

Programski paket za projektiranje šumskih prometnica »RoadEng«

Kruno Lepoglavec, Igor Potočnik, Tibor Pentek, Željko Tomašić,
Anton Poje, Matevž Mihelič

Nacrtač – Abstract

Projektiranje šumskih prometnica važna je faza u gospodarenju šumama i šumskim bogatstvima. Projektiranje šumskih cesta sastoji se od dviju podfaza. Prva, terenska podfaza razumijeva prikupljanje svih terenskih podataka koji su nužni za izradu glavnoga projekta šumske ceste. Druga, uredska podfaza sastoji se od unosa podataka dobivenih terenskom izmjerom u računalni program te obrade tih podataka za izradu glavnoga projekta šumske ceste sa svim propisanim sastavnicama (Lepoglavec i dr. 2010). Korištenje računalnih programa uvelike je smanjilo vrijeme potrebno za projektiranje te ispisivanje projekata šumskih cesta. Postoje razni računalni programi za projektiranje javnih cesta koje možemo koristiti i za projektiranje šumskih cesta, no »RoadEng« je jedan od malobrojnih računalnih programa koji je razvijen u prvom redu za projektiranje šumskih cesta. »RoadEng« je programski paket razvijen u kanadskoj tvrtki »Softree«, a može se koristiti kao dodatak drugim računalnim programima ili kao samostalan alat. Pregledno je riješen i istodobno je vrlo interaktivan. Tim se programskim paketom može služiti svaki projektant te nije potrebno biti CAD stručnjak jer se »RoadEng« usredotočuje na inženjering, a ne na CAD. Sastoji se od triju modula: Survey/Map, Terrain i Location u kojima se radi kompletan unos podataka, obrada i izračun terena, oblikovanje buduće šumske prometnice sa svim cestovnim objektima te ispis svih priloga potrebnih za izradu glavnoga projekta šumske ceste.

Ključne riječi: programski paket »RoadEng«, moduli, projektiranje, šumske ceste

1. Uvod – Introduction

U današnje vrijeme teško je postići pri projektiranju šumskih cesta vrhunske rezultate u kratkom roku bez upotrebe programskih paketa za projektiranje šumskih (javnih) cesta. Neki od programa koji se koriste za projektiranje javnih i šumskih cesta su »RoadEng«, »Anadelta Tessera«, »Diolkos«, »RoadPACK«, »Cesta« i dr. U Hrvatskoj se, radi izrade projektne dokumentacije, koristi računalni program »Cesta«, koji je razvila slovenska tvrtka »Softdata« (ponajprije namijenjen za javne ceste) te prilagođen potrebama projektiranja radi rješavanja svih sastavnica potrebnih pri izradi glavnoga projekta šumske ceste. Kako bi se napravio korak dalje te pokušao poboljšati postupak projektiranja šumskih cesta, analiziran je kanadski računalni program »RoadEng« namijenjen projektiranju u prvom redu šumskih cesta. Sa stajališta korisnika programa »Cesta« htjelo se dobiti sve informacije o prednostima i nedostacima programa »RoadEng« te koje mogućnosti pruža u odnosu na ra-

čunalni program koji se sada upotrebljava u Hrvatskoj. Za proučavanje navedenoga programskoga paketa dobivena je licencirana verzija programa »RoadEng« od Biotehničkoga fakulteta iz Ljubljane te zajedničkom suradnjom postignut cilj i formiran zaključak o proučavanom programskom paketu. Prilikom proučavanja uzeti su podaci za jednu šumsku protupožarnu cestu duljine oko 550 m, projektirane na području UŠP Gospić, u Šumariji Otočac, 2011. godine, koja je potpuno obrađena te je na kraju dobivena kompletna projektna dokumentacija izrađena računalnim programom »RoadEng«.

Programski paket »RoadEng« interaktivna je aplikacija za operativne sustave *Windows* (sve do *Win7*) koju su razvili programski stručnjaci tvrtke »Softree« te je najčešće korišten paket za projektiranje šumskih cesta u svijetu (Amerika, Kanada, velik broj europskih i azijskih država i dr.). Namijenjen je izradi cjelokupne projektne dokumentacije potrebne za izgradnju u prvom redu šumskih cesta. Oslanja se na CAD

platformu te se sastoji od triju modula od kojih svaki ima svoju zadaću u postizanju krajnjega rezultata, tj. glavnoga projekta šumske ceste. Moduli su toga programskoga paketa razdijeljeni i svaki ima svoju zadaću pa će biti opisani zasebno.

2. Modul *Survey/Map* – *Module Survey/Map*

Modul *Survey/Map* služi za unos svih podataka koji su prikupljeni na terenu za određeni poligon buduće šumske ceste ili podataka o nultoj liniji. Sam modul sastoji se od osam glavnih izbornika s njihovim podizbornicima od kojih svaki ima različitu funkciju vezanu uz definiranje unosa i oblika podataka. Prilikom otvaranja novoga dokumenta pojavljuje se tablica s praznim poljima u koje se unose podaci te osjenčanim poljima koji odjeljuju podatke susjednih profila (slika 1). Unos započinje od dna tablice prema gore, a prilikom unosa program automatski izračunava stacionažu, horizontalne razmake između profila te apsolutne visine na temelju unesenih podataka.

Prije samoga unosa podataka može se pomoću alata *Traverse Entry Options* definirati koje podatke unositi, u kojem obliku te njihovu točnost (slika 2). Tako se dobiva veći ili manji broj stupaca u tabličnom obliku programa, ovisno o količini snimljenih

podataka na terenu. Također je moguće već pri unosu poligona/nulte linije definirati građevinske kategorije materijala u alatu *Ground Types Editor* (slika 3). Svako se oznaci pridjeljuje kategorija zemljišta i vrijednosti pokosa nasipa i iskopa, koje se mogu poslije pri obradi podataka koristiti u modulu *Location*. Po završetku unosa poligona/nulte linije (unos dužina, azimuta te uzdužnih nagiba) mogu se unijeti podaci o poprečnim profilima, snimljeni padomjerom ili metodom ravnjače i podravnjače. Ovisno o tome kako su podaci prikupljeni, prilagođava se unos tih podataka pomoću alata *Extended side shot edit* (slika 4). Ako su podaci snimljeni metodom ravnjače i podravnjače, potrebno je označiti opciju *Horizontal distance* ili odabrati opciju *Slope distance* ako je snimljen nagib terena padomjerom na određenoj udaljenosti od osi promatranoga poligona/nulte linije. Unos visinskih razlika u metričkim jedinicama nije moguć kada su podaci snimljeni metodom ravnjače i podravnjače, nego je potrebno pomoću visinskih razlika i udaljenosti izračunati nagibe koji se tada unose u program. Po završetku unosa potrebno je pomoću alata *Station* definirati stvarnu nadmorsku visinu te koordinate početne točke iz koje program dalje izračunava, na temelju visinskih razlika i azimuta, sve visine unesenih profila i pripadajuće koordinate.

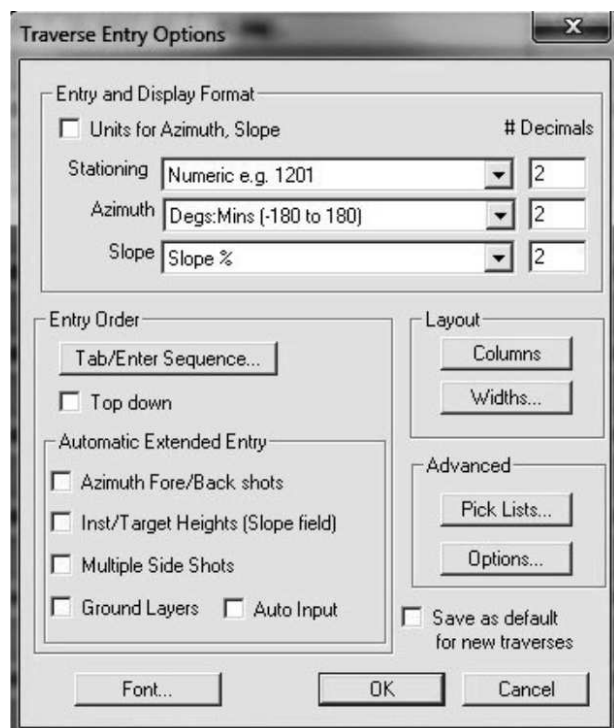
U modulu *Survey/Map*, što i sam naziv govori (map = karta, plan), po završetku kompletnoga unosa

