

Ruža Čeliković* ¹
Rusmir Salihović**

UDK 528.02
Stručni rad

GPS MJERENJA NA BRANI 'DIVKOVIĆI-PLANE'

1. Uvod

Za deponovanje šljake i pepela iz svojih proizvodnih pogona Termoelektrana "Tuzla" ima raspoložive dvije deponije. To su deponija Divkovići-Plane i deponija Jezero. Projektom je predviđeno osmatranje brana. Zbog fazne izgradnje deponija Divkovići-Plane, uslovljene tehnologijom i dinamikom odšljakivanja, deponija je koncipirana tako da se sastoji od dvije odvojene nasute brane. Brana Plane je osnovna brana, a formirana je u prirodnoj kotlini potoka Banovac između naselja Divkovići i naselja Plane. Brana Plane je građena fazno sa pomjeranjem ka deponiji. