

HIDROGRAFSKO MJERENJE DUBINA pri izradi geodetske podloge korita rijeke Drave za projektiranje mostova

Za potrebe projektiranja mosta preko rijeke Drave kod Osijeka u sastavu prometnice Auto ceste koridor Vc, HRVATSKE AUTOCESTE d.o.o. ZAGREB naručile su od Geodetskog zavoda d.d. Osijek geodetsku situaciju područja planiranih radova s posebnim naglaskom na hidrografsku situaciju korita rijeke Drave.

Prema zahtjevu investitora trebalo je izraditi trodimenzionalni (3D) model korita rijeke Drave od KM 29+440 do KM 32+480 s centimetarskom točnošću u digitalnom obliku i prikazati ga na situaciji s profilima u potezu 3000 metara (1500 metara uzvodno i nizvodno od projektirane osi mosta).

Kako na tržištu ne postoji cijeloviti sustav prilagođen izvršenju takovih zadataka, odlučeno je da se iskoristi postojeća GPS oprema u vlasništvu Geodetskog zavoda, te da se ista ugradi u novi sustav za čije funkcioniranje treba nabaviti plovilo, mjerач dubina (echo-sounder), prijenosno računalo i program za povezivanje svih elemenata sustava, koji će moći kvalitetom i brzinom, zadovoljiti potrebe ugovorenih poslova i također biti spreman odraditi nove zadatke koji se pojave na tržištu.

Izbor i nabava opreme

GPS RTK sustav

Kako je Geodetski zavod već tada imao tri kompleta GPS instrumenata američkog proizvođača TRIMBLE s mogućnošću RTK (Real Time Kinematic) mjerenja s centimetarskom točnošću određivanja položaja antene prijammnika u realnom vremenu, trebalo je provjeriti koji od kompleta ima ugrađen NMEA modul za komunikaciju s računalom. Neki su stariji modeli podatke u realnom vremenu pohranjivali isključivo u svoj originalni data-colector s kojega bi se naknadno prenosili u računalo. Utvrđeno je da samo najstariji model TRIMBLE 4000 nije imao NMEA modul, a ostala dva (TRIMBLE 4800 i TRIMBLE 5700) su imali ugrađen traženi modul.

Kako TRIMBLE 4800 ima integrirani GPS modul u istom kućištu s antenom, jednostavniji je za rukovanje u specifičnim uvjetima te je, iako nije bio najnoviji, odabran kao najprimjereniji za rad.



GPS RTK sustav na baznoj stanici TRIMBLE 4800

Echo-suonder

Odabir echo-soundera (ultrazvučni mjerač dubina), koji bi zadovoljio traženu centimetarsku točnost i istovremeno posjedovao modul za povezivanje s računalom, nije bio jednostavan, jer na tržištu ima mnoštvo uređaja u rasponu cijena od 1:1000. Iz toga je razloga ostvarena suradnja s Brodarskoim institutom iz Zagreba, uz čiju je savjetodavnu pomoć izvršen odabir. Prvotni izbor je bio sofisticiran uređaj visoke cijene, koji istovremeno snima cijeli profil. Utvrđeno je da isti daje dobre rezultate isključivo na mirnim vodama, jer na točnost mjerenja koja nisu usmjerena vertikalno prema dnu jako utječe ljuljanje plovila. Kako je Drava tekućica, tražena točnost ne bi bila zadovoljena, jer je zbog valova i virova na njenoj površini gotovo nemoguće umiriti plovilo.

Analizirajući na opisani način još nekoliko uređaja, Echo-sounder Sonar-Lite, engleskog proizvođača OHMEX odabran je kao najprihvatljiviji. Osnovne karakteristike uređaja su centimetarski podatak mjerenja dubine od sonde do dna tekućine s mogućnošću pojedinačnog očitavanja, i kontinuiranog očitavanja u intervalima od jedne ili više sekundi. Omogućeno je pohranjivanje podataka u vlastitu memoriju i istovremeno slanje preko NMEA modula i COM porta na računalo. Podatak je o dubini povezan s preciznim podatkom o vremenu očitavanja.

