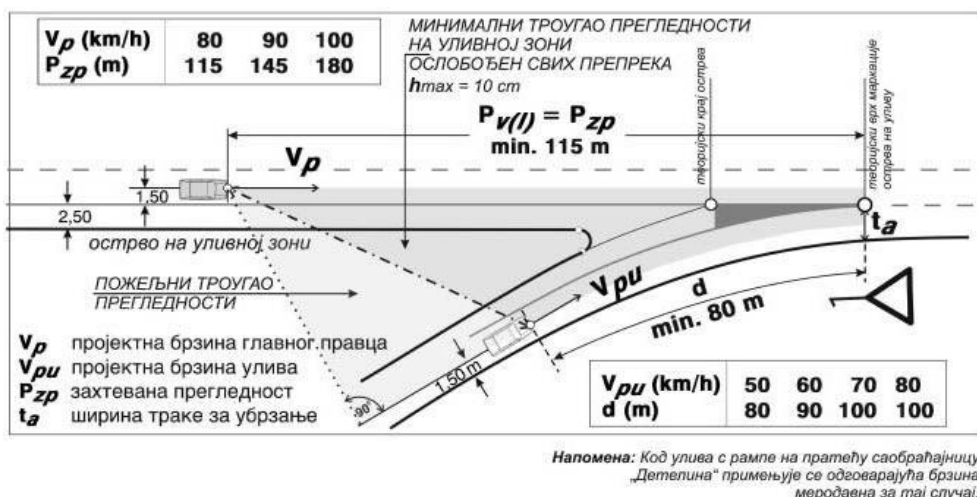
5.3. Анализа прегледности

Кључни елементи који утичу на пројектна решења јесу услови спољне и унутрашње прегледности денивелисане раскрснице.

Спољна прегледност денивелисане раскрснице (**Ps**) дефинисана је у тачки 2.2.1. овог прилога.

Унутрашња прегледност денивелисане раскрснице подразумева услове прегледности возило-возило на свим уливама (слика 5-11 овог прилога). Троуглови прегледности, минимални и пожељни, морају бити ослобођени свих препрека које ометају визуру возача у складу с прилом 3 - Површинске раскрснице ванградских путева. Дуж рампи обезбеђује се слободна визура на дужини захтеване прегледности у складу с прилогом 2 - Траса ванградских путева, при чему је меродавна пројектна брзина спојне рампе ($V_{p,r}$).

Прегледност у зони секундарне површинске раскрснице на функционалном нивоу "С" анализира се у свему према прилогу 3 - Површинске раскрснице ванградских путева.



Слика 5-11: Конструкција зоне прегледности на подручју улива денивелисане раскрснице.

6. УРЕЂЕЊЕ ПРОСТОРА ДЕНИВЕЛИСАНЕ РАСКРСНИЦЕ

Уређење простора денивелисане раскрснице обухваћено је границама заштитног појаса, односно појаса контролисане изградње у складу с прилогом 2 - Траса ванградских путева. Посебно је значајно да се у документима просторног планирања - Просторни план пута (инфраструктурног коридора), односно Регулационог плана пута обухвати наведени простор и успостави веза са садржајима у контактної зони у циљу оптимизације коришћења простора (намена површина) и расположиве саобраћајне основе.

6.1. Етапност реализације

Етапност реализације денивелисане раскрснице разматра се током процеса израде Генералног пројекта, када се доноси одлука о начину реализације широк потеза путне (аутопутне) мреже. И када се предвиђа етапност реализације профила аутопута (изградња тзв. полуаутопута у првој етапи), денивелисане раскрснице се реализују у коначном облику. Од овог правила се може одступити ако се саобраћајним анализама утврди да се као прва етапа реализује нижи функционални ниво денивелисане раскрснице "С", који ће се у коначној етапи доградити на виши функционални ниво "А" (нпр. пола детелине у првој етапи, а детелина као коначно решење). При разматрању етапности изградње треба се руководити чињеницом да изградња (доградња) денивелисане раскрснице под саобраћајем значајно повећава инвестициона улагања.

6.2. Локална путна мрежа

У планирању и пројектовању денивелисаних раскрсница, као и у планирању и пројектовању основних потеза државних путева 1. и 2. реда, неопходно је обезбедити функционисање локалне путне мреже (општински путеви и некатегорисани путеви) чији ниво не може бити мањи од нивоа на коме је функционисала та мрежа пре изградње нових капацитета. Евентуалне реконструкције локалне путне мреже, узроковане изградњом једне или више денивелисаних раскрсница и/или деоница државног пута обавеза су инвеститора новог пројекта. У пројекту преуређења локалне путне мреже у зони денивелисане раскрснице треба се руководити оправданим захтевима локалне средине ако то не умањује ниво основног пројекта.

6.3. Инфраструктура у зони денивелисане раскрснице

У зони денивелисане раскрснице посебну пажњу треба посветити евентуалној реконструкцији јавне и/или комуналне инфраструктуре која је на тој локацији постојала пре доношења одлуке о њеној изградњи. Ти радови падају на терет новог пројекта и морају се обухватити у свим фазама израде пројектне документације и изградње.

