

ANALIZA POSTUPKA ZA IZRADU NIVELACIONIH PLANOVA U PROCESU PROJEKTOVANJA POVRŠINSKIH I DENIVELISANIH RASKRSNICA

ANALYSIS OF GRADING PLANS' DEVELOPMENT PROCEDURE IN INTERSECTION AND INTERCHANGE DESIGN PROCESS

Goran Zečević, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratik sadržaj – Tema ovog rada jeste analiza postupka za izradu nivelacionih planova u procesu projektovanja površinskih i denivelisanih raskrsnica. U okviru rada su predstavljene teorijske osnove za izradu nivelacionog plana, pregled i analiza softverskih paketa za njegovu izradu i praktični primer projekta putne deonice sa detaljima nivelacionog plana u zoni raskrsnica.

Ključne reči: nivelacioni plan, računarsko projektovanje, raskrsnice

Abstract – Focus of this thesis is analysis of grading plans' development procedure in intersection and interchange design process. Thesis contains theoretical basis for developing grading plans, review and analysis of computer software for its design and practical example of a road section project with details of a grading plan in the zone of intersections.

Key words: grading plan, computer design, intersection

1. UVOD

U radu su predstavljene osnovne postavke površinskih i denivelisanih raskrsnica sa njihovom funkcionalnom klasifikacijom i tipologijom. Pošto je nivelacioni plan fokus rada, prikazane su osnovne postavke i postupci izrade nivelacionog plana grafoanalitičkom metodom i primenom softverskih paketa za projektovanje putem računara, sa osvrtom na tehničku regulativu za izradu plana i njegovu primenu.

Predmetni master rad se sastoji iz četiri celine:

- Osnovne postavke denivelisanih i površinskih raskrsnica,
- Nivelacija površinskih raskrsnica,
- Primena softverskih paketa za izradu nivelacionog plana,
- Idejno-inženjersko rešenje dela Jezerske ulice koji pripada bloku „4-11-1“ u Rumi sa detaljima nivelacionog plana u zonama površinskih raskrsnica.

2. OSNOVNE POSTAVKE POVRŠINSKIH I DENIVELISANIH RASKRSNICA

Raskrsnice predstavljaju čvorne tačke u okviru putne mreže koje povezuju različite putne pravce, bez obzira na rang saobraćajnica koje se ukrštaju.

NAPOMENA:

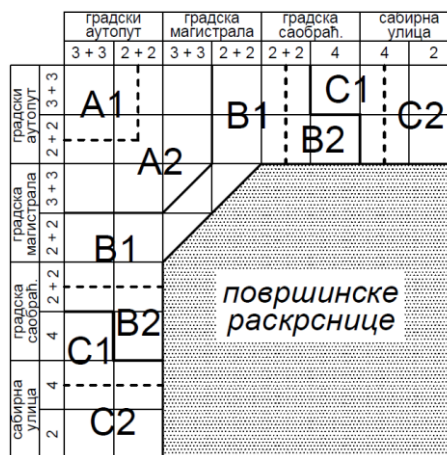
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Nebojša Radović, vanr. prof.

U zavisnosti od značaja saobraćajnih pravaca koji se ukrštaju, građevinsko rešenje raskrsnice može biti površinsko ili denivelisano.

2.1. Denivelisane raskrsnice

Denivelacijom konfliktnih struja u ukrštaju dva saobraćajna pravca postižu se visok nivo bezbednosti saobraćaja i maksimalna protočnost, kao dva bitna eksploataciona efekta. Sa druge strane, ovi objekti zahtevaju i nekoliko desetina puta veće investicije u odnosu na površinska rešenja, zauzimaju veće površine i izazivaju nepovoljne uticaje na životnu sredinu, što su sve faktori koji se razmatraju prilikom planiranja, projektovanja i odabira lokacije ovih objekata.

Denivelisane raskrsnice imaju tri osnovna funkcionalna nivoa sa područjima primene prikazanim na slici 1.