Prijenosno računalo

Za vrlo zahtjevne potrebe izvršenja zadatka, bilo je nužno nabaviti prijenosno računalo koje je trebalo zadovoljiti slijedeće uvjete:

- zadovoljavajuća radna memorija, kako bi moglo u realnom vremenu učitati topografske karte u rasterskom formatu
- dovoljan broj ulaznih portova (COM i USB), kako bi se istovremeno mogli priključiti svi uređaji (GPS, Echo-sounder, hardverski ključevi za specijalizirani software i dopunsko napajanje strujom)
- vodootpornost, kako bi se osigurala funkcionalnost rada u terenskim uvjetima

Uvjete memorije (1 GB radne memorije i 60 GB hard disc-a) zadovoljavali su brojni modeli, ali zbog ograničenosti veličine kućišta prijenosnih računala, uvjete ulaznih portova (COM i USB portovima) i baterije nije zadovoljavao niti jedan model. Problem je riješen dodatnim USB razdjelnikom i USB-COM adapterom.

Kako standardna baterija u prijenosnom računalu omogućuje samo 2-3 sata rada, zbog potrebe osiguravanja cijelodnevnog kontinuiranog rada računala i cijelog sustava, bilo je potrebno osigurati rezervnu bateriju, veliki akumulator i pretvarač istosmjernje struje u izmjeničnu.

Uvjet vodootpornosti zadovoljen je plastičnom zaštitnom presvlakom za tipkovnicu, jer se vodootporna prijenosna računala proizvode samo za NATO, u serijama od najmanje pet komada.



Detalj mjerenja na rijeci Dravi (računalo, GPS, echo-sounder)

Program za povezivanje uređaja

Za programsko povezivanje GPS-a, Echo-soundera i računala, bilo je potrebno pronaći programski paket, koji će u realnom vremenu na računalu ostavljati zapis trodimenzionalne (3D) koordinate položaja antene GPS-a, visinsku razliku sonde Echo-soundera u odnosu na antenu GPS-a i dubinu izmjerenu Echo-sounderom, te u konačnici izračunati i zapisati 3D koordinate mjerenih točaka korita rijeke. Istovremeno je traženi program trebao omogućiti prikaz trenutne pozicije u realnom vremenu na geokodiranoj rasterskoj topografskoj karti i omogućiti ucrtavanje planirane rute mjerenja, kako se ne bi tijekom vremena izašlo iz područja zadatka. Na tržištu su bila dostupna dva programska paketa HYPAK i HYDROpro. Iako je za HYPAK postojala preporuka kolega s Geodetskog fakulteta u Zagrebu, koji su ga ugradili u sličan sustav s kojim su već odradili nekoliko mjerenja, odabran je HYDROpro, proizvod firme TRIMBLE (kao i GPS sustava), koji za razliku od HYPAK-a radi u Windows okruženju.

Nosač antene i sonde

Kako su GPS sustav i Echo-sounder napravljeni od različitih proizvođača, trebalo je konstruirati nosač koji će biti pričvršćen za plovilo. Nosač na vrhu mora imati odgovarajući navoj za GPS, a na dnu adapter za sondu.

Kako na tržištu nije bilo ponudeno ništa odgovarajuće, izrada je nosača povjerena zanatskoj radionici u Osijeku.

Nosač visine 2 metra, konstruiran od nehrđajućeg čelika, ima dva držača koji se pričvršćuju za plovilo, od kojih jedan, zbog omogućavanja vertikalnog postavljanja štapa, ima mogućnost horizontalnog pomicanja. Oba nosača omogućuju vertikalno pomicanje štapa u smjeru gore- dolje, kako bi se omogućilo sondi da uvijek bude u vodi.



na dubinama ispod 0.5 metara mjeri se direktno bez echo-soundera

Plovilo

Za potrebe mjerenja, trebalo je osigurati ploveći objekat s kabinom, koji će moći raditi u različitim vremenskim uvjetima. Za te je potrebe nabavljena brodica, koja je svojim karakteristikama u potpunosti odgovarala potrebnim zahtjevima.

Tijekom je rada utvrđeno da pri niskim vodostajima navedeno plovilo ima predubok gaz, te da je operativno samo na manjem dijelu zadatka. Zbog toga je nabavljen i jedan riječni čamac tzv. „čikl“ koji ima jako nizak gaz i može bez problema obići cijelo područje zadatka.