6.4. Пејзажно уређење денивелисане раскрснице

С обзиром на значај денивелисане раскрснице у укупном визуелном доживљају учесника у саобраћају, као и становника у њеној непосредној околини, неопходно је тај простор пејзажно уредити. Поред естетског унапређења простора раскрснице, пејзажним уређењем се у великој повећава стабилност објеката (земљаног трупа пре свих), као и ефикасност прихватања и каналисања прибрежних (чистих) вода.

Са становишта израде пројектне документације денивелисане раскрснице, неопходно је да одговорни пројектант формира синтезну карту (план) са ограничењима за израду пројекта пејзажног уређења (прегледност, услови прихватања вода, заштитне конструкције и др.).

6.5. Посебни услови за одржавање денивелисаних раскрсница

У процесу израде пројектне документације посебну пажњу треба посветити условима ефикасног и рационалног одржавања денивелисане раскрснице и управљања денивелисаном раскрсницом, као саставним делом целокупне путне мреже. Због тога је важно функционалне пратеће садржаје (базе за одржавање, контролне станице, наплатне платформе и др.) и садржаје за потребе корисника (паркиралишта, одморишта, пумпе за гориво, сервис, мотели) просторно ускладити с локацијама денивелисаних раскрсница.

То је посебно значајно на аутопутевима с комерцијалном експлоатацијом, где је могуће неке слободне просторе (простор омеђен индиректном рампом) искористити за смештај пратећих садржаја (нпр. базе за одржавање, истурени пунктови и сл.).

Неки простори денивелисане раскрснице могу се, ако се на одговарајући начин поново моделира терен, искористити и за смештај објеката за заштиту околине (нпр. таложник и пречишћивач прљаве воде с коловоза могуће је лоцирати у простор индиректне рампе и др.).

Да би се ефикасно одвијао саобраћај и у ванредним ситуацијама (екстремни климатски услови, рехабилитација једне коловозне траке, превоз специјалног терета и др.), потребно је да се у зони денивелисане раскрснице прекине разделна трака (појас) аутопутева који се укрштају (прикључују), односно да се прекине разделна трака (појас) главног аутопутног правца ако се укрштај (прикључак) изводи двотрачним (вишетрачним) путем. Геометријско обликовање и димензионисање тих прекида подлеже провери са становишта вредности одговарајуће пројектне брзине V_p .

7. САОБРАЋАЈНА И ПУТНА ОПРЕМА

7.1. Сигнализација

Хоризонтална, вертикална и путоказна сигнализација предмет су посебних техничких упутстава у којима се једнозначно дефинишу стандардна решења за слободне деонице ванградских путева и раскрснице на њима (површинске и денивелисане). Због тога су у овим техничким упутствима само назначени они елементи сигнализације који су у директној вези с грађевинским решењем појединачних денивелисаних раскрсница.

7.2. Осветљење

Денивелисане раскрснице на ванградској путној мрежи се осветљавају да би се повећала безбедност саобраћаја, побољшао комфор возње, естетски доживљај и др. Осветљењем се мора обезбедити да возач јасно види, са сигурношћу лоцира и правовремено уочи све покретне и непокретне сметње у свом видном пољу које утичу на његове одлуке у возњи.

Извори светлости, интензитет осветљења и други технички услови за осветљење денивелисаних раскрсница дефинисани су одговарајућом законском и техничком регулативом и нису обухваћени овим упутствима.

7.3. Остала путна опрема

Путна опрема као што су: сигурносне ограде, смерокази и сл. подлежу техничкој и законској регулативи за ту област са основним циљем унапређења безбедности и проточности путног саобраћаја. Пројекат те опреме је саставни део пројектне документације денивелисане раскрснице, као што су то и други пројекти утврђени Методологијом пројектовања путева.

8. ГРАНИЧНИ ЕЛЕМЕНТИ ПЛАНА И ПРОФИЛА РАМПИ

ЕЛЕМЕНТИ ПРОЈЕКТНЕ ГЕОМЕТРИЈЕ		Пројектна брзина на рампи $V_{p,r}$ (km/h)					
		30	40	50	60	70	80
минимални полупречник хоризонталне кривине	$\min R$ (m)	30	45	75	120	175	250
минимални параметар клотоиде	$\min A$ (m)	30	35	55	75	100	125
минимални полупречник конвексног заобљења	$\min R_v \text{ konv}$ (m)	750 (500)*	1.000 (500)*	1.500 (800)*	2.000 (1250)*	2.500 (2000)*	3.500
минимални полупречник конкавног заобљења	$\min R_v \text{ konk}$ (m)	500	750 (550)*	1.000 (900)*	1.250	1.800	2.500
захтевана прегледност	P_{zp} (m)	30	40	55	70	90	115
граничне вредности подужних нагиба	$\max in$ (%) успон	+ 6					
	$\max in$ (%) пад	- 7					
минимални попречни нагиб изван подручја витоперења	$\min ip$ (%)	2,5					
максимални попречни нагиб у кривини	$\max ipk$ (%)	6					
минимални нагиб рампе витоперења	$\min ir$ (%)	0,4 (в.о.и.), 0,2 (в.о.о.)					
максимални нагиб рампе витоперења	$\max ir$ (%)	1,5					
максимални резултујући нагиб коловозне површине	$\max i \text{ rez}$ (%)	9					

(*) * вредности у заградаи abs. min. !

Слика 8-01: Гранични елементи пројектне геометрије рампи денивелисаних раскрсница.