

okvira koji je adekvatan za realizaciju ovako obimnog i kompleksnog cilja.

Dosadašnja iskustva ukazuju da je cena 1 m³ prečišćene gradske otpadne vode, u zavisnosti od stepena prečišćavanja, lokalnih uslova i veličine postrojenja, u rasponu od 0,15 do 0,5 Evra po 1 m³ [6]. U ovu cenu su uključeni operativni troškovi (fiksni i varijabilni), troškovi kapitala i amortizacija.

Da bi se obezbedila primena dva osnovna principa na kojima se temelji politika u oblasti voda u EU, a to su "zagađivač plaća" i "naknada za usluge u domenu voda mora da obezbedi pokrivanje svih troškova obezbeđenja usluge" biće potrebno znatno povećanje cene komunalnih usluga za vodosnabdevanje i kanalisanje (cena vode), uz uspostavljanje novih sistemskih rešenja koja će obezbediti odgovarajuće uslove za plasman sredstava u različite sektore komunalnih delatnosti, vodoprivrede i obrazovanja.

7. ZAKLJUČAK

Nedovoljni izvori finansiranja i zastarela zakonska regulativa i dalje usporavaju proces izgradnje kanalizacionih sistema i postrojenja za prečišćavanje gradskih otpadnih voda u Srbiji. Dugogodišnja praksa pre niskih cena usluga vodosnabdevanja i kanisanja je već dovela u prošlosti do degradacije više izgrađenih postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, i kompromitovanja ideje o nužno-

325

Dr Dejan Gavran, dipl. inž. grad.¹
Mr Dušan Nikolić, dipl. inž. grad.²

PROSTORNO PROJEKTOVANJE PUTEVA

0352-2733,42 (2009),p. 327-353

UDK: 004.896 : 625.72

IZVORNI NAUČNI ČLANAK

Rezime

Savremeni CAD sistemi za projektovanje puteva bazirani su uglavnom na 2D konceptu. To znači da se, nakon formiranja 3D modela terena, proces projektovanja uglavnom vraća na tradicionalne 2D projekcije- situacione planove, podužne profile i poprečne profile. Radeći u gradskom ili prigradskom okruženju ili na projektima složenih denivelisanih raskrsnica, uvek se nameće potreba za simultanim (jednovremenim) projektovanjem usko povezanih puteva, rampi, nadvožnjaka itd. Pojedinačan i izolovan tretman ovih objekata, korišćenjem standardnih 2D projekcija (podužnih i poprečnih profila), nikada ne daje najbolji rezultat. Ovaj rad predstavlja potpuno 3D orijentisan CAD paket (GCM) za projektovanje puteva, razvijen od Dejana Gavrana, kao i njegovu primenu na konkretnim projektima. Čitav koridor puta, uključujući

¹ Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu

² Građevinski fakultet Univerziteta u Beograd
Rad primljen septembra 2009.

327

sti prečišćavanja otpadnih voda. Uvođenje prečišćavanja otpadnih voda će zahtevati znatno povećanje cena usluga vodosnabdevanja i kanisanja.

8. LITERATURA

- [1] D.LJUBISAVLJEVIĆ, B.BABIĆ, A.ĐUKIĆ: *Prečišćavanje otpadnih voda*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, (2004)
- [2] METCALF & EDDY: *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*, McGraw Hill inc., NY USA (1991)
- [3] B.JOVANOVIĆ, A.ĐUKIĆ, V.RAJAKOVIĆ-OGNJANOVIĆ, L.J.RAJAKOVIĆ: *Pregled savremenih metoda za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda postupkom aktivnog mulja*, Zbornika radova konferencije "Otpadne vode, čvrsti otpad i opasan otpad", UTVSI, Beograd, (2007)
- [4] Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede, Republička direkcija za vode: *Instrumenti za razvoj sektora voda u Republici Srbiji*, Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi" i Ekonsmski institut, Beograd (2006)
- [5] <http://www.minpolj.gov.rs/>
- [6] A.ĐUKIĆ, D.LJUBISAVLJEVIĆ: *Prečišćavanje otpadnih voda naselja i industrije Vrbasa i Kule*, Zbornik radova konferencije "Voda 2008", Srpsko društvo za zaštitu voda, Beograd, (2008)

326

sam put, nadvožnjake, podzemne objekte, susedne puteve, pa i druge objekte može se modelirati tehnikama pokazanim u ovom radu. Na kraju se, sa ovakvog 3D modela, specijalnim softverskim alatima generišu podužni i poprečni profili, nivelacioni planovi i druga projektna dokumentacija.

Ključne reči: CAD, 3D, 3D model, projektovanje puteva

ROAD DESIGN IN 3D

Abstract

CAD systems for road design are mostly 2D oriented. It means that, after starting with the 3D terrain model, design process turns back to the traditional 2D documents - plans, longitudinal profiles and cross-sections. While working in urban/suburban environment or on complex multilevel junctions, there is always a need of simultaneous design of tightly interrelated roads, ramps, overpasses etc. Treating them separately, by using standard 2D projections (profiles and cross sections), cannot yield the best results. This paper presents fully 3-dimensional CAD package (GCM) for road design developed by Dejan Gavran, as well as its use on particular projects. Entire corridor, including the road itself, overpasses, underground structures, neighbouring roads and other facilities, could be modelled by using techniques described herein. Fina-

328

lly, grading plans or complex cross sections and profiles, including several interrelating civil engineering facilities, are extracted easily from the 3D model.