Index	Station	Type	Fore Azim	H.D.	S.D.	Slp. (P)	SSL Slp. (P)/H.D.	SSR Slp. (P)/H.D.	GND	Z	Total SD
		FS	-40:18	11.21	11.22	4.07					
FS15	140.76						10.00/2.00 T, 17.50/2.00 T, 30.00/2.00 T, 37.50/2.00 T, 37.50/..	-27.50/2.00 T, -30.00/2.00 T, -30.00/2.00 T, -30.00/..	3	779.83	141.24
		FS	-9:00	11.21	11.21	0.61					
FS14	129.55						17.50/2.00 T, 20.00/2.00 T, 32.50/2.00 T, 32.50/..	-32.50/2.00 T, -35.00/2.00 T, -30.00/2.00 T, -30.00/..	3	779.76	130.03
		FS	-9:00	9.39	9.49	14.07					
FS13	120.16						27.50/2.00 T, 25.00/2.00 T, 30.00/2.00 T, 30.00/..	-27.50/2.00 T, -30.00/2.00 T, -30.00/2.00 T, -30.00/..	3	778.37	120.53
		FS	-9:00	11.65	11.71	10.49					
FS12	108.51						25.00/2.00 T, 32.50/2.00 T, 35.00/2.00 T, 35.00/..	-25.00/2.00 T, -32.50/2.00 T, -32.50/2.00 T, -32.50/..	3	777.14	108.82
		FS	-15:40	11.65	11.73	11.92					
FS11	96.06						27.50/2.00 T, 30.00/2.00 T, 37.50/2.00 T, 37.50/..	-25.00/2.00 T, -27.50/2.00 T, -30.00/2.00 T, -30.00/..	3	775.75	97.09
		FS	-15:40	5.95	5.98	10.37					
FS10	90.91						27.50/2.00 T, 27.50/2.00 T, 32.50/2.00 T, 32.50/..	-30.00/2.00 T, -32.50/2.00 T, -30.00/2.00 T, -30.00/..	3	775.14	91.10
		FS	-15:40	10.00	10.01	3.34					
FS9	80.91						30.00/2.00 T, 15.00/2.00 T, 22.50/2.00 T, 22.50/..	-25.00/2.00 T, -30.00/2.00 T, -30.00/2.00 T, -30.00/..	3	774.80	81.10
		FS	-15:40	11.82	11.85	7.66					
FS8	69.09						35.00/2.00 T, 22.50/2.00 T, 32.50/2.00 T, 32.50/..	-25.00/2.00 T, -30.00/2.00 T, 22.50/2.00 T, 22.50/..	3	773.90	69.24
		FS	-21:52	11.82	11.91	12.16					
FS7	57.27						32.50/2.00 T, 22.50/2.00 T, 22.50/2.00 T, 22.50/..	-22.50/2.00 T, -20.00/2.00 T, -20.00/2.00 T, -20.00/..	3	772.46	57.34
		FS	-21:52	6.68	6.70	6.71					
FS6	50.59						22.50/2.00 T, 25.00/2.00 T, 25.00/2.00 T, 25.00/..	-20.00/2.00 T, -25.00/2.00 T, -25.00/2.00 T, -25.00/..	3	772.01	50.64
		FS	-21:52	10.00	10.00	2.69					
FS5	40.59						27.50/2.00 T, 20.00/2.00 T, 25.00/2.00 T, 25.00/..	-25.00/2.00 T, -20.00/2.00 T, -25.00/2.00 T, -25.00/..	4	771.74	40.64
		FS	-21:52	10.00	10.03	8.33					
FS4	30.59						40.00/2.00 T, 20.00/2.00 T, 30.00/2.00 T, 30.00/..	-35.00/2.00 T, -22.50/2.00 T, -10.00/2.00 T, -10.00/..	4	770.91	30.60
		FS	-21:52	11.59	11.60	4.07					
FS3	19.00						30.00/2.00 T, 27.50/2.00 T, 22.50/2.00 T, 22.50/..	-30.00/2.00 T, -27.50/2.00 T, -27.50/2.00 T, -27.50/..	4	770.44	19.00
		FS	0:00	11.59	11.59	2.72					
FS2	7.41						27.50/2.00 T, 15.00/2.00 T, 22.50/2.00 T, 22.50/..	-15.00/2.00 T, -55.00/2.00 T, -20.00/2.00 T, -20.00/..	4	770.12	7.41
		FS	0:00	7.41	7.41	1.67					
FS1	0.00						25.00/2.00 T, 25.00/2.00 T, 25.00/2.00 T, 25.00/..	-50.00/2.00 T, -12.50/2.00 T, 17.50/2.00 T, 17.50/..	4	* 770.00	0.00

Slika 1. Početni izgled modula *Survey/Map* programskoga paketa »RoadEng« s glavnim izbornicima

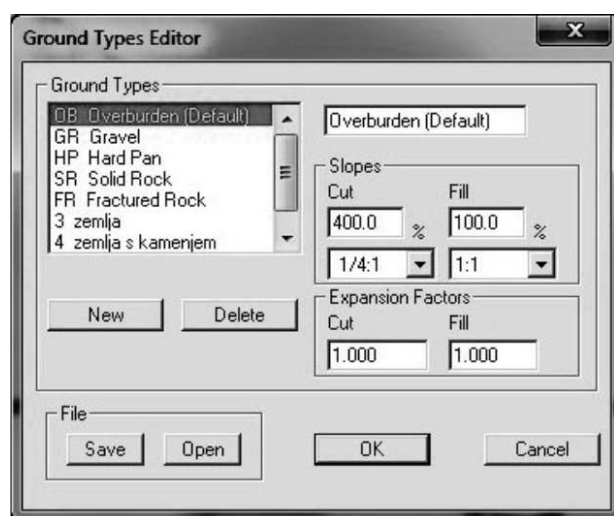
Fig. 1 Initial appearance of the module *Survey/Map* of software package »RoadEng« with the main menus

snimljenih podataka, može se izračunati poligon/nulta linija te dobiti prikaz u obliku linije u različitim mjerilima (slika 6). Ako je potreban ispis tabličnih podataka ili grafički prikaz unesenoga poligona/nulte linije, jednostavno se namjesti željeno mjerilo te odabere opcija *Print*.



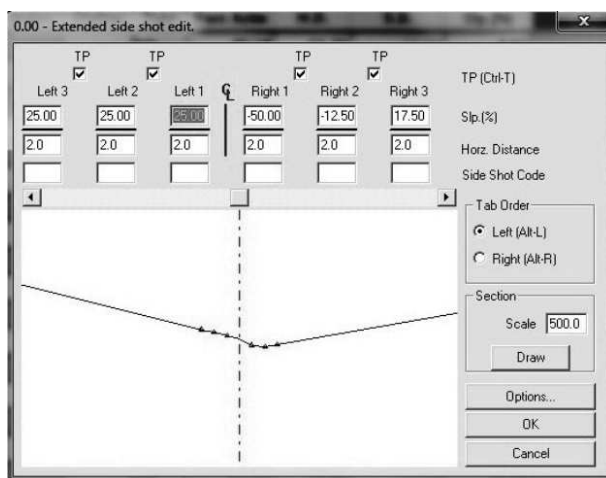
Slika 2. Alat za odabir oblika podataka snimljenih na terenu

Fig. 2 Tool for format selection of data recorded in the field



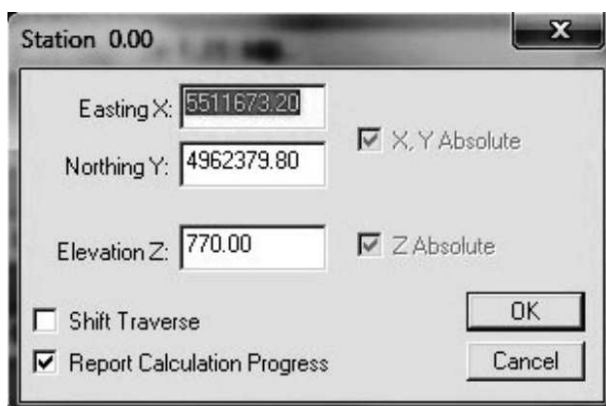
Slika 3. Alat za definiranje građevinskih kategorija materijala i kosina iskopa te nasipa

Fig. 3 Tool for defining categories of building materials and slopes of cuts and fills



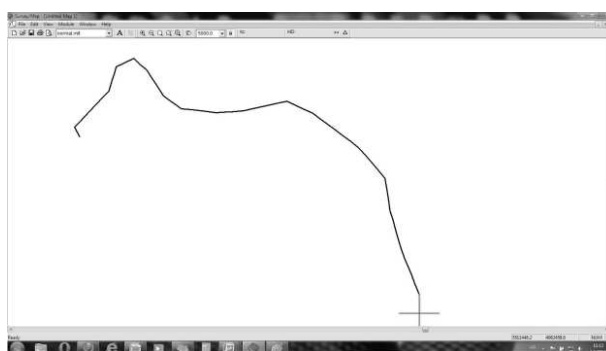
Slika 4. Alat za unos poprečnih profila terena

Fig. 4 Tool for entering cross sections



Slika 5. Alat za unos visine i koordinata početne točke

Fig. 5 Tool for entering height and coordinates of the starting point

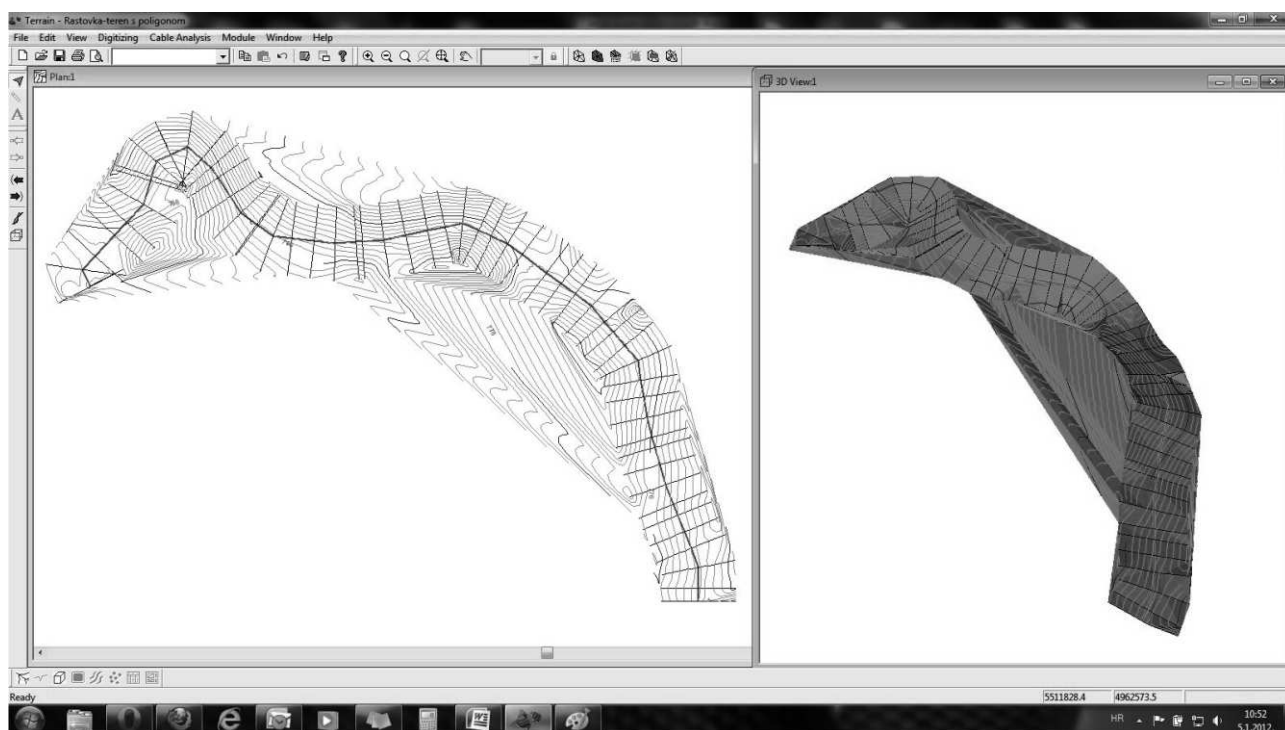


Slika 6. Iscrтана nulta linija/poligon nakon kompletnoga unosa

Fig. 6 Plotted zero line/polygon after entire entry

3. Modul Terrain – Terrain Module

Svestran i jednostavan za korištenje, modul *Terrain* služi za definiranje terena iz snimljenih podataka, kartiranje, dizajniranje te analizu žičnih linija. Pruža



Slika 7. Modul *Terrain* s glavnim izbornicima, prikazom situacije i 3D prozora

Fig. 7 Main menu of *Terrain* Module, Plan window and 3D window

moćnosti za obradu raznih topografskih i drugih oblika karata. Sam modul sastoji se od osam glavnih izbornika s njihovim podizbornicima (slika 7). Podaci koji se koriste za obradu mogu biti iz modula *Survey/Map* (nakon ručnoga unosa), digitalni podaci iz raznih tablet uređaja, iz vanjskih datoteka ili jednostavnim unosom na zaslonu pomoću miša te ručnim definiranjem vrijednosti. Modul prihvaća različite formate podataka kako je spomenuto u uvodu, no jedan od najčešćih oblika datoteke .ascii moguće je preko određenih alata programa »RoadEng« detaljno konfigurirati za uvoz. *Terrain* će pročitati većinu standardnih datoteka .dwg/.dxf i njihov je uvoz vrlo jednostavan te nije potrebno razumjeti format .dwg/.dxf datoteke, što olakšava rad projektantu, ako nije stručnjak za CAD programe.

Modul omogućuje više pogleda, pa se tako može uključiti više prozora istodobno, promatrajući neki teren ili poligon u situaciji, uzdužnom pogledu i 3D prikazu. Uz grafičke prikaze *Terrain* pruža i uvid u razne podatke o terenu ili poligonu, kao što su duljine, koordinate točaka, nadmorska visina, površina i dr. 3D prikaz sadrži nekoliko korisnih opcija, npr. boja sjenčanja i preklapanje slika. Također se mogu koristiti i digitalne slike (ortofotografske snimke, skenirane karte ili satelitske snimke) kao podloga kako bi se poboljšala vizualizacija karata ili crteža. Moćnosti su toga modula velike, što naprednomu

korisniku omogućuje korištenje brojnih opcija koje pruža modul *Terrain*. Spomenuti modul pruža i mogućnosti kao što su izračunavanje površine, izračun zemljanih masa, povezivanje više podataka u jednu cjelinu, mogućnost prikaza prostornih podataka te njihova analiza i dr. Unutar glavnoga alata za namještanje svih opcija *Terrain Setup* mogu se u svakom trenutku namjestiti svi parametri koji se koriste pri izračunu: izgled i boja svih linija i objekata, nazivi objekata, projekcije, informacije o svakom prikazanom sloju, pravila za izvoz i uvoz podataka te pozicija spremljenih datoteka (slika 8).

Na primjeru unesenoga poligona u modulu *Survey/Map* bit će opisan postupak uvoza podataka i izračunavanje terena za potrebe daljnje izrade glavnoga projekta šumske ceste u modulu *Location*. Prilikom otvaranja novoga dokumenta spremljenoga s podacima o poligonu/nultoj liniji na računalo, u formatu .tr1, otvara se prozor u koji se može unijeti ime objekta te željena širina, na lijevu i desnu stranu od osi poligona/nulte linije, potrebna pri izračunu slojnice, tj. definiranja širine područja, oko promatranoga poligona/nulte linije, koja se iscrtava u obliku slojnice.

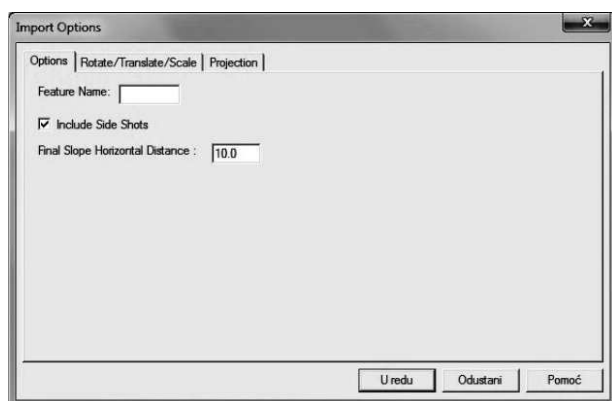
Unutar toga alata nudi se i mogućnost rotiranja čitavoga poligona te korekcija koordinata u slučaju kada poligon/nulta linija nije najbolje uklopljena u prostor. Ponuđena je i opcija odabira projekcije, ali je



Slika 8. Alat *Terrain Setup* s opcijama namještanja svih parametara

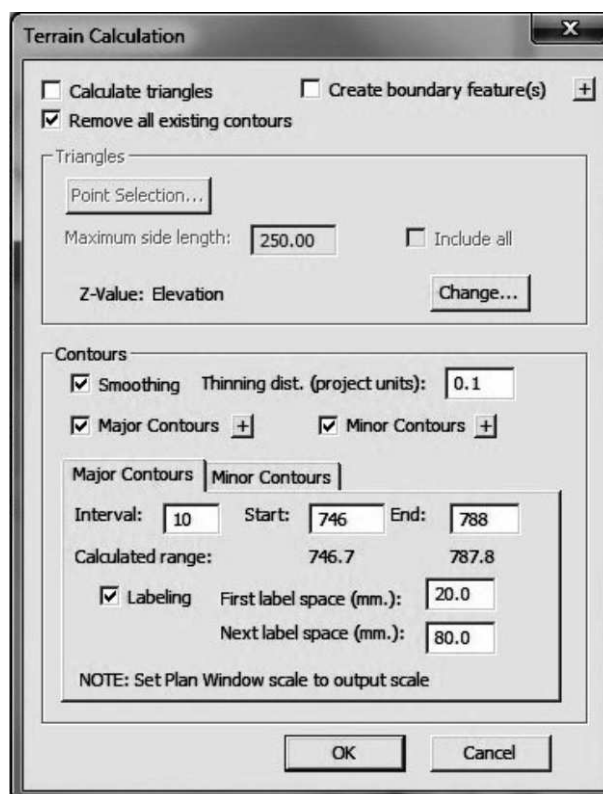
Fig. 8 *Terrain Setup Tool with options for setting all parameters*

nedostatak jedino u tome što u ponuđenim projekcijama nema nijedne druge projekcije osim za sjevernoameričko područje, pa za sva druga područja izvan tih projekcija ta opcija nema bitnoga značenja (slika 9). Kako bi se izračunalo područje oko poligona/nulte linije, potrebno je pokrenuti alat *Terrain Calculation* (slika 10) u kojem se definira točnost izračuna, razmak između slojnica, početna i završna visina te oblik i boje slojnica. Program vrlo brzo izračunava teren te izbacuje tlocrtni prikaz promatranoga poligona/nulte linije sa slojničkom kartom u zadanom



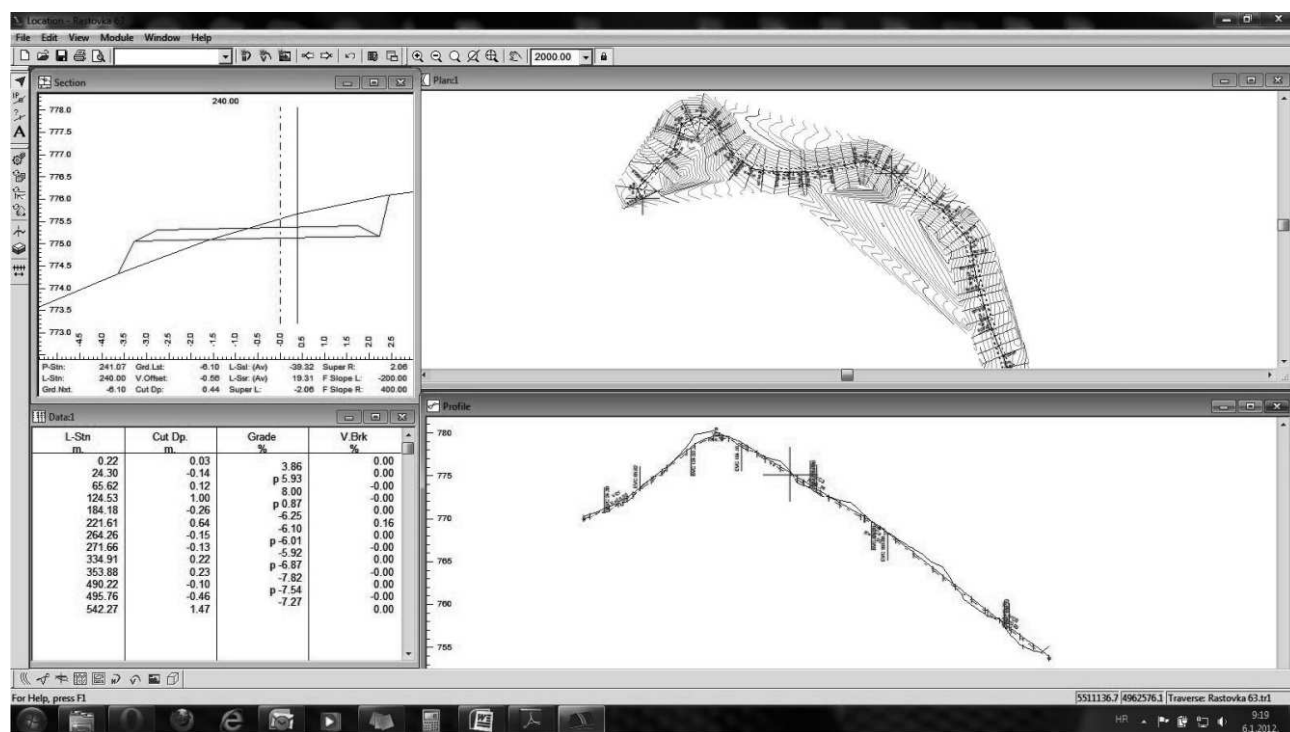
Slika 9. Alat za uvoz podataka iz modula *Survey/Map*

Fig. 9 *Tool for data import from Survey/Map module*



Slika 10. Alat za izračun terena i stvaranje slojnica

Fig. 10 *Tool for calculating terrain parameters and for creating contours*



Slika 11. Modul Location s glavnim izbornicima i svim presjecima ceste

Fig. 11 Location module with main menus and all road cross-sections

rasponu (slika 7, Plan). Potpuni izračun temelji se na podacima o visini te poprečnom kretanju terena u svakom profilu koji je unesen u modulu *Survey/Map*. Iz tako izračunatoga terena dobiva se 3D model terena koji može biti prikazan u raznim nijansama i efektima kako bi se dobila što realnija slika situacije na terenu (slika 7, 3D View). Dobiveni se podaci spremaju na računalo u format.ter koji se poslije koriste u modulu *Location*, ako je to potrebno, a ako je bitna samo dobivena slojnička karta ili 3D model, jednostavno se namješta željeno mjerilo te odabire opcija *Print* gdje se zadaje dimenzija i orijentacija papira na koji se ispisuje karta.

Iako nije bila predmet detaljnoga proučavanja primjenjivosti modula *Terrain* u analizi žičara, spomenut je alat *Cable Analysis* koji izračunava ponašanje žičnih sustava u kojem se mogu zadati uvjeti rada žičare, terenski profili, način postavljanja (konfiguracija žice, radna napetost, težina tereta) pa se izračunom dobije grafički ili tablični rezultat, ovisno o odabiru. Alat *Cable Analysis* namijenjen je za planiranje i simulaciju najčešćih žičnih sustava u pridobivanju drva. Njime se analizira količina tereta te sile u užadi. Podaci o terenu mogu se dobiti iz digitalnoga modela terena ili prikupljanjem podataka na terenu. Dobra je strana toga alata brzo i pregledno uspoređivanje pojedinih vrsta žičnih linija s različitim konfiguracijama privlačenja drva (različite vrste dizalica

te privlačenje prema gore ili dolje), dok je loša strana nemogućnost izračunavanja parametara za operativno planiranje žičnih linija. Projekti žičnih linija rade se za složenije linije i tu se uočava najveći nedostatak alata, jer nije moguća upotreba potpora žične linije, računanje lomnih kutova te on ne dopušta izračun sigurnosnih parametara kao što su položaji sidra.

O primjenjivosti modula *Terrain* u planiranju mreže šumskih prometnica Heralt (2002) iznosi da je, iako taj program nije razvijen u prvom redu za završne optimizacije studija planiranja, vrlo primjenjiv u svakidašnjim aktivnostima pri donošenju odluka. Omogućuje upraviteljima šumarija sigurno određivanje različitih varijanta budućih šumskih cesta te smanjivanje pogrešaka koje mogu imati negativan utjecaj na okoliš.

4. Modul Location – Module Location

Ostati unutar zadanoga roka izrade projekta, odnosno postići brže željeni rezultat, zahtijeva interaktivnu obradu podataka, tj. pristup u kojem vertikalno i horizontalno poravnanje prati jedno drugo svakim pomakom miša te pruža uvid u sve podatke. Modul *Location* to i omogućuje pa je rad pregledan, a projektant u svakom trenutku zna gdje se javlja problem i na koji ga način riješiti. Pri razvijanju ovoga modula vodilo se računa o tome da se omogući

maksimalno rukovanje svim presjecima šumske ceste u jednom prozoru, što rezultira bržim i preciznijim radom pri projektiranju (slika 11).

Osnovne funkcije modula:

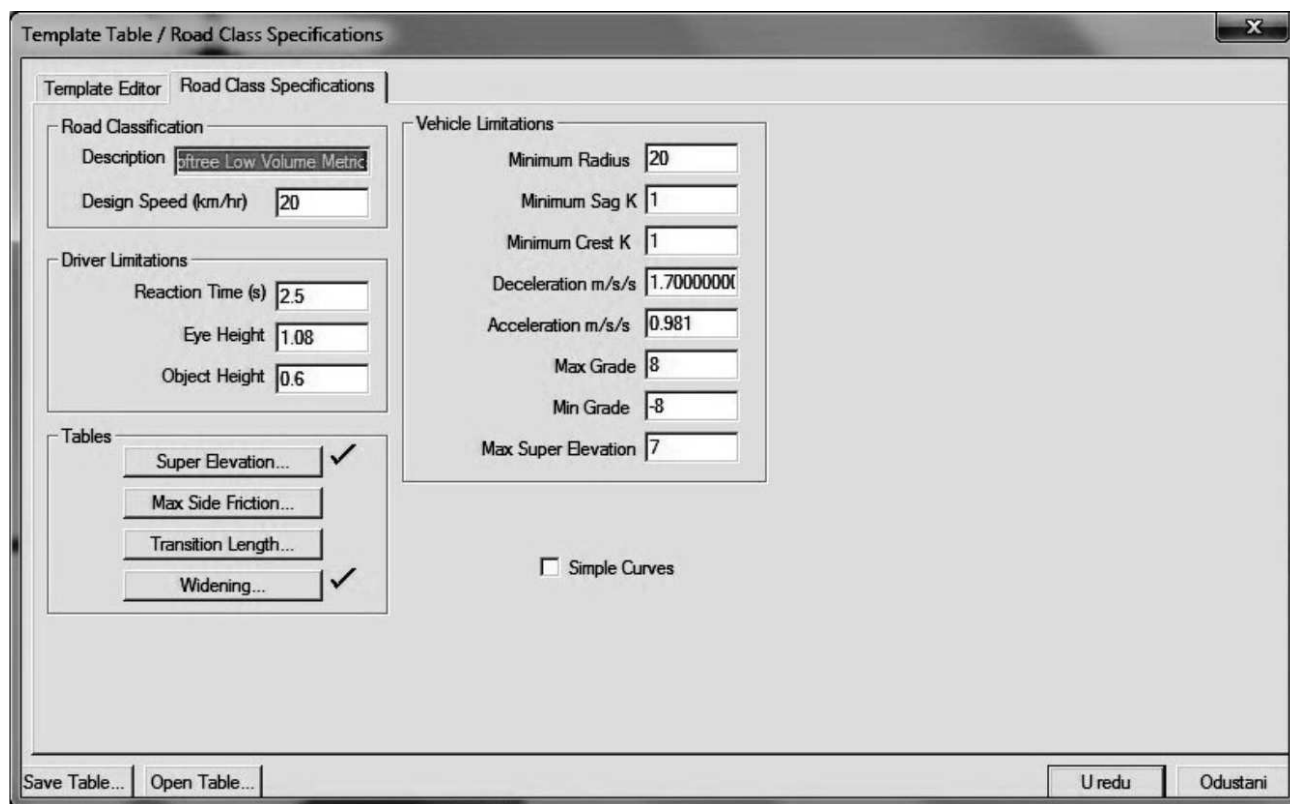
- ⇒ balansiranje podataka u situaciji, uzdužnom i poprečnom presjeku,
- ⇒ osnovni predlošci za dimenzije kolnika i cestovnih objekata,
- ⇒ definiranje propusta odvodnje (položaj, duljina i tip),
- ⇒ izračun zemljanih radova, izvješćivanje o uzdužnom nagibu,
- ⇒ podaci o horizontalnim i vertikalnim krivinama,
- ⇒ mogućnost kreiranja iz digitalnoga modela terena,
- ⇒ ispisivanje situacije, uzdužnoga i poprečnoga presjeka,
- ⇒ izvoz u formatu .ascii, .dwg, .dxf i dr.

Uz navedene funkcije spomenut će se još neke bitne funkcije za izradu projekta šumske ceste na konkretnom primjeru.

Rad u modulu započinje uvozom podataka unesenih u modulu *Survey/Map* gdje je unesen poligon/nulta linija buduće šumske ceste ili uvozom digitalnoga modela terena izrađenoga u modulu

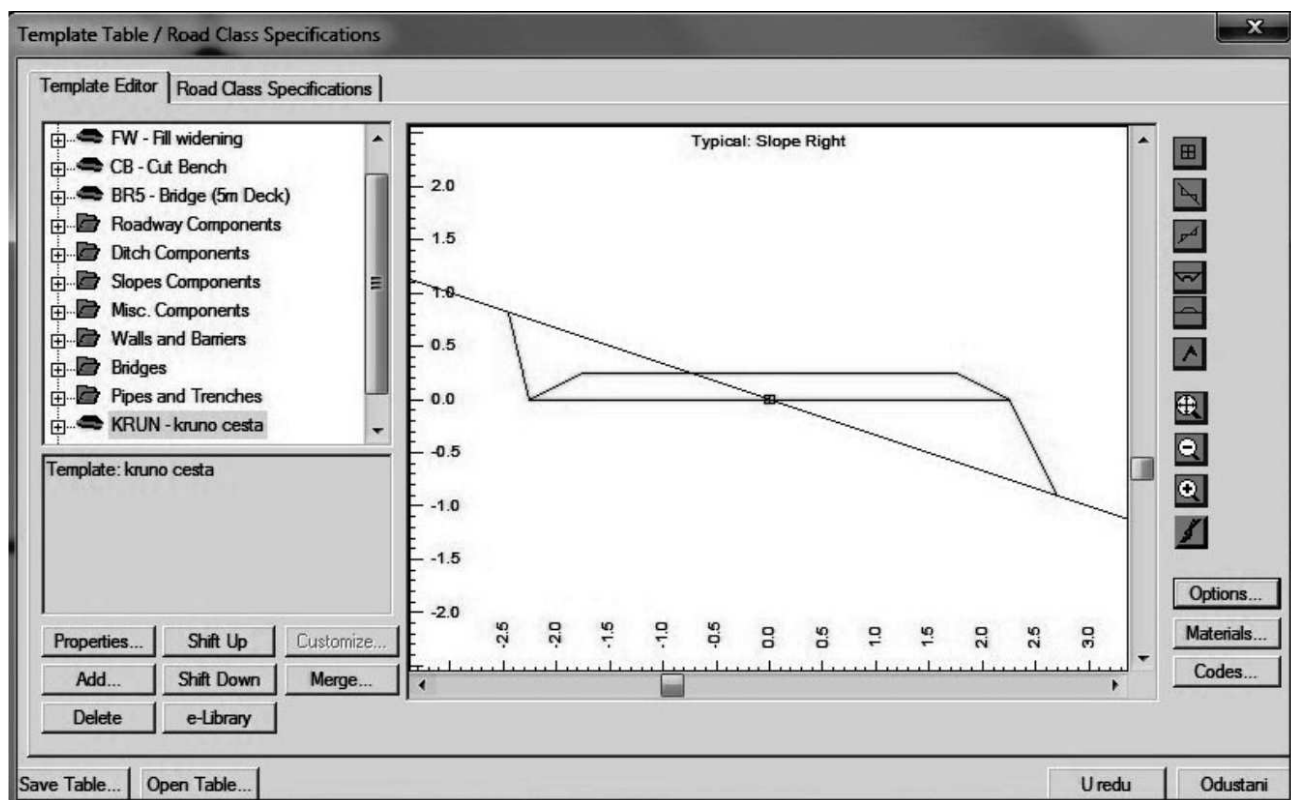
Terrain na temelju podataka o visinama i poprečnim vrijednostima terena u svakom pojedinom profilu. Moguće je uvesti digitalne podatke o terenu dobivene iz nekoga drugoga izvora, ako su u formatu čitljivom u programu »RoadEng«. Kako postoje dvije vrste uvoza podataka, tako postoji i razlika u dizajniranju šumske ceste za ta dva primjera. U prvom slučaju riječ je o izravnoj metodi izmjere na terenu te podaci dobiveni na taj način već definiraju točan izgled i položaj šumske ceste u horizontalnom smislu. U drugom je slučaju riječ o neizravnoj metodi gdje je definiran samo približan položaj šumske ceste (ako postoji samo nulta linija) pa u programu ima više »slobode« što se tiče horizontalne korekcije. Nakon neizravne metode potrebno je, po završetku projekta, projektiranu situaciju iz programa prenijeti na teren, dok je izravnom metodom pri samoj izmjeri na terenu već postavljen i fiksiran točan položaj šumske ceste. Podaci za šumsku cestu obrađeni u programu »RoadEng« prikupljeni su izravnom metodom (upotrebom padomjera, teodolita, nivelira, mjerne vrpce) pa će daljnja objašnjenja ići u tom smjeru.

Nakon unosa podataka u modulu *Survey/Map* (formata.tr1), koji predstavljaju poligon postavljen na terenu, iscrtava se u prozoru *Plan* operativni poli-



Slika 12. Alat za definiranje tehničkih uvjeta šumske ceste

Fig. 12 Tool for defining forest road requirements



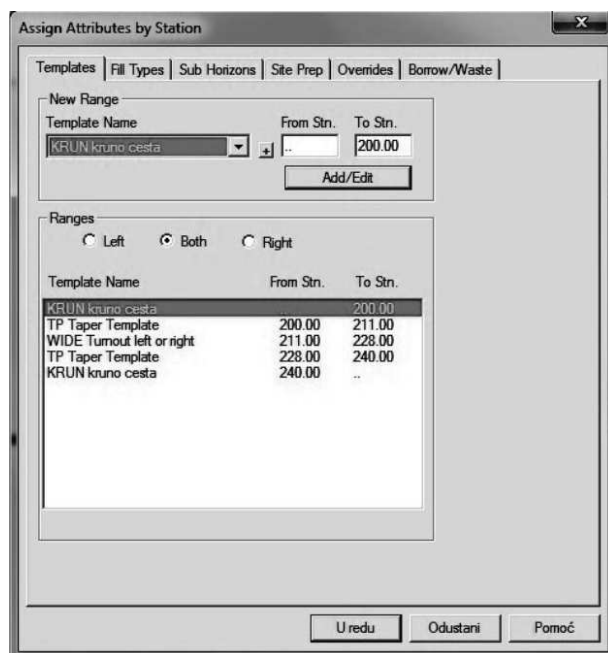
Slika 13. Alat za definiranje dimenzija kolnika i cestovnih objekata

Fig. 13 Tool for defining dimensions of pavement and road structures

gon buduće šumske ceste, u prozoru *Profile* uzdužni profil terena te u prozoru *Section* poprečni presjek označenoga profila. Sljedeći je korak postavljanje minimalnih tehničkih uvjeta šumske ceste prema kojima program izračunava horizontalna i vertikalna zaobljenja, proširenja u horizontalnim krivinama i poprečni nagib kolnika (slika 12). Nakon toga se, u alatu *Template Editor* (slika 13), definiraju dimenzije kolnika, bankina, odvodnih jaraka, debljine kolničke konstrukcije, kosina iskopa i nasipa, dimenzija potpornih i obložnih zidova, rigola, mostova i dr.