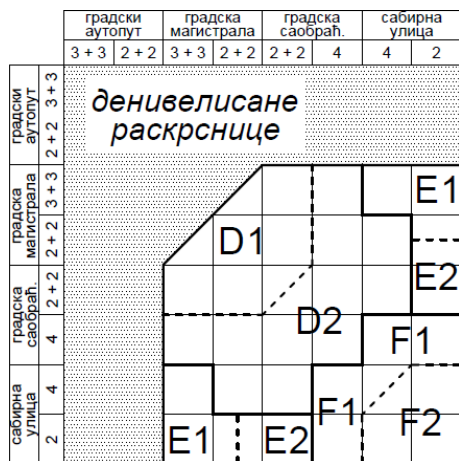
Slika 1: Područje primene i klasifikacija denivelisanih raskrsnica [1]

2.2. Površinske raskrsnice

Površinske raskrsnice su najbrojnija grupa raskrsnica za koje je karakteristično da se ukrštanja saobraćajnih struja rešavaju na zajedničkoj kolovoznoj površini uz pomoć građevinske i saobraćajne regulative, pri čemu se građevinska i saobraćajna rešenja moraju međusobno potpuno usaglasiti.

Kod njih su jasno definisani glavni i sporedni pravci koji se presecaju, što prouzrokuje konfliktne i kolizione tačke na mestima njihovih preseka.

Kod površinskih raskrsnica primarne gradske putne mreže razlikujemo tri funkcionalna nivoa, čija klasifikacija je prikazana na slici 2.



Slika 2: Područje primene i klasifikacija površinskih raskrsnica [1]

3. NIVELACIJA POVRŠINSKIH RASKRSNICA

Nivelaciono rešavanje raskrsnica sa presecanjem saobraćajnih struja je uslovljeno projektnim elementima saobraćajnica ukrasnih pravaca, to jest podužnim i poprečnim nagibima njihovih kolovoza i situacionim planom raskrsnice, pri čemu se vrši njihovo međusobno uklapanje i formiranje jedinstvene kolovozne površine u zoni ukrštaja.

3.1. Osnovne postavke izrade nivelacionog plana

Nivelacioni plan predstavlja dokument koji daje informacije o trodimenzi-onalnom objektu u jednoj ravni, slično topografskim kartama, sa razlikom da se u nivelacionom planu nalaze elementi sa pravilnim geometrijskim odnosima. Kod izrade nivelacionog plana ne postoje jedinstveni obrasci, već sledeće načelne preporuke:

- Nivelete presečnih pravaca treba voditi u skladu sa principima vođenja nivelete u zoni raskrsnice, gde se podrazumeva da je najpovoljnije mesto za raskrsnicu u temenu konkavne krivine ili na mestu gde ni-veleta glavnog pravca ima konstantnu vrednost nagiba manju od 3%;

- Kolovozna oivičenja koja prikupljaju i usmeravaju tok površinskih voda moraju imati obezbeđen minimalni podužni nagib koji iznosi 0,5% i koji obezbeđuje nesmetano odvodnjavanje, a u slučaju neizbežnosti ma-njih vrednosti ovog nagiba obezbeđuje se efektivno odvodnjavanje pri-lagođavanjem rasporeda slivnika;

- Sekundarni podužni nagib kolovoznih oivičenja se može tolerisati do vrednosti od 1%, odnosno maksimalnih 1,5%, što se podudara sa uslo-vima nagiba rampe vitoperenja kod kolovoza van raskrsnice, a sve pre-lome ivične nivelete čija vrednost prelazi 0,8% treba zaobliti ver-tikalnim krivinama.

3.2. Postupak izrade nivelacionog plana

Faza I izrade nivelacionog plana se svodi na unos visinskih kota sa podužnog profila na situacioni plan za sve elementarne tačke projektnih osovina obe saobraćajnice, kao i poprečnim profilima na odstojanju od 10m. Faza II podrazumeva utvrđivanje nivelacionih tokova ivičnih linija i fiksiranje linija ekvidistantnih kota. Faza III izrade nivelacionog plana se sastoji iz

konstrukcije projektnih izohipsi povezivanjem ekvidistantnih kota sa jednakom apsolutnom visinom.