Key words: CAD, 3D, 3D model, road design

U mnogim oblastima inženjerstva proces projektovanja podržan je naprednim 3D tehnikama modeliranja. U mašinskom inženjerstvu, pa čak i u arhitekturi, objekti se lako predstavljaju korišćenjem regularnih prostornih tela : kvadara, cilindara, sfera. Na osnovu ovih tela uz korišćenje standardnih operacija, kao što su unije i preseci tela, mogu se modelirati i veoma složeni objekti.

Pri modeliranju kompleksnih zakrivljenih površi umesto prostih tela, kao što su sfere, cilindri i sl., koriste se „spline“ površi. Svi ovi prostorni oblici baziraju se na 3D matematičkoj prezentaciji - $F(x,y,z)=0$. Čak i kombinacije prostornih tela (unije i preseci) definisane su u formi $F(x,y,z)=0$. Na osnovu ovih matematičkih formula, palnovi i poprečni profili standardnih 3D tela i njihovih unija i preseka računaju se relativno jednostavno. Stoga je, radeći na modernom CAD sistemu, projektant koncentrisan na 3D model projektovanog objekta, mašinskog elementa ili sklopa i sl. Planovi, preseci i druga grafička dokumentacija automatski se generišu sa modela i u suštini predstavljaju sekundarni proizvod procesa modeliranja.

Gotovo je sigurno da u putnom inženjerstvu objekti (putevi) nikada neće biti predstavljeni u formi $F(x,y,z)=0$.

329

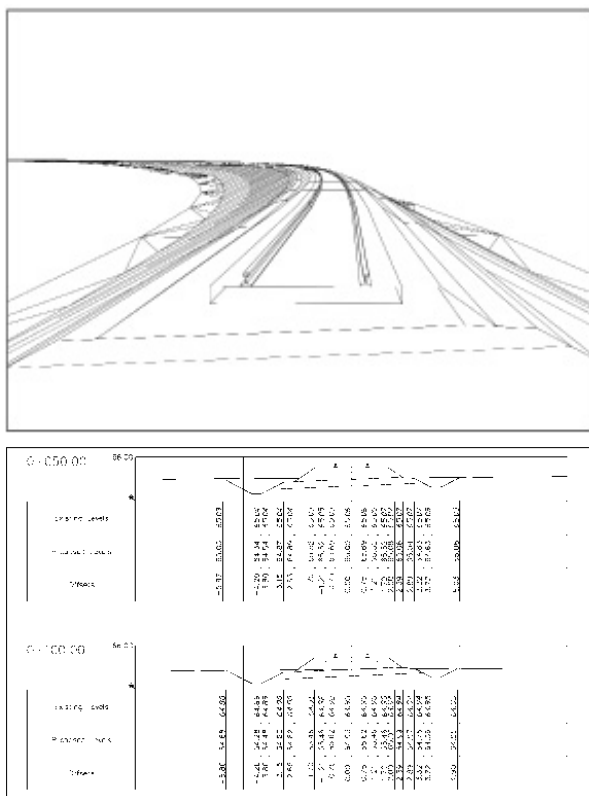
U situacionom planu osovine puteva predstavljene su pravcima, kružnim lukovima i prelaznim krivinama, od kojih svaki ima konkretnu matematičku definiciju u 2D - $F(x,y)=0$.

I elementi podužnog profila takođe su dvodimenzionalni ali njihova matematička definicija ishodi iz odnosa stacionaža i visinskih kota - $F(l,z)=0$.

Osovina puta u suštini jeste 3D kriva ($F(x,y,z)=0$) koja svoju definiciju crpe iz $F(x,y)=0$ i $F(l,z)=0$. Međutim, integralna 3D definicija osovine je neprimenjiva jer svi propisi u svetu projektne parametre definišu u 2D (radijusi u situacionom planu, parametri klotoide, podužni nagibi, radijusi vertikalnih krivina, itd). Stoga su, još od najranijih faza projektovanja, projektanti puteva primorani da koriste razdvojene projekcije, a ne da rade u sve tri dimenzije jednovremeno.

Najčešći finalni proizvodi procesa projektovanja puteva jesu poprečni profili. Oni se proračunavaju uzimajući u obzir normani (tipski) poprečni profil, elemente osovine u planu i elemente nivelete, uzimajući pri tom u obzir i digitalni model terena. Stoga su projektanti puteva, čak i kada rade sa najnovijim CAD sistemima, usmereni na korišćenje standardnih 2D projekcija, situacioni plan, podužni profil i poprečni profil. Ovakva je metodologija potpuno primerena tipičnim linijskim objektima (ruralnim putevima, železničkim prugama i gasovodima). *Slika 1.* ilustruje jedan ovakav objekat - usamljena železnička pruga kroz pustinju.

330



Slika 1.- Poprečni profili železničke pruge

331

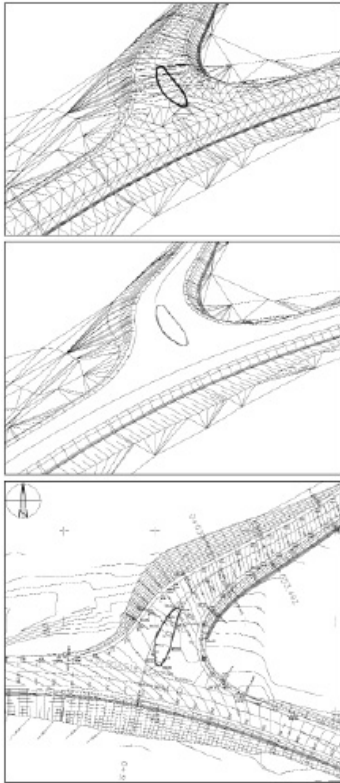
Elementi sistucionog plana definišu se prvi. Niveleta se definiše u odnosu na podužni profil terena generisan sa digitalnog modela terena. Na kraju se, u odnosu na digitalni model terena, proračunavaju i poprečni profili železničke pruge. Gotovo svi detalji neophodni za izvođenje nalaze se ovde, u poprečnim profilima. Na isti način projektuje se i ruralni put.

Međutim, radeći na površinskim objektima, kao što su površinske raskrsnice (pa i parking površine), poprečni profili nisu dovoljni za izvođenje. Decenijama unazad, u projektovanju površinskih raskrsnica koriste se nivelacioni planovi. Izohipse sa korakom od 2,5cm ili 10cm koriste se za proveru uslova površinskog odvodnjavanja i za preciznu definiciju složene kolovozne površi. Visinska kota bilo koje tačke na kolovozu može se dobiti lako, interpolovanjem između susednih izohipsi.

Iako su nivelacioni planovi u suštini 2D crteži, izohipse ovde uvode i treću dimenziju. Tako se, u putnom inženjerstvu, nivelacioni planovi mogu smatrati pretečama 3D modeliranja. I zaista, radeći na računaru, svaki projekat koji zahteva nivelacioni plan, ustvari zahteva i 3D model.

Slika 2. (serija od tri slike) pokazuje 3D model površinske raskrsnice i nivelacioni plan generisan sa modela. Prva slika pokazuje triangulisani model raskrsnice. Prostorni trouglovi su najpodesniji za 3D modeliranje puteva, površinskih raskrsnica i drugih linijskih i površinskih objekata niskogradnje. Ne samo izohipse već i po-

332

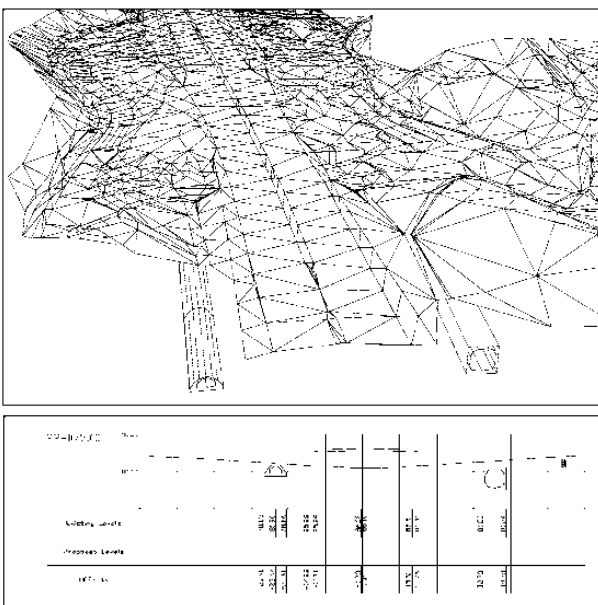


Slika 2.- Nivelacioni plan generisan sa modela površinske raskrsnice

333

autoput čija složenost zahteva 3D pristup. To je, u stvari, tipičan evropski autoput.

Prolazeći kroz tipične evropske krajeve, robustan objekat, kao što je autoput, potpuno remeti mrežu lokalnih puteva, vodotoke, slivna područja itd. Gotovo svaki



Slika 3.- Poprečni profil generisan sa TIN modela urbanog područja

335

poprečni profili, podužni profili i kubature relativno lako se računaju sa mreža prostornih trouglova.

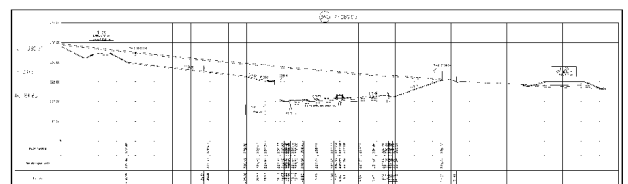
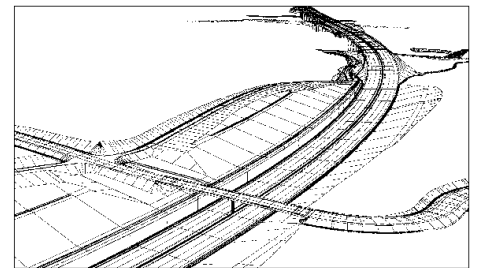
Primena trianguliranih modela začeta je u oblasti digitalnog modela terena (DTM). Najpodesniji vid digitalnog modela terena za inženjersku primenu jeste TIN (triangulated irregular network) model.

Koristeći TIN model terenske tačke povezuju se ne preklapajući prostornim trouglovima pri čemu svaki od trouglova teži da bude što jednakokraničniji. Kako primena trouglova koji se preklapaju u plan projekciji ovde nije dozvoljena, TIN modelom se ne mogu modelirati zatvorene površi, kao što su tunelske konstrukcije, mostovi i sl. Međutim, radeći u urbanom okruženju, upravo ovi objekti, a ne teren, predstavljaju najvažnija ograničenja. Slika 3. ilustruje kompleksan urbani TIN model koji sadrži i modele podzemnih objekata i podvožnjaka. U ovom slučaju, triangulisani modeli navedenih objekata izrađeni su tehnikama različitim od TIN modela. U svakom slučaju, svaki moderni CAD sistem za projektovanje puteva započinje svoju primenu TIN modelom i, na nesreću, u ovoj se tački i prekida 3D modeliranje.

Nakon izrade TIN modela, proces projektovanja seli se na definisanje osovine u situacionom planu i nivelete u podužnom profilu. Na kraju se sve završava izradom, (proračunom) poprečnih profila. Tako se, čak i u uslovima primene moderne CAD tehnologije projektovanje odvija na tradicionalan način, korišćenjem manje ili više nezavisnih 2D projekcija. Međutim, slika 4. pokazuje

334

poprečni profil autoputa mora sadržati i bar jedan (ako ne i dva) izmeštena ili novorprojektovana lokalna puta. A tu su i kanali, potporni zidovi i drugi objekti. Slučaj mnogo složeniji od usamljene železničke pruge kroz pustinju pokazane na slici 1. Čak i kada se raspolože kompletiranom projektnom dokumentacijom svih ovih pojedinačnih objekata, veliki je napor da se svi oni postave zajedno u integralne poprečne profile. A da se i ne pominje situaciona i visinska korelacija ovih objekata u ranijim fazama projektovanja. Stoga je najbolje lokalne puteve, kanale i druge objekte projektovati simultano sa autoputem. U su-



Slika 4.- Autoput sa obodnim lokalnim putevima

336

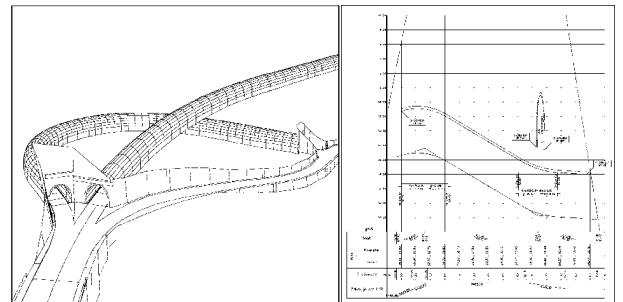
štini, postepeno se gradi 3D model celog remodeliranog područja (koridora). Pri tom se, sa parcijalno završenog modela, mogu generisati poprečni profili i nivelacioni planovi, kako bi se proverili polazni koncepti i projektna rešenja.

Naravno, 3D model koridora konstruiše se primenom 3D trouglova, kao najjednostavnijih 3D oblika. Pri tom nije realno tragati za komplikovanijim elementarnim površima, kao što bi bile „spline“ površi. Već je ranije rečeno da se i sama osovina puta uvek definiše u razdvojenim projekcijama - pravci, kružni lukovi i prelazne krivine u plan projekciji i podužni nagibi i vertikalne krivine u podužnom profilu. Stoga bi bilo preambiciozno tragati za na primer matematičkom definicijom kosine nasipa u vidu „spline“ površi. S druge strane veoma je jednostavno raditi sa triangulisanim modelom. Na primer, ako se triangulisani model preseče vertikalnom ravni dobiće se grupa duži, pri čemu svaka duž predstavlja presek jednog od trouglova modela sa predmetnom vertikalnom ravni. A cela grupa ovih linija predstavljaće poprečni profil. Slično tome, sečenjem modela horizontalnim ravnima, postavljenim na ekvidistantnim visinama, dobiće se izohipse (nivelacioni plan). Programi koji izvode ove operacije na triangulisanim modelima relativno su jednostavni za razvoj.

U mnogim slučajevima jednovremeno projektovanje više linijskih objekata absolutno je neophodno. Slika 5. pokazuje dva tunela koji se mimoilaze u prostoru. Pri de-

finisanju nivelete ovih tunela, drugi tunel, a ne površina terena, predstavlja osnovno ograničenje. Stoga je mnogo važnije imati digitalne modele tunela nego model samog terena. Na desnom delu slike pokazan je podužni profil nižeg tunela. Profil je doslovce isečen iz 3D modela - pored profila isečenog kroz svod nižeg tunela pokazan je i podužni profil isečen kroz gornji tunel (ovaj podužni profil približan je poprečnom profilu gornjeg tunela).

Projektovanje više linijskih objekata u uskom koridoru postavlja probleme koji se efikasno rešavaju primenom 3D modela. Teško je zamisliti matematički aparat koji bi usaglsio situacioni plan, nivelete, vitoperenja, kanale, presečne kosine useka i nasipa i druge elemente blisko postavljenih linijskih objekata kako bi ih na kraju predstavio u formi poprečnih profila. Umesto traganja za



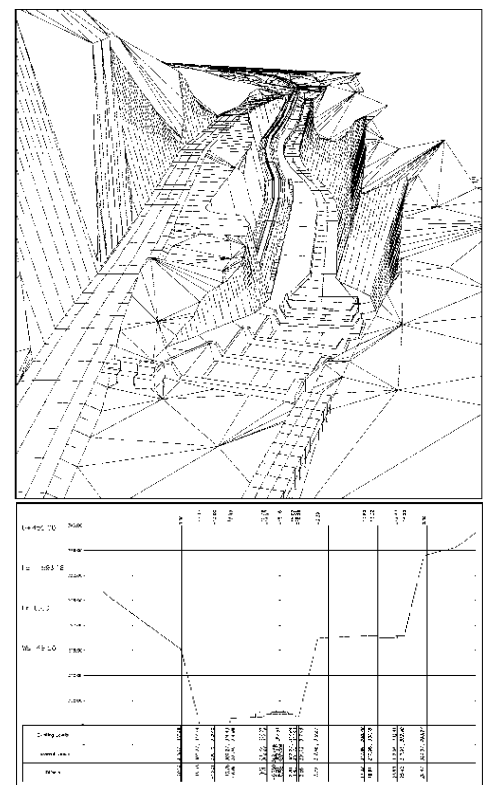
Slika 5.- Projektovanje tunelskih konstrukcija

ovakvim nerealno kompleksnim matematičkim definicijama, bolje je prionuti na izgradnju kompleksnog 3D modela. Slika 6. pokazuje kompleksan model koji se sastoji od železničke pruge, puta i hidroregulacije. Železnička pruga duboko je usečena u stenu. Stoga je postojeći potok, primenom niza preliva, morao biti spušten na kote niže od pruge. S druge strane put je ostao na visokim kotama. Presečne kosine između puta i pruge i između pruge i regulisanog potoka iziskivale su posebne tehnike modeliranja.

Na kraju su, sa kompleksnog 3D modela isečeni integralni poprečni profili. Kako su put, železnica i hidroregulacija građeni jednovremeno, mase zemljanih radiva morale su biti sračunate sa integralnih poprečnih profila koji predstavljaju celokupan koridor. Razdvojeni poprečni profili koji predstavljaju, put, prugu i hidroregulaciju ponaosob takođe su bili neophodni. Precizno postavljanje šina, kao i gradnja vitopernih površi kolovoza puta zahtevali su odvojene poprečne profile isečene upravno na svaku od osovina ponaosob.

Pored toga što služi kao trodimenzionalna baza podataka iz koje se generišu poprečni profili i druga projektna dokumentacija, 3D model predstavlja i dokaz o prostornoj usaglašenosti bliskih i međusobno povezanih objekata.

Sa geometrijskog stanovišta, najzahtevniji objekti su tuneli i mostovi. Ovi objekti zahtevaju visoku preciznost u izvođenju i složenu radnu dokumentaciju baziranu na jčeće na poprečnim profilima.

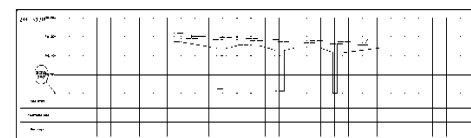
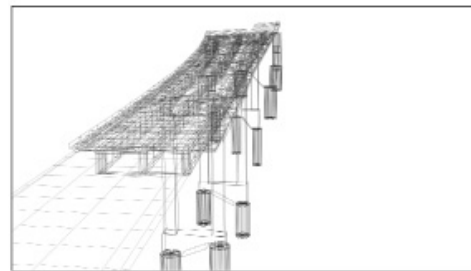


Slika 6.- Projektovanje železničke pruge, puta i hidroregulacije u uskom koridoru

U velikom broju slučajeva geometrija mosta isuviše je složena za CAD pakete opšte namene. U tim slučajevima najbolje je formirati triangulisani model mosta, primenom paketa za projektovanje puteva, i iseći poprečne profil sa tako formiranog modela. Međutim, kao što je napred navedeno, softverima za generisanje TIN modela nije moguće modelirati zatvorene površi (tunela i mostove). I pored toga, na slici 7. prikazan je triangulisani model mosta. Model je formiran primenom softvera koji modelira i zatvorene površi. Primenom ovog softvera moguće je po zadatim osovina i niveletama, primenom 3D interpolacije, razviti triangulisane mreže modela mostova, tunela, puteva (uključujući slojeve kolovoza, detalje oivičenja, detalje odvodnjavanja), železnih pruga, kanala... Iz estetskih razloga, dijagonalne ivice trouglova na slici su zaklonjene. Međutim sve na modelu sastavljeno je od trouglova: nosači, ploča, kolovoz, pešačke staze i rukohvat.

Čak i stubovi i temelji modelirani su primenom trouglova i precizno ugrađeni u TIN model terena. Put prelazi preko postojećeg mosta i, sa bliže strane kanjona ulazi u tunel. U sledećoj fazi razvoja, biće izgrađen i drugi tunel. Prelazak sa dvotračnog puta (u prethodnoj fazi), na autoput (u novoj fazi) mora se realizovati baš iznad kanjona. Tako ploča mosta mora zadovoljiti privremene saobraćajne trake koje izlaze iz postojećeg dvotračnog puta kao i saobraćajne trake budućeg autoputa. Ivce ploče nisu paralelne jedna drugoj, a cela ploča se vitoperi (sa oso-

341



Slika 7.- Radni crteži generisani sa modela mosta

342

vinom vitoperenja vezanom za osovinu budućeg autoputa). Dok je geometrija ploče zakrivljena, nosači, koji će biti naknadno prenapregnuti, moraju biti pravi. Stoga je model mosta kompleksan i sastoji se od modela ploče i modela pojedinačnih nosača, pri čemu svaki element prati zasebnu osovinu. Na kraju se, sa 3D modela, isecaju serije poprečnih profila. Jedna serija seče se upravno na osovinu budućeg autoputa. Kako je vitoperenje ploče vezano za osovinu autoputa, u ovim će poprečnim profilima površina ploče biti prava linija sa konstantnim poprečnim nagibom. Na osnovu ovih poprečnih profila gradiće se ploča mosta. Međutim, na osnovu ovih poprečnih profila nije moguće korektno izvesti i nosače. Kako nosači nisu paralelni osovini autoputa to će oni u poprečnim profilima sečenim upravno na osovinu autoputa biti blago zakrivljeni (npr. umesto u širini od 60cm pokazaoće se u širini od 62cm). Stoga se zasebne serije poprečnih profila moraju seći upravno na osovine nosača. Međutim, u tim poprečnim profilima površina ploče neće biti pokazana pravom, već blago zakrivljenom linijom. U svakom slučaju, nakon izrade 3D modela mosta, serije poprečnih profila mogu se generisati upravno na bilo koju od pomenutih osovina i pri tom će svaka serija podržavati gradnju konkretnog elementa mostovske konstrukcije (ploče, nekog od nosača itd).