Preuzimanje zadatka

Izvođač je od projektanta dobio zadatak, koji je sadržavao geodetsku situaciju područja s ucrtanom projektiranom osi mosta. U posebnim je uvjetima navedeno da poprečni profili moraju biti na razmaku od 25 metara u zoni 400 metara od projektiranog mosta, na razmaku od 50 metara u zoni 800 metara od projektiranog mosta i na razmaku od 100 metara u zoni 1500 metara od projektiranog mosta. Digitalni je model reljefa (DMR) trebalo izraditi u AutoCAD-u s gustoćom točaka koja bi pratila projektiranu gustoću poprečnih profila, centimetarskom točnošću u horizontalnom i vertikalnom položaju.

Profili su projektirani na preuzetoj geodetskoj situaciji u AutoCAD-u, okomito na uzdužni profil rijeke Drave. Poštujući uvjete iz projektnog zadatka. Ukupno je projektirano 97 poprečnih profila.

Nakon što je investitor pregledao i potvrdio projektirane profile, moglo se početi s terenskim mjerenjem.

Odabir i projektiranje geodetske osnove

Za mjerenje GPS RTK metodom potrebno je jedan GPS uređaj tijekom rada fiksirati na GPS točku s poznatim položajnim i visinskim (3D) koordinatama Hrvatskog državnog koordinatnog sustava (HKDS), koji položajno koristi Gauss-Krugerove pravokutne koordinate proicirane na Besselov elipsoid s pridruženom nadmorskom visinom. Za to je odabrana postojeća GPS točka II. reda državne GPS mreže, koja se nalazila približno u sredini zadatka. Od nje su projektirani profili bili udaljeni od 1-2 km. Kako bi se osigurao prijenos podataka u realnom vremenu, GPS uređaji su tijekom rada morali biti povezani stabilnom radio vezom. Domet je ugrađenih radio uređaja 10 km.

Pri probnom je mjerenju utvrđeno da je radio veza nestabilna s povremenim potpunim prekidima, jer se između fiksiranog i šetajućeg GPS uređaja na plovilu, većim dijelom nalazi šuma koja ometa radio vezu.

Stoga su određene tri pomoćne točke na obali rijeke, kojima je osigurano dogledanje fiksiranog i šetajućeg GPS-a.

Navedene su točke opažane statičkom GPS metodom, koja ne zahtjeva radio vezu, jer se računanje obavlja naknadno (post-procesing). Računanje i izjednačenje pomoćnih točaka, obavljeno je u TRIMBLE GPSurvey programu.

Područje je zadatka podijeljeno u tri sektora, tako da se u sredini svakog sektora nalazila po jedna pomoćna točka.

Pripremni radovi

Pripremni su radovi obuhvaćali postavljanje GPS uređaja na fiksnu točku i instalacija sustava na plovilo.

Postavljanje GPS uređaja na fiksnu točku provodilo se tako da se na fiksnu točku postavio stativ s GPS antenom, koja se precizno centrirala i horizontirala u odnosu na točku. Izmjerila se visina od točke do antene i upisala u data-colector u kojeg se upisuju i Gauss-Krugerove koordinate fiksne točke, na osnovu kojih sustav korigira podatke očitane sa satelita. Na udaljenosti 1-2 metra od točke, postavio se stativ s eksternim radio uređajem dometa 10 km. Radio uređaj je spojen pripadajućim žicama i adapterom s GPS uređajem. Posebnu je pozornost trebalo posvetiti neprekidnom napajanju uređaja za što je poželjno priključiti dvije baterije. Uz uređaj je uvijek uputno ostavljati pomoćnog radnika, koji skrbi za opremu i povremeno provjerava stanje baterija. Prije odlaska stručna je osoba obavezno testirala radio vezu.

Na plovilo je prvo postavljen nosač sonde i GPS uređaja pri čemu je posebnu pozornost bilo potrebno obratiti na vertikalnost nosača. Sonda se postavljala tako da je uronjena u vodu 10-20 cm, kako ne bi izlazila iz vode pri ljuljanju plovila. Na vrh se nosača postavljala antena GPS-uređaja. Razmak između antene i sonde mjeren je vrpcom i zapisivan se u data-colector i u računalo nakon pokretanja programa HYDROpro. Antena se spajala s GPS uređajem (osim kod TRIMBLE 4800 gdje je antena integrirana s uređajem), a GPS uređaj s računalom i data-colectorom. GPS uređaj na plovilu morao je imati ugrađen interni radio uređaj kako bi mogao primati korekcije od GPS uređaja na fiksnoj točki.

Napajanje GPS uređaja riješeno je vanjskim baterijama, a u pričuvi su bile rezervne baterije ili veliki automobilski akumulator s pripadajućim adapterom za spajanje. Iako data-colector ima unutarnju bateriju malog kapaciteta, kada je priključen na GPS uređaj, može koristiti njegovo napajanje.

Echo-sounder, koji je također spojen s računalom, imao je internu bateriju za napajanje, ali ako se planirao duži rad, bilo je potrebno osigurati vanjsko napajanje. U tu je svrhu korišten veliki automobilski akumulator s pripadajućim adapterom za spajanje.

Kao i ostalim uređajima i računalu je također trebalo osigurati vanjsko napajanje da ne bi dolazilo do prekida rada.

Hidrografsko mjerenje

Prije samog početka mjerenja trebalo je uskladiti satove na Echo-sounderu, računalu i GPS-u. Kako GPS ima izuzetno točan sat, prvo su se usklađivali sat računala sa satom GPS-a, a nakon toga sat Echo-soundera sa satom računala. Usklađivanje satova je omogućeno unutar programa HYDROpro, što je omogućilo postizanje gotovo apsolutne usklađenosti satova.

Svako mjerenje je započeto inicijalizacijom GPS RTK sustava. Inicijalizacija je pokrenuta dok je još plovilo mirovalo uz obalu. Nakon toga sustav je uspostavljao radio vezu i, kada je postigao zadanu točnost 3D pozicioniranja, koja je prethodno zadana u data-colectoru, javio je da je pozicija fiksirana te je počeo s očitavanjem točaka u zadanom intervalu. Tijekom inicijalizacije trebalo je uljučiti echo-sounder, kako bi računalu omogućili prikupljanje svih podataka za pozicioniranje točaka podvodnog reljefa. Echo-sounder je očitavao dubinu svake sekunde i zapisivao u svoju memoriju, a računalo je preuzelo samo podatke za koje ima GPS poziciju. GPS uređaj je svoje podatke prosljedio računalu i zapisao ih i u data-colector.

Zapisi u echo-sounderu i data-colectoru služili su samo za rezervu i kontrolu, a u slučaju potrebe, povezivali bi se s podatkom o vremenu očitavanja koji je identičan u oba zapisa.

U slučaju gubitka radio veze ili smanjene točnosti GPS pozicioniranja uslijed nedovoljnog broja satelita, mjerenje se automatski prekidalo i morala se ponoviti inicijalizacija. Bilo je moguće ostvariti inicijalizaciju i u pokretu, ali tada je postupak trajao puno duže, i u većini slučajeva završavao opet na obali. Neposredno prije mjerenja, u program se učitala karta s ucrtanim projektiranim profilima. Tijekom rada program je pokazivao trenutnu poziciju uređaja na karti, što je omogućavalo navođenje uređaja na projektirane profile. Program je također označavao mjesta gdje je snimio točku, što je olakšavalo pregled izvršenosti zadatka. Točke su se mogle očitavati pojedinačno ili kontinuirano. Najčešće se koristilo kontinuirano očitavanje pozicije u vremenskim intervalima od 1- 5 sekundi ovisno od planirane brzine kretanja plovila. Sustav je omogućavao rad pri različitim vodostajima, jer je očitavao apsolutne koordinate. Za kontrolu je bilo potrebno zapisati dubinu uronjenosti sonde u vodu. Taj se podatak koristio za računanje vodostaja, što je bila dobra kontrola za eliminiranje eventualne grube greške. Nakon prekida rada uslijed premještanja fiksne točke, gubitka inicijalizacije ili kraja radnog dana, bilo je poželjno ponoviti mjerenje zadnjeg izmjereneog profila radi kontrole i kvalitetnog povezivanja 3D modela.

Točke uz sam rub rijeke, koje su bile na dubini manjoj od 0.5 metara, nisu bile dostupne za snimanje iz čamca. Takve točke snimane su bez echo-soundera, GPS RTK „Stop and Go“ metodom. Za taj dio zadatka, izvršitelje je trebalo opremiti i gumenim čizmama.