3.3. Korišćenje nivelacionog plana

Nivelacioni plan u fazi projektovanja je nezamenljiva projektna podloga za sagledavanje ravnomernosti nivelacionih promena na kolovozu i procenu da li dato rešenje ima neke nedostatke u kontekstu odvodnjavanja padavinskih voda sa kolovozne površine, a značajan je i za određivanje visinskog položaja komunalnih instalacija, naročito onih elemenata koji treba da se nađu u kolovoznoj ravni.

Prilikom izrade saobraćajnice, nivelacioni plan predstavlja jedini dokument sa kojeg se sa sigurnošću mogu očitati i utvrditi svi nivelacioni podaci i formiran je tako da zamenjuje potrebu uporednog tumačenja podužnih i poprečnih profila za utvrđivanje potrebnih visinskih kota.

3.4. Nivelacioni plan kružne raskrsnice

Izrada i korišćenje nivelacionog plana kružne raskrsnice, kao i vođenje nivelete presečnih pravaca u području raskrsnice, vode se istim osnovnim principima koji važe i za ostale raskrsnice u ravni. Nivelaciono oblikovanje površine kružnog podeonika je značajno zbog sprečavanja slivanja vode na kolovoz. Oblikovanje se lako izvodi kada je raskrsnica u ravni ili u nagibu manjem od 2,5%. Za komplikovanije nivelacione odnose se traže specifična rešenja.

3.5. Analiza tehničke regulative za izradu nivelacionog plana

Prema Pravilniku o uslovima koje sa aspekta bezbednosti saobraćaja moraju da ispunjavaju putni objekti nivelacioni plan se navodi kao prikaz detaljnog rešenja nivelacionog uklapanja glavnog i sporednog pravca puta u zoni površinske raskrsnice. Nivelacioni plan se posebno izrađuje za ugrožena područja puta sa stanovišta oticanja površinskih voda sa kolovoza, gde se za ekvidistancu usvaja 2-5cm [2]. Prema Priručniku za projektovanje puteva u Republici Srbiji nivelacioni plan predstavlja obavezan grafički prilog u okviru idejnog projekta, kao i glavnih projekata izgradnje, rekonstrukcije i periodičnog održavanja, s tim da se za glavni projekat izgradnje podrazumeva izrada nivelacionog plana za čitav projekat, dok je za ostale dovoljna izrada za zone površinskih raskrsnica [3].

4. PRIMENA SOFTVERSKIH PAKETA ZA IZRADU NIVELACIONOG PLANA

4.1. Gavran – civil modeller

Gavran - civil modeller (skraćeno GCM) je dodatak za AutoCAD namenjen izradi tehničke dokumentacije za objekte niskogradnje, kako za linijske (autoputevi i železnice), tako i za površinske (parkinzi, aerodromi, raskrsnice, itd.). Tehnički crteži (podužni i poprečni profili, situacioni i nivelacioni planovi...) se automatski generišu iz modela koji je definisan koordinatama u trodimenzionalnom prostoru povezanih u triangularnu mrežu.

4.2. Plateia

Plateia je dodatak za AutoCAD koji služi za izradu projekata izgradnje i rekonstrukcije objekata niskogradnje u trodimenzionalnom okruženju, čije komande i alati

podržavaju kompletan proces u svim fazama planiranja i proje-ktovanja, od generalnog do arhivskog projekta, od početnog unosa geodetskih podataka do složenog trodimenzionalnog modelovanja puteva i potrebnih analiza. Pažljivo osmišljen korisnički interfejs je prilagođen procesu izrade projekata za putnu infrastrukturu u praksi, što ovaj program čini jednostavnim za učenje i upotrebu.

4.3. Uporedna analiza programskih paketa GCM i Plateia

Najočiglednija razlika kod ova dva paketa je u interfejsu. Plateia je uveliko prilagođena novijim verzijama Microsoft-ovih operativnih sistema i Office paketima programa u smislu preglednosti, rasporeda i vizuelnog dizajna komandi. Pored toga, koncipiran je tako da prati korake izrade projektne dokumentacije putnih objekata, što ovaj programski paket čini jednostavnijim za obuku i upotrebu.