Na slici 8. pokazan je model tunela građenog u otvorenom. Autoput na slici ulazi u relativno dubok usek ali, u prednjem delu čak se nalazi na nasipu. I pored toga, iz

343



Slika 8.- Primer tunela građenog u otvorenom

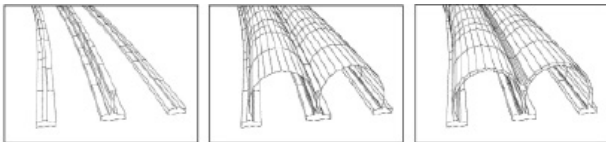
344

ekoloških razloga, autoput je na pokazanoj deonici morao biti pokriven zemljom.

Tehnologija gradnje prikazana je slikom 9. Prvo su izgrađeni linijski temelji. Nakon toga, na linijske temelje postavljene su šine. I temelji i šine precizno prate vitopenjenje kolovoza koji će biti postavljen na kraju. Cela tunnelska konstrukcija gradi se primenom oplatnih kola dugih 12 metara koja putuju po navedenim šinama. Geometrija šina pri tom obezbeđuje neophodne gabarite između svoda tunela i kolovoza.

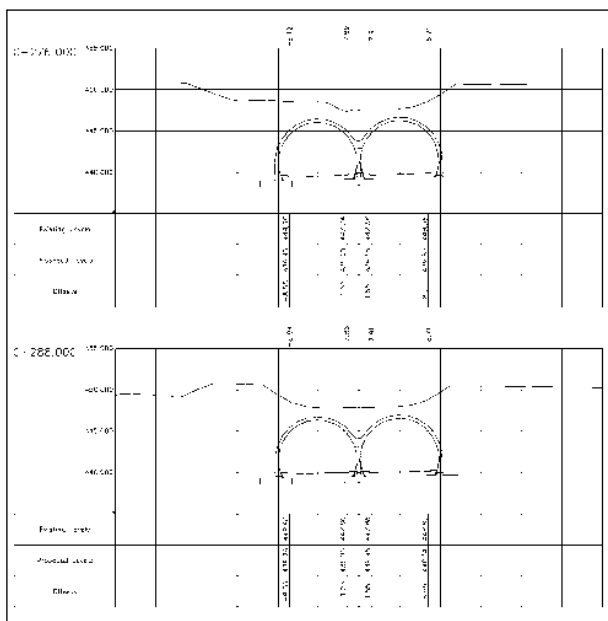
Istim redosledom gradi se i 3D model: prvo se formira triangulisani model temelja, potom se postavljaju šine i na kraju se modelira sama tunnelska konstrukcija. Po izradi modela tunela, modelira se zemljana pokrивka, a potom se formiraju modeli lokalnih puteva iznad tunela. Svakako, na oba kraja tunela modeliraju se i portali. U ovom sučaju modelirani su i nasipi za zaštitu od buke sa obe strane autoputa ispred ulaska u tunel.

Tako se 3D model našao u težištu procesa projektovanja. Sa modela su generisani nivelacioni planovi ko-



Slika 9.- Model temelja, model oplatnih kola i model tunnelske konstrukcije

moraju biti korektno modelirane itd. Iako 3D model nije prevashodno namenjen prezentaciji, nema razloga da se na kraju procesa projektovanja model ne upotrebi i u tu svrhu.



Slika 10.- Poprečni profili isečeni sa 3D modela tunela

mpletnog remodeliranog područja. Nivelete lokalnih puteva proverene su u odnosu na svod tunnelske konstrukcije i dokazana su neophodna visinska rastojanja. Naravno, radeći sa 3D modelom svi elementi, prevashodno portali, provereni su i sa estetskog stanovišta.

Pored standardne projektne dokumentacije, i svi drugi numerički podaci potrebni za izvođenje mogu se dobiti iz modela. Serije x,y,z kordinata mogu se ekstrahovati sa modela u cilju preciznog definisanja linijskih temelja, šina i ključnih tačaka u svodu tunnelske konstrukcije.

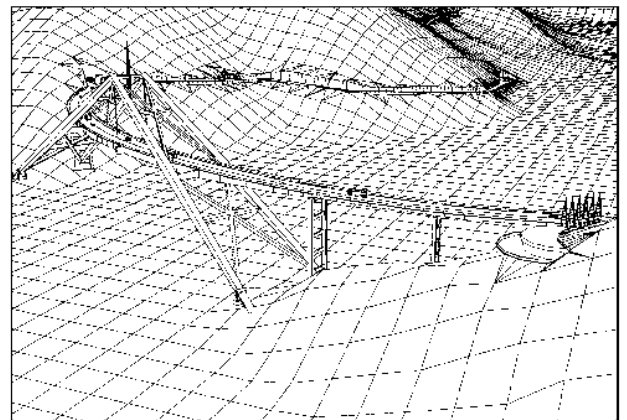
Na slici 10. pokazani su poprečni profili upravni na osovину autoputa. Kolovozi, pešačke staze, temelji, oplatna kola i tunnelska konstrukcija, svi su predstavljeni unutar poprečnih profila. Tu je takođe i površina terena sa lokalnim putevima iznad tunnelske konstrukcije. Ovim su poprečni profili doslovce isečeni sa modela. Svaki element prisutan u modelu biće pokazan i u isečenom poprečnom profilu.

U prethodnim primerima 3D model je predstavljen kao glavni produkt procesa projektovanja a ne kao sporodan proizvod namenjen javnoj prezentaciji projekta. Svi vidovi projektne dokumentacije (nivelacioni planovi, podužni i poprečni profili), kao i neophodni numerički podaci, generišu se ili ekstrahuju sa modela.

Korektna projektna dokumentacija stoga zahteva i korektan 3D model: triangulisane kolovozne površi moraju biti generisane u odgovarajućem ritmu (dovoljno glatke), kosine useka i nasipa (posebno presečne kosine)

Na slici 11. upravo je prikazan jedan takav model. Svaki od elemenata mosta modeliran je softverom za projektovanje puteva. Model je potpuno triangulisan, što omogućava autoputsku rekonstrukciju svih vidova projektne dokumentacije sa modela. Pogledi na 3D model mogu se ukomponovati u fotografije (slika 12.). Fotomontaža je najefektniji način za proveru vizuelnog uklapanja puta u postojeće okruženje.

Radeći sa modernim CAD sistemima, veoma je lako napraviti fotomontažu. Dovoljno je imati digitalnu fotografiju i pogled na model definisane sa istim para-



Slika 11.- Pogled na 3D model mosta

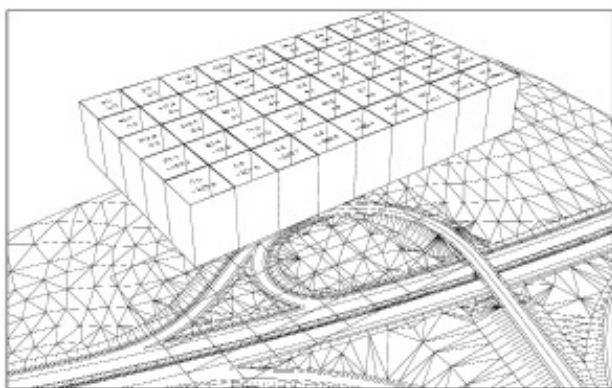


Slika 11.- Primer fotomontaže

metrima. Drugim rečima i fotografija i pogled na model moraju biti definisani sa istom stajnom tačkom, ciljnom tačkom i žižinom daljinom. Na kraju se, pogled na model superponira preko fotografije.

Prethodni primeri preuzeti su iz konkretnih projekata. Ovi projekti urađeni su primenom softvera "Gavran – Civil Modeler" (GCM) koji je razvio Dejan Gavran. Softver je razvijen na bazi okruženja ACAD (Autocad is trade mark of Autodesk inc). Iako je razvijen prevasho-

349



Slika 13.- Proračun zemljanih radova na 3D modelu

izražavaju u formi grida. U okviru ovog softvera postoje i mnogi drugi numerički alati ali cilj ovog članka je da se promoviše 3D koncept koji nije baš tako čest u projektovanju puteva a ne da se predstavi konkretno softversko rešenje.

LITERATURA

- [1] GAVRAN, D.: „Razvoj metodologije i tehnologije prostornog projektovanja aerodroma”, doktorska disertacija, Beograd, (1996).

351

dno za primenu u putnom i aerodromskom inženjerstvu, u poslednje dve decenije primenjivan je i na projektima železnica, tunela, mostova itd.

Od samog početka GCM je razvijan kao softver i za linijske i za površinske objekte. Dok je tipičan predstavnik linijskih objekata put, tipični predstavnici površinskih objekata bile bi površinske raskrsnice, parkinzi i aerodromi. U stvari, aerodromi su sistemi sastavljeni od površinskih (platforme) i međusobno povezanih linijskih objekata (poletno sletne i rulne staze). Radeći na linijskim objektima, poprečni profili, kao i druga grafička i negrafička dokumentacija, mogu se proračunati i bez formiranja 3D modela (sa izuzetkom digitalnog modela terena). Međutim radeći na sistemima linijskih objekata (aerodromi i denivelisane raskrsnice), najlakši put usaglašavanja linijskih objekata vodi preko 3D modela. Zbog toga je GCM od samog početka razvijan kao potpuna 3D aplikacija.

Radeći u GCM-u projektant formira 3D model objekta u razmeri 1:1. Tokom modeliranja privremeni poprečni profili i nivelacioni planovi mogu se generisati sa parcijalno završenog modela. Sa kompletiranog modela generišu se finalni radni crteži.

Sem prethodno opisanih procedura, GCM podržava i druge vidove 3D obrade. Jedno od njih je ćelijski proračun kubatura pokazan na slici 13.