HYDROpro je učitavao geokodirane karte „dxf“ zapisa, koji je univerzalni zapis za većinu CAD programa. Također je, od mjerenih podataka mogao napraviti „dxf“ zapis, što je omogućilo nastavak rada u AutoCAD-u.

3D model cijelog zadatka učitavao se preko „dxf“ zapisa u AutoCAD. Na mjestima gdje je dolazilo do prekida posla, nalazila su se prekobrojna mjerenja koja su korištena za kontrolu. Nakon što je utvrđeno da su na istoj poziciji izmjerene iste dubine, višak je točaka trebalo obrisati kako ne bi opterećivao 3D model. Ako su ustanovljena veća odstupanja dubine na istoj poziciji, trebalo je provjeriti cijelu grupu podataka, te ako se nije pronašao uzrok greške trebalo je ponoviti mjerenje cijele grupe podataka.

Kada je 3D model očišćen od suvišnih točaka, trebalo ga je snimiti u „dxf“ zapisu, koji se može učitati u neki od specijaliziranih programa za projektiranje prometnica. Rad se također može nastaviti i u AutoCAD-u.

Za potrebe naručitelja u travnju 2005. –e godine, izrađen je Elaborat hidrografskog snimanja rijeke Drave KM 29+440 do KM 32+480 u kojemu je osim tehničkog opisa prikazana situacija izvršenog snimanja s položajnim prikazom poprečnih profila u mjerilu 1:5000 te pojedinačno svi poprečni profili u mjerilu 1:200 za visine i 1:2000 za dužine. Elaboratu je priložen i digitalni zapis 3D modela reljefa izrađen u AutoCAD-u, snimljen u „dwg“ i „dxf“ formatu.

Korištenjem navedene opreme i metoda rada izvršena je još nekolicina poslova hidrografskog snimanja, kao npr. snimanje korita rijeke Drave za potrebe projektiranja mosta u sastavu zapadne obilaznice grada Osijeka i snimanje podvodnog reljefa zaljeva kampa Koversada u Vrsaru.