Pored postupnog i logičnog procesa izrade projektne dokumentacije, Plateia je koncipirana tako da je sam proces u velikoj meri automatizovan i manje podložan izmenama i prepravkama prema zamisli projektanta, što nije slučaj kod GCM programskog paketa, koji pored jednostavnijih prepravki pojedinih elemenata omogućava i unošenje i prikaz objekata i infrastrukture koji nisu direktno vezani za samu putnu konstrukciju, već za njeno okruženje, tj. prostor na kojem je predviđeno njeno izvođenje.

Dodatne prednosti GCM-a su i to što poseduje komande koje su predviđene za izradu projekata rehabilitacije putne infrastrukture, kao i mogućnost izrade makete trodimenzionalnim štampanjem, što je korisno za lakšu demonstraciju i prostorno sagledavanje projekta. S druge strane, Plateia ima nešto šire mogućnosti po pitanju saobraćajnog aspekta projekta, pa pored analize parametara saobraćajnog toka koji poseduju oba programska paketa, Plateia poseduje i opciju izrade saobraćajne signalizacije za projektovani put.

5. IDEJNO-INŽENJERSKO REŠENJE DELA JEZERSKE ULICE KOJI PRIPADA BLOKU "4-11-1" U RUMI SA DETALJIMA NIVELACIONOG PLANA U ZONAMA POVRŠINSKIH RASKRSNICA

5.1. Tehnički izveštaj (analiza postojećeg stanja i raspoložive planske i projektne dokumentacije sa obrazloženjem usvojenog rešenja)

Jezerska ulica se nalazi na severnoj periferiji grada, prostire se približno po pravcu istok-zapad i nalazi se na severnim krajevima sledećih upravnih ulica: Moše Pijade, Karadorđeva, Sutjeska, Baštenska i Vrdnička. Postojeće poljoprivredno zemljište je preparcelisano i predviđeno za individualnu stambenu izgradnju. Predmet ovog rada je građevinsko rešenje ulica sa elementima za odvođenje atmosferskih voda. Rešenje mora biti uslovljeno postojećim stanjem i usklađivanjem sa izgrađenim raskrsnicama.

Tehnička rešenja, primenjena u ovom projektu, su uslovljena projektним zadatkom i postojećim stanjem na terenu. Projektним zadatkom se planira izgradnja novog kolovoza sa asfalt-betonskim zastorom širine 5,0m na mestu postojećeg zemljanog puta, sa trotoarima na severnoj strani saobraćajnice.

Situaciono rešenje uslovljeno je postojećim stanjem i potrebom za uklapanjem u postojeće raskrsnice. S obzirom na topografske karakteristike terena, nivelete svih ulica su u blagim nagibima i maksimalno su prilagođene kotama terena tj. kotama postojećeg kolovoza, vodeći računa o odvodnjavanju atmosferskih voda.

5.2. Opis geotehničkih karakteristika terena na lokaciji predmetne saobraćajnice

Predmetna saobraćajnica se nalazi na severnom delu Rume i predstavlja najseverniju ulicu ovog gradskog naselja. Iako se Ruma nalazi u blizini južnih obronaka Fruške gore, karakteriše je pretežno ravničarska konfiguracija terena sa nadmorskom visinom od oko 118m u krugu Jezerske ulice.

Gledano geomorfološki, područje opštine Ruma karakteriše eolski reljef u formi lesne zaravni. U terenima formiranim od lesa vertikalni zaseci su stabilni čak i do visina od 40m. Suv je i pogodan za izvođenje površinskih radova. Spada u zemljište treće kategorije, što implicira relativno lako izvođenje iskopa. Koeficijent filtracije lesa je veći u vertikalnom nego u horizonta-lnom pravcu, što sprečava zadržavanje vode. U prisustvu podzemnih voda, les gubi stabilnost.

Izvršenim ispitivanjem kalifornijskog indeksa nosivosti za datu podlogu, kao merodavna za dimenzionisanje kolovozne konstrukcije usvojena je vrednost CBR = 6%, čime se posteljica u ovom materijalu može kvalitativno okarakterisati kao loša. Predlaže se zamena sloja tla debljine 20cm sitnozrnim materijalom sa ciljem poboljšanja kvaliteta posteljice. Ispitivanjem je takođe utvrđeno da debljina humusa iznosi ne više od 25cm, što čini zadovoljavajuću debljinu za njegovo uklanjanje.

5.3. Analiza saobraćajnog opterećenja i dimenzionisanje kolovozne konstrukcije prema SRPS U.C4.012.

Na osnovu elemenata za dimenzionisanje koji proizilaze iz projektnog zadatka i geotehničkih ispitivanja, sa dijagrama za dimenzionisanje kolovoznih konstrukcija od asfaltnih i nosivih slojeva od nevezanog zrnastog kamenog materijala (SRPS U.C4.012, slika 6) [4], očitavamo debljine slojeva kolovozne konstrukcije d_i . Na strani 7 pomenutog standarda nalaze se vrednosti računskih koeficijenata za noseće slojeve a_i , a zahtevani strukturni broj se dobija po sledećoj formuli:

$$SN = \sum d_i a_i \quad (1)$$

Na osnovu klimatske karte dubina smrzavanja, na teritoriji Rume ova dubina se kreće u vrednostima od 70 do 90cm. Prema Priručniku za projektovanje puteva, empirijski je utvrđeno da je potrebna debljina kolovozne konstrukcije manja od dubine smrzavanja [5]. U ovom slučaju, može se usvojiti da je ta debljina $0,7h_m$, čime dolazimo do potrebne debljine u granicama 49-63cm i usvajamo ukupnu debljinu slojeva kolovozne konstrukcije $D=65$ cm. Na osnovu ovoga usvajamo debljine svakog asfaltnog i nevezanog sloja od izabranih materijala, a prosečni koeficijenti zamene za odabrane vrste materijala se usvajaju na osnovu tabele u standardu SRPS U.C4.012, strana 3: 4.6.

Kvalitet primenjenih materijala u kolovoznoj konstrukciji. Predložena kolovozna konstrukcija ispunjava uslove zahtevane nosivosti i minimalnu debljinu kolovozne konstrukcije za zaštitu posteljice od dejstva mraza ukoliko projektovani strukturni broj koji se takođe računa po obrascu (1) ima vrednost veću od zahtevanog.

5.4. Okvirni predmer i predračun radova

Ovaj deo rada sadrži tabelisane numeričke vrednosti predmera količina i predračuna koštanja radova na izgradnji kolovozne konstrukcije predmetnog projekta.

5.5. Grafički prilozi

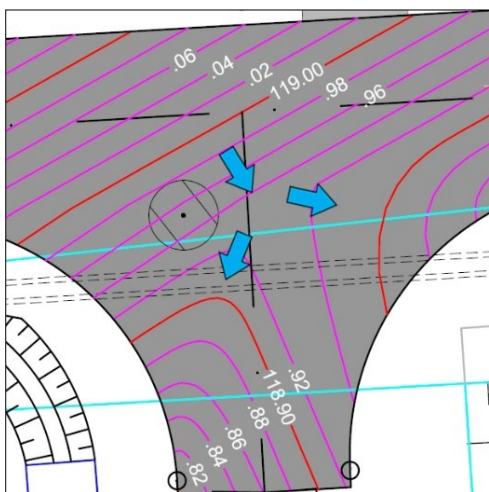
Tehnički crteži koji sačinjavaju ovaj deo rada su pregledna karta (R=1:5000), normalni poprečni profil (R=1:50), detalj bankine i kanala (R=1:20), situacioni plan (R=500), podužni profil (R=1:500/50), poprečni profili (R=1:100) i detalji nivelacionog plana u zonama raskrsnica projektovane saobraćajnice (R=1:200).

5.6. Analiza nivelacionog plana

Zbog složenijeg oblika površine na mestima priključenja bočnih ulica izrađeni nivelacioni plan je fokusiran na zone raskrsnica radi analize mogućih mesta zadržavanja atmosferskih voda. Sa obzirom na to da je ujednačeni hod izohipsi indikator dobro isprojektovanog kolovoza po pitanju mogućnosti oticanja vode sa njegove površine, posmatramo nivelacioni plan i uočavamo da li negde dolazi do odstupanja od njihove jednoobrazne promene.

Sudeći po dobijenim izohipsama nivelacionog plana koje imaju ravnomeran ritam na kolovoznoj površini, može se reći da na mestima ukrštaja Jezerske ulice sa ulicama Baštenska i Moše Pijade ne bi trebalo da bude zadržavanja vode na kolovoznim površinama.

U raskrsnicama Jezerske sa Vrdničkom, Sutjeskom i Karadorđevom ulicom može se primetiti neravnomerna promena toka izohipsi usled usklađivanja kolovoznih površina ulica koje se ukrštaju. Analizom mogućih puteva vode koji je upravan na izohipse može se primetiti da se diskontinuitet u toku izohipsi kod raskrsnica sa Vrdničkom i Sutjeskom ulicom javlja u vidu slemena. S obzirom na to, od spomenutog mesta voda se upravno sliva u pravcima ivica kolovoza i kanala, što znači da na zapaženim mestima ne postoji mogućnost zadržavanja vode.



Slika 3: Putanja vode u raskrsnici Jezerske i Vrdničke ulice

6. ZAKLJUČAK

U okviru ovog master rada detaljno je predstavljen pojam nivelacionog plana kao grafičkog dokumenta koji u ravni prikazuje put kao trodimenzionalni objekat po principima topografske karte. Kako je nivelaciono rešenje površinskih raskrsnica uslovljeno projektivnim elementima saobraćajnice, projektne dokumentacija u vidu podloga idejno-inženjerskog rešenja saobraćajnice je polazna tačka za njegovu izradu.

Primer nivelacionog plana je urađen u okviru projektog rešenja za deo Jezerske ulice u Rumi koji pripada bloku „4-11-1“ u dužini od približno 437m. Rešenje sadrži sve uobičajene elemente projektne dokumentacije, a kao ulazni podaci za izradu nivelacionog plana su služili pojedini delovi projekta: podužni i poprečni profili i situacioni plan. Analitičko sagledavanje dobijenog nivelacionog plana je predstavljeno u vidu komentara očekivanog ponašanja atmosferskih voda na osnovu dobijenih izohipsi koje predstavljaju nivelacione odnose na kolovoznim površinama u zonama raskrsnica.

Urađena je i analiza softverskih paketa GCM i Plateia kao dodatka softverskog programa za računarsko projektovanje AutoCAD. Posebno je razmatrana mogućnost izrade nivelacionog plana uz njihovu pomoć.

Nivelacioni plan kao deo projektne dokumentacije igra bitnu ulogu u planiranju i rešavanju odvodnjavanja atmosferskih voda i sagledavanja eventualne mogućnosti zadržavanja voda na površini kolovoza, čime se predupređuje njihovo pojavljivanje i time značajno utiče na pitanje bezbednosti u saobraćaju i na dugoročno stanje kolovozne konstrukcije.

7. LITERATURA

- [1] M. Maletin, "Planiranje i projektovanje saobraćajnica u gradovima", str. 193 i 201, 2009.
- [2] Pravilnik o uslovima koje sa aspekta bezbednosti saobraćaja moraju da ispunjavaju putni objekti i drugi elementi javnog puta ("Službeni glasnik RS", broj 50/2011)
- [3] SRDM - Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji (JP "Putevi Srbije", 2012.)
- [4] SRPS U.C4.012 - Projektovanje i građenje puteva - Dimenzionisanje novih asfaltnih kolovoznih konstrukcija ("Službeni list SFRJ", broj 46/81)
- [5] SRPS U.B9.012 - Projektovanje i građenje puteva - Procena osetljivosti kolovozne konstrukcije na dejstvo mraza i tehničke mere za sprečavanje oštećenja ("Službeni list SFRJ", broj 46/81).

Kratka biografija:



Goran Zečević rođen je u Novom Sadu 1984. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti građevinarstva – putevi, železnice i aerodromi – odabrana poglavlja iz projektovanja gradskih saobraćajnica odbranio je 2018.god.