Kubature useka i nasipa proračunavaju se između triangulisanih modela projektovanih i postojećih površi i

350

- [2] GAVRAN, D.: „Projektovanje puteva u 3D (prelazak sa 2D na 3D)“, Proceedings of 3rd IRF Road Congress for South-East Europ, (2002).
- [3] GAVRAN, D., NIKOLIĆ D.: „Road Design in 3D”, 1st Symposium on roads, bridges and railroads, Tripoly, (2009).
- [4] KASSMANNHUBER, J.: “Final design for cut&cover tunnel Reigersdorf – A2 Sudautobahn, Austria”, Österreichische Autobahn und Schnellstrassen Aktiengesellschaft / Kassmanhuber, Feldkirchen, Austria, (1998).
- [5] KASSMANNHUBER, J.: “Final geometrical design for bridge Kogljahrebrucke (Objekt PY20) - A9 Pyhrn Autobahn, Austria”, Österreichische Autobahn und Schnellstrassen Aktiengesellschaft / Kassmanhuber, Feldkirchen, Austria, (2002).
- [6] LAZAREVIC, D.: “Final design for motorway A5 Pesnica-Lendava-Meja Madjarske, Section: “Cogetinci – Vucja Vas”, Slovenia, Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji / GINEX - Nova Gorica, Nova Gorica, Slovenia, (2002).
- [7] FUZINATO I., VIDA KOVIC M.: „Glavni projekat modernizacije i rekonstrukcije puta M14.1 Srbac-Derventa - Dionica Lugonjići-Perići“, Direkcija za puteve Republike Srpske, p.p.PLANUM-Prnjavor, Republika Srpska, (1999).
- [8] OSTOJIC R.: „Idejno rešenje autoputa Tanki rt – Farmaci (ukrstanje sa putem Podgorica-Cetinje)“,

352

Direkcija za auto-puteve Crne Gore, Put Inženjeri-
ng, Podgorica, Crna Gora, (2000).

- [9] BALETIĆ D., MILOJEVIĆ N.: „Glavni projekat
industrijskog koloseka za separaciju „Suvodo” u
Jelen Dolu“, „Jelen Do”, N-ING, Beograd, 1998.
- [10] AUTODESK CIVIL 3D: Autodesk, Inc., San Rafael
California, USA, 2006 /2007 /2008

Doc.dr Goran Mladenović, dipl.inž.¹

HARMONIZOVANE EVROPSKE NORME ZA ASFALTNE MEŠAVINE

0352-2733,42 (2009),p. 354-398

UDK: 346.544.4 (4-672691.16)

STRUČNI ČLANAK

Rezime

U radu su prikazane nove harmonizovane evropske norme koje se odnose na proizvodnju i kontrolu kvaliteta asfaltnih mešavina i komponentalnih materijala. Harmonizovane norme su nastale kao rezultat primene Direktive Evropske unije (EU) o građevinskim materijalima sa ciljem da se ukinu barijere u trgovini unutar EU.

U radu je dat pregled ispitivanja i zahteva za agregat, bitumen i asfaltne mešavine. Kod definisanja harmonizovanih evropskih normi postoji jasan trend da se ispitivanje empirijskih karakteristika materijala zameni ispitivanjem fundamentalnih karakteristika koje su u vezi sa ponašanjem slojeva kolovoznih konstrukcija u fazi eksploatacije i da se na bazi toga definišu tehnički uslovi (tzv. „performance related specifications“).

Ključne reči: agregat, bitumen, bitumenske emulzije, asfaltne mešavine, evropske norme

¹ Građevinski fakultet, Beograd
Rad primljen oktobra 2009.

HARMONIZED EUROPEAN NORMS FOR ASPHALT MIXTURES

Abstract

The paper presents the new approach implemented through harmonised European norms to production and quality control of asphalt mixtures and componental materials. Harmonized norms were developed based on EU Directive on construction materials with the goal to remove barriers in trade.

The paper presents test methods and specifications for aggregate, bitumen and asphalt mixes. There is obvious trend in defining European norms that testing of empirical properties of materials will be replaced by testing of fundamental characteristics that can be related to pavement layers behaviour during exploitation based on which „performance related specifications“ can be developed.

Key words: aggregate, bitumen, bitumen emulsions, asphalt mixtures, European norms

1. OPŠTE O HARMONIZOVANIM EVROPSKIM NORMAMA I EVROPSKOJ DIREKTIVI 89/106/ EEC ZA GRAĐEVINSKE MATERIJALE

Jedan od osnovnih principa Evropske unije (EU) je slobodan protok ljudi i usluga na zajedničkom tržištu.

Kako bi se postigao ovaj cilj i prevazišle trgovinske barijere, zemlje članice EU su se početkom 1980-tih godina usaglasile da uspostave zajedničko tržište do 1992. godine. Put da se to postigne bila je prevencija stvaranja barijera u trgovini, uzajamno priznavanje dokumenata i tehnička harmonizacija.

Evropska unija je usvajanjem Rezolucije o novom pristupu tehničkoj harmonizaciji i standardizaciji 1985. godine definisala postupke i strategiju za harmonizaciju tehničkih propisa:

- harmonizacija se ograničava samo na osnovne zahteve
- tehničke specifikacije za proizvode koji zadovoljavaju osnovne zahteve se definišu u harmonizovanim standardima
- primena harmonizovanih standarda ostaje dobrovoljna i proizvođač uvek može primeniti druge tehničke specifikacije kako bi zadovoljio zahteve
- za proizvode koji su proizvedeni u skladu sa harmonizovanim normama se podrazumeva da zadovoljavaju set osnovnih zahteva.

U okviru ovog tzv. „novog pristupa“ donete su Direktive koje su imale cilj da obezbede slobodan protok proizvoda, koji su u skladu sa nivoom zaštite određenim od strane država članica Evropske unije. Osnovni princip novog pristupa je ograničenje harmonizacije zakonodavstva na bitne zahteve, za koje postoji javni, opšti interes. Pri tome se prešlo iz sistema obaveznog proveravanja