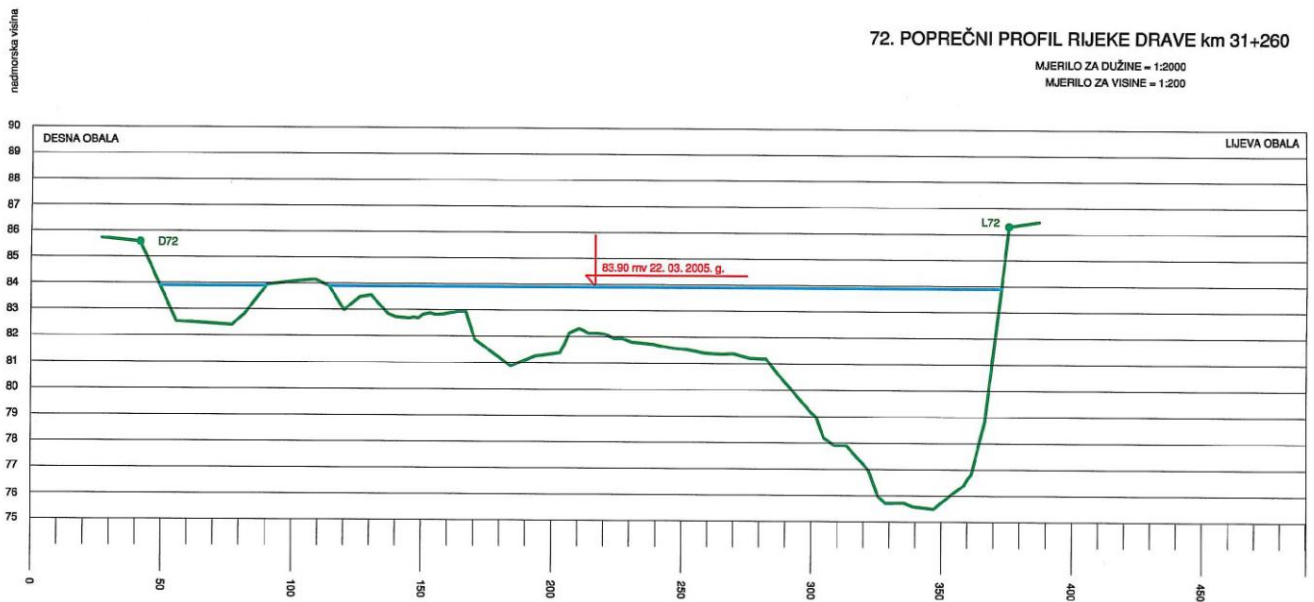
Mjerenje podmorja, Koversada-Vrsar

Izbor i organizacija opreme i metode rada, pokazali su se jako dobri i učinkoviti u različitim uvjetima rada. Najslabija točka sustava je radio-veza, koja je u međuvremenu dobila zamjenu. Novi GPS RTK sustavi, opremljeni su GSM vezom. Većina proizvođača nudi ugradnju modula za GSM komunikaciju u stare GPS RTK sustave.

U završnoj je fazi i postavljanje državne mreže GPS permanentnih stanica, koje će znatno pojednostaviti i pojeftiniti funkcioniranje ovakvih sustava je se više neće morati postavljati GPS uređaj na fiksnu točku, nego će se preko ugrađenog GSM uređaja komunicirati s nekoliko najbližih permanentnih GPS stanica i od njih preuzimati korekcije mjerenja. Također korekcije s više uređaja, omogućiti će i povećanu točnost.

Korištenje sustava permanentnih GPS stanica, Državna geodetska uprava će naplaćivati ovisno o količini preuzetih podataka, ali troškovi će biti zanemarivi u odnosu na uštede u nabavci opreme i vremenu izvršenja zadataka.

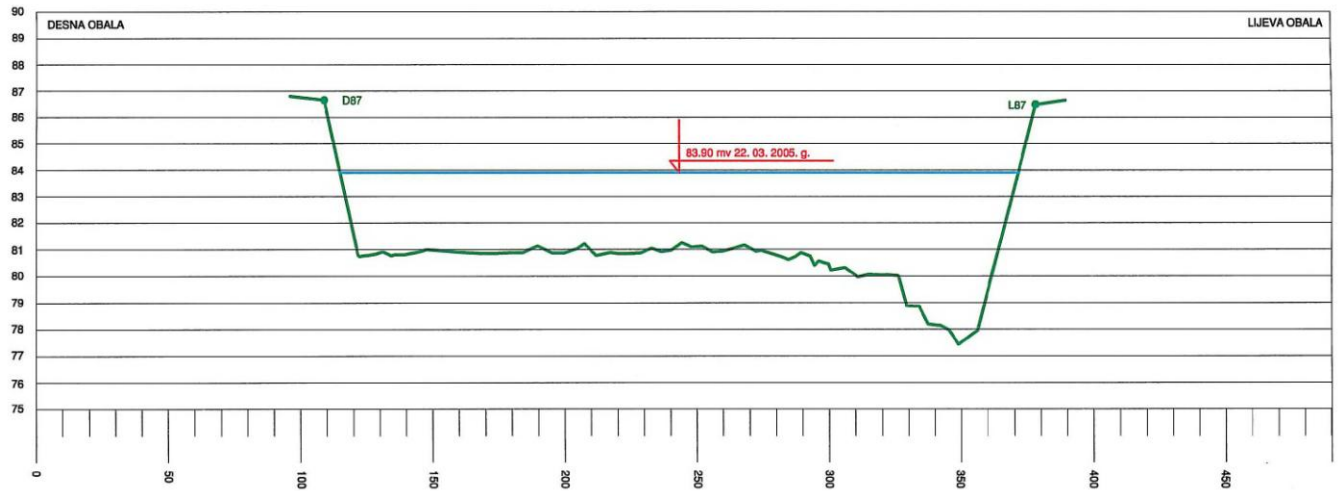
Kako većina GSM operatera nudi povoljne pakete za prijenos podataka, troškovi komunikacije su također zanemarivi.



nadmorska visina

87. POPREČNI PROFIL RIJEKE DRAVE km 31+980

MJERILO ZA DUŽINE = 1:2000
MJERILO ZA VISINE = 1:200



Novi most, zapadna obilaznica grada Osijeka, izgrađen 2007. godine