Potom se definiraju građevinske kategorije materijala te pokosi nasipa i iskopa za svaki profil ako to nije uneseno u modulu *Survey/Map*. U alatu se *Assign Attributes by Station* (slika 14) postavlja raspon dionica određene građevinske kategorije materijala te ubacuje mimoilaznica i okretaljka korištenjem predložaka izrađenih u *Template Editoru* (slika 13 – *Template Editor*) te se namještaju dodatna proširenja i izmjene poprečnih nagiba kolnika.

Izlaskom iz spomenutoga alata program sam preračunava i iscrtava novi izgled šumske ceste prema novozadanim dimenzijama i tehničkim uvjetima. Dobivenom iscrtanom situacijom te definiranim dimenzijama kolnika i cestovnih objekata pristupa se po-



Slika 14. Alat za definiranje intervala pojavljivanja određenih kategorija zemljišta, mimoilaznica, okretaljki i dr.

Fig. 14 Tool for defining recurrence intervals of certain categories of soil, passing areas, turning points, etc.

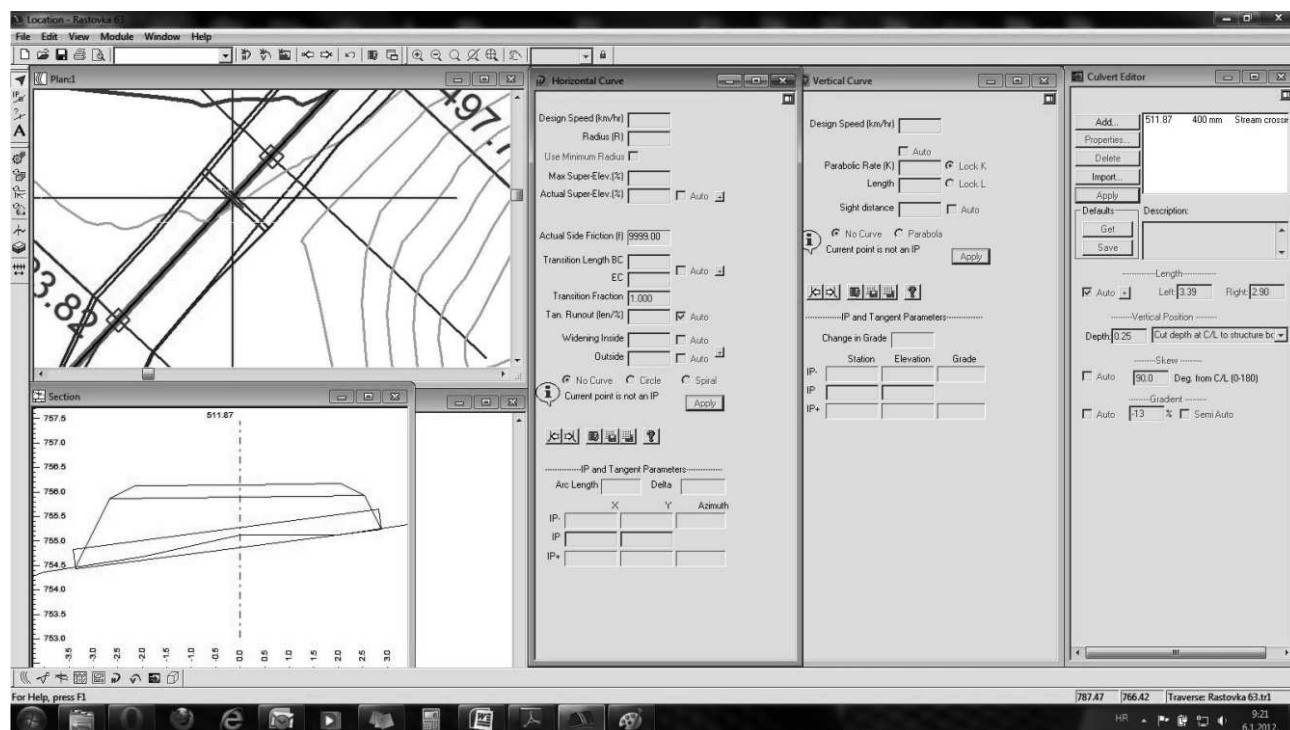
stavljanju nivelete u uzdužnom presjeku gdje se jednostavnim klikom miša postavljaju vertikalna tjemena, a program u tablici pokazuje vrijednosti uzdužnih nagiba i duljine lomova nivelete. Korekcija položaja vertikalnih tjemena nivelete vrlo je jednostavna, a u slučaju pogreške postoji mogućnost povrata na prethodno stanje opcijom *Undo*. Sljedeći je korak zaobljavanje krivina u horizontalnom i vertikalnom pogledu s tim da nije bitan redoslijed, tj. hoće li se prvo zaobliti horizontalne ili vertikalne krivine.

Zaobljavanje horizontalnih krivina odvija se pomoću alata *Horizontal Curve* gdje se za početak odabire kružno ili spiralno zaobljenje krivine te određuje za svaku krivinu koliki će biti radijus, proširenje u krivini, poprečni nagib kolnika ili se odabirom opcije *Auto* »dopušta« izračun parametara prema zadanoj računskoj brzini u tehničkim uvjetima (slika 15 – *Horizontal Curve*).

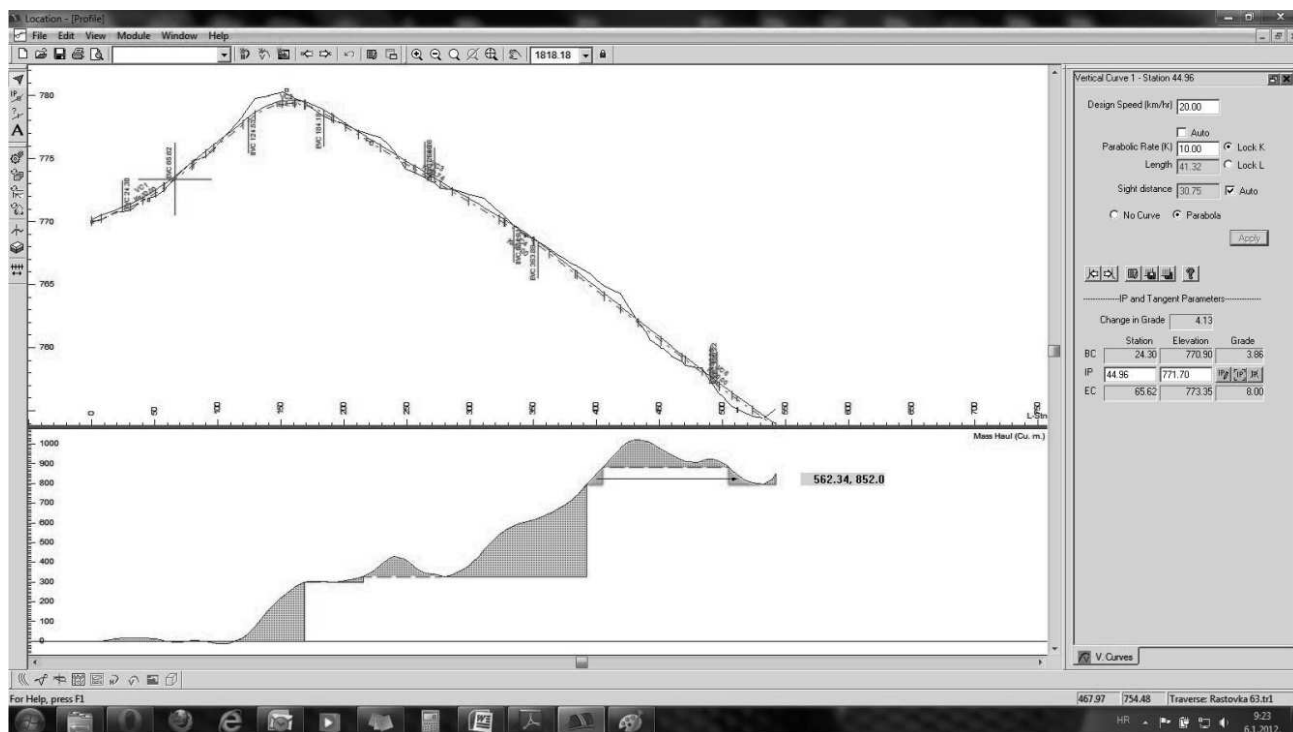
Vertikalno zaobljavanje izvodi se pomoću alata *Vertical Curve*; program izračunava zaobljenja na temelju parabole, a ne kružnoga luka, pa se umjesto radijusa unosi parabolična stopa ili željeni razmak između početka i kraja vertikalne krivine. Kao i kod horizontalnoga zaobljenja moguće je odabirom opcije *Auto* izračunati i zaobliti krivinu prema definiranoj računskoj brzini projektirane šumske ceste (slika 15 – *Vertical Curve*).

U sklopu alata za zaobljenje je i alat *Culvert Editor* čija je zadaća izračunavanje i iscrtavanje propusta odvodnje zadanih dimenzija na bilo kojoj stacionaži šumske ceste. Zadavanjem oblika propusta odvodnje, dimenzija i nagiba program brzo izračunava te iscrta propust koji je vidljiv u svim presjecima šumske ceste (slika 15 – *Culvert Editor, Plan, Section*).

Završetkom zaobljavanja krivina dobiven je približan izgled buduće trase šumske ceste u svim pogledima, približan iz razloga jer »RoadEng« omogućuje i horizontalno pomicanje šumske ceste čime se mogu promijeniti neki detalji radi povećanja minimalnih radijusa ili zbog smanjenja količine zemljanih masa. Takvo je pomicanje češći slučaj kod neizravne (indirektne) metode projektiranja jer se naknadno postavlja projektirana situacija na teren. Kako bi se optimizirala ili smanjila količina zemljanih masa, preostaje još detaljno namještanje nivelete u uzdužnom presjeku jer to pomicanje pridonosi puno većim promjenama u količinama nego horizontalne korekcije. Treba spomenuti kako modul *Location* pruža mogućnost automatskoga balansiranja nivelete u vertikalnom pogledu nakon »ručnoga« postavljanja lomova, ali i horizontalno balansiranje tako da mijenja kutove nekih krivina ili pomiče os ceste. Ta se opcija pokazala jako korisnom te je ubrzala rad pri postavljanju nivelete. Kod horizontalnoga balansa modul je poprilično udaljavao središnju os ceste od



Slika 15. Prozor s alatima za zaobljavanje krivina i dimenzioniranje cijevnih propusta
Fig. 15 Window with tools for rounding curves and dimensioning pipe culverts



Slika 16. Uzdužni presjek ceste s pogledom na dijagram zemljanih masa

Fig. 16 Longitudinal section with a diagram of earth masses

one koja je projektirana na terenu pa je dolazilo do velikih promjena u izgledu ceste, što bi čak i bilo prihvatljivo da se radi o indirektnom projektiranju. Kod »ručnoga« namještanja nivelete mogu se istodobno promatrati nastale promjene u dijagramu zemljanih masa koji je u izravnoj vezi s uzdužnim presjekom, što omogućuje projektantu lakše pronalaženje dijelova ceste gdje je moguća ušteda materijala. Dijagram zemljanih masa prikazan je linijom kretanja ordinate kubnoga profila, ali omogućuje i prikaz viška ili manjka materijala na trasi te dijelova koji se kompenziraju na određenom razmaku u različitim bojama (slika 16).

Namještanjem nivelete u optimalan položaj završava postupak projektiranja ceste te se pristupa kontroli podataka i prilagođavanju ispisa. Kako bi se dobio uvid u sve podatke projektirane ceste, potrebno je odabrati prozor *Report* gdje se nalaze svi podaci u tabličnom obliku te ih je takve moguće ispisati na bilo koji format papira (slika 17).

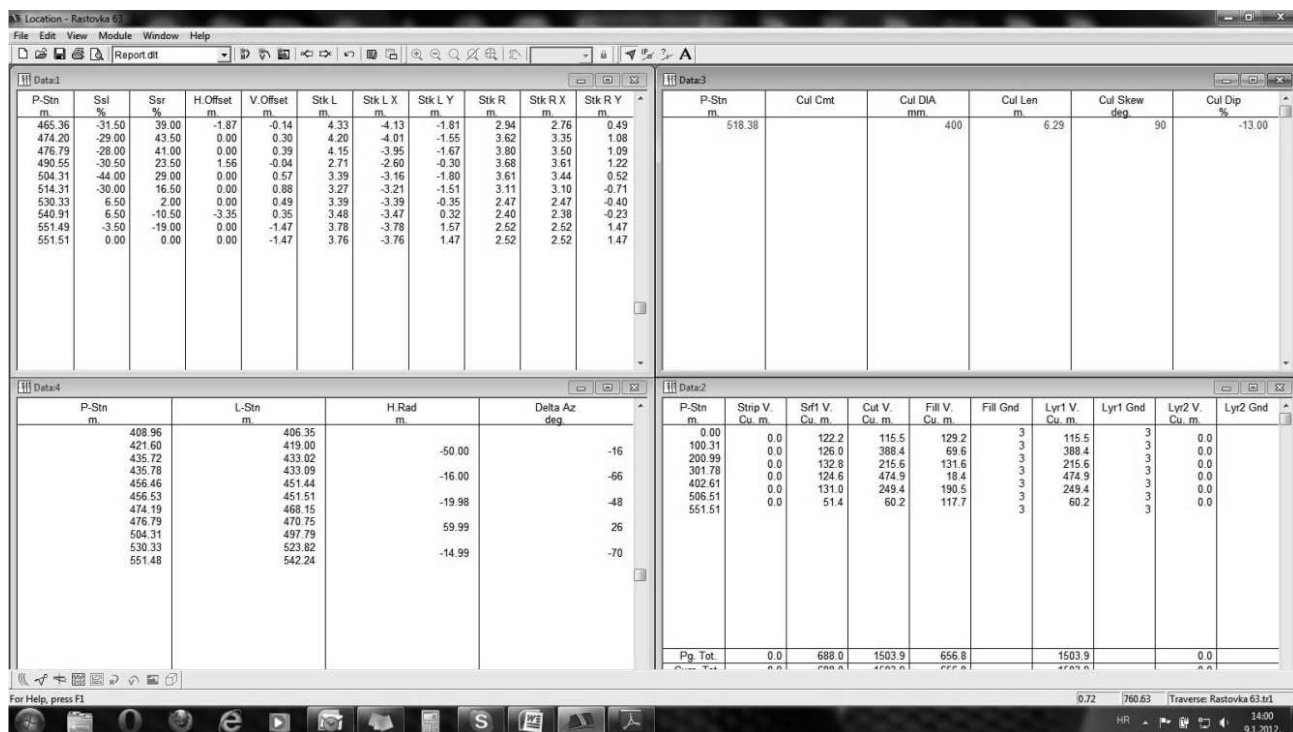
Grafički prilozi ispisuju se tako da se definira mjerilo crteža pa prema tome program određuje broj stranica ispisa. Svi ispisi imaju unaprijed definirane okvire i sastavnice kojima se lako pristupa radi izmjene. Ako se želi na grafičke ispise dodati pozadina, npr. karta sa slojnicama, to se rješava u izborniku *Plan Options* gdje se dodaje pozadina formata .jpg, .tif, .shp, ili .bmp. Jedna je od posebnosti toga modula

opcija *Multi-Plot* koja omogućuje ispisivanje različitih presjeka na jednom listu, dodavanje tabličnih podataka, ubacivanje podataka o projektantu, ubacivanje logotipa, legende i dr. (slika 18). Tako se ispis prilagođava kriterijima naručitelja projekata te smanjuje količina stranica projekata.

Projekt se može izvesti iz programa u formatima .dxf, .dwg, .ter i .xml pa se, koristeći druge računalne programe, mogu ubacivati neki detalji koje ne podržava program »RoadEng«, bitni za prikazivanje. Izvezeni projekt u formatu .ter može se otvoriti u modulu *Terrain* te napraviti 3D prikaz novoprojektirane šumske ceste gdje je jasno vidljivo uklapanje ceste u njezino okruženje sa svim njezinim karakteristikama i objektima.

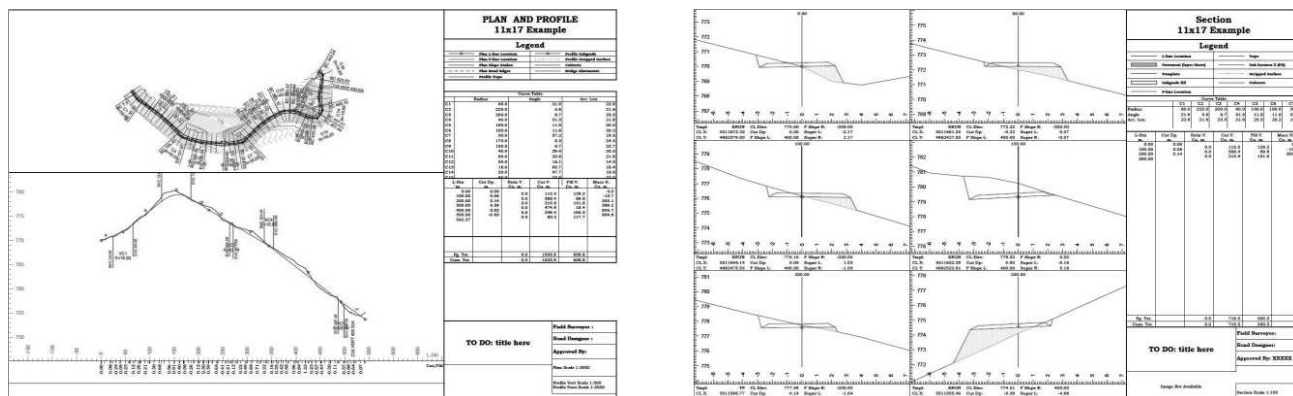
5. Zaključna razmatranja – Concluding Remarks

Programski paket »RoadEng« teško je usporediv s ostalim programima za projektiranje cesta jer je većina razvijena za projektiranje javnih cesta, dok su se kanadski programeri orijentirali na projektiranje šumskih i dijelom tzv. urbanih cesta. Zbog toga je upotreba drugih računalnih programa uvijek bila prilagođavana i često su se javljali nedostaci, dok se »RoadEng« pokazao izrazito funkcionalan te pril-



Slika 17. Prozor s tabličnim podacima

Fig. 17 Window with tabular data



Slika 18. Ispis projekta pomoću opcije Multi-Plot

Fig. 18 Print out using Multi-Plot

gođen potrebama projektiranja šumskih prometnica sa zanemarivim nedostacima. Sučelje programa interaktivno je, što znači da je svaka promjena nekoga detalja preračunata u trenu te se odražava na sve presjke ceste i dijagram zemljanih masa.

Programski je paket s namjerom razvijen u obliku triju odvojenih modula zbog toga jer svaki modul može funkcionirati kao zaseban program te ga mogu koristiti razni korisnici, ovisno o njihovim potrebama. Također je vidljivo kako su programeri nastojali pojednostaviti računalni program te ga tako učiniti

lako »probavljivim« za sve one koji nisu CAD stručnjaci, a bave se problematikom projektiranja i izgradnje šumskih prometnica.

Uvoz i izvoz podataka u velikom broju formata daje mogućnost upravljanja i prihvatanja podataka iz drugih grafičkih i programa za projektiranje cesta koji podržavaju formate .ascii, .dwg, .dxf, LandXML i dr. Sam ispis prilično je jednostavan, pri čemu se nude različite opcije ispisa svih presjeka pojedinačno ili zajedno te je prilagodljiv svakom korisniku, a postoji i mogućnost pogleda u 3D-u, što pridonosi

boljemu uklapanju šumske ceste u teren te lakšemu definiranju budućih raskrižja ili spojeva s drugim cestama.

Uspoređujući »RoadEng« s programom »Cesta« preko modula *Survey* koji se odnosi na ručni unos podataka, zamijećena je velika prednost programa »RoadEnga« zato jer se kompletan unos poligona/nulte linije odrađuje u jednoj tablici i u slučaju pogreške podaci se lako isprave i u trenu se preračunaju. Treba također spomenuti da je unos podataka više prilagođen terenskoj izmjeri pomoću busole i padomjera pa su i mjerne jedinice pri unosu prilagođene tomu tako da je u konkretnom slučaju bilo potrebno podatke, dobivene izmjerom pomoću teodolita i nivelira, pretvoriti u oblik prilagođen programu »RoadEng«.

Najvažnija razlika između tih dvaju programa ogleda se u samom pristupu izmjere na terenu. U Hrvatskoj je još uvijek najčešći način izravno trasiranje na terenu gdje se unaprijed definira točan horizontalan položaj buduće šumske ceste i pri takvu unosu i obradi podataka program »Cesta« daje zadovoljavajuće rezultate. Kod programa »RoadEng« težište je prebačeno na neizravno trasiranje, tj. položaj buduće ceste definira se u programu pa se nakon završetka projekta situacija prenosi na teren, što zahtijeva dobro uklopljen i izmjeren osovinski poligon iz kojega se izračunava teren u modulu *Terrain* ili precizan digitalni model reljefa. Tako se dopušta projektantu veća »sloboda« pri obradi podataka odnosno oblikovanju buduće šumske ceste.

Jedini problem koji se javljao pri projektiranju konkretne šumske ceste u programu »RoadEng« bio je u zadovoljavanju svih tehničkih uvjeta šumske ceste koji su zadani kao minimalni zbog toga jer je teško uravnotežiti često sukobljene ciljeve (npr. veli-

ka računska brzina i mala količina zemljanih radova). Ipak, »RoadEng« se pokazao izuzetnim programom za projektiranje šumskih cesta te je vjerojatno jedan od boljih izbora za projektiranje šumskih prometnica. A opet, kako se god dobar računalni program koristi, ne postoji ni jedno jednostavno rješenje kojim bi se, korak po korak, navodilo kako do idealno dizajnirane šumske ceste. Svaki računalni program samo daje povratne informacije o svakom potezu, dok konačan rezultat ipak najviše ovisi o pristupu pojedinoga projektanta te njegovim prioritetima pri izradi projekta.

6. Literatura – References

Lepoglavec, K., H. Nevečerel, I. Papa, 2010: Programski paket za projektiranje javnih i šumskih prometnica »ROADPAC«. *Nova mehanizacija šumarstva* 31(1): 53–64.

Herald, L., 2002: Using the ROADENG system to design an optimum forest road variant aimed at the minimization of negative impacts on the natural environment. *Journal of forest science* 48(8): 361–365.

http://www.softree.com/Brochures_WhitePapers/Terrain_Tools_Info.pdf

http://www.softree.com/Brochures_WhitePapers/RoadEng_Civil_Info.pdf

http://www.softree.com/anonyftp/V5_DOCs/PDFs/LocationForestry.pdf

http://www.softree.com/Products/Forestry_RoadEng.aspx

http://www.softree.com/Tips_Techniques/T-086-RoadEng_Training/TIP086.htm

http://courses.washington.edu/fe451/handbook/Roadeng_appendix.htm

http://courses.washington.edu/fe451/handbook/RoadEng_Design.htm

Abstract

»RoadEng« Software Package for Designing Forest Roads

Design of forest roads is a very important phase in the management of forests and forest resources. Designing a forest road consists of two subphases. The first, field subphase, involves the collection of field data that are necessary for making the Forest Roads project. The second, office subphase, consists of input data obtained by field survey in the computer program and of data processing for the main Forest Roads project with all the relative documentation (Lepoglavec et al. 2010). Using computer programs has greatly reduced the time required to design and print forest road projects. There are various programs for the design of public roads that can be used for the design of forest roads but »RoadEng« is one of the few programs that has been developed primarily for the design of forest roads. »RoadEng« is a design software package developed by the Canadian company »Softree«, and it can be used as a supplement to other design programs or as a standalone tool. It is user friendly and also very interactive. Anyone can use »RoadEng« without being a CAD expert designer, because »RoadEng« is focused on engineering, and not on CAD.

It consists of three modules:

- ⇒ *Survey/Map – used to input all the data collected in the field for a range of future forest roads or just information about zero line. This Module has 8 main menus with their submenus, each having a different function related to the definition of input and data format.*
- ⇒ *Terrain – a tool for defining the field of recorded data, mapping, design and analysis of cable lines. It provides options for the processing of various forms of topographical and other maps. This module consists of 8 main menus with their submenus.*
- ⇒ *Location – the most complex module of this software package, used for completing the design of forest roads and the final result of this module is the complete design of forest roads with all the project documentation. The data to be processed in this module are downloaded from other modules of this software package or some other sources.*

This software package was intentionally developed in the form of three separate modules because each module can work separately and can be used by different users, depending on their needs. The program is interactive, which means that any change in one detail is reflected in all road sections and on the diagram of earth masses.

Keywords: software package »RoadEng«, modules, design, forest roads

Adresa autorâ – Authors' address:

Kruno Lepoglavec, dipl. inž. šum.
e-pošta: lepoglavec@sumfak.hr
Izv. prof. dr. sc. Tibor Pentek
e-pošta: pentek@sumfak.hr
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Svetošimunska 25
HR-10 000 Zagreb
HRVATSKA

Dr. sc. Željko Tomašić
e-pošta: zeljko.tomasic@hrsume.hr
»Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb
Direkcija Zagreb
Farkaša Vukotinovića 2
HR-10 000 Zagreb
HRVATSKA

Izv. prof. dr. sc. Igor Potočnik
e-pošta: igor.potocnik@bf.uni-lj.si
Dr. sc. Anton Poje
e-pošta: anton.poje@bf.uni-lj.si
Matevž Mihelič, dipl. inž. šum.
e-pošta: matevz.mihelic@bf.uni-lj.si
Univerza v Ljubljani
Biotehniška fakulteta, Oddelek za Gozdarstvo
Katedra za gozdno tehniko in ekonomiko
Večna pot 83
SI-1000 Ljubljana
SLOVENIA

Primljeno (Received): 15. 12. 2011.
Prihvaćeno (Accepted): 22. 12. 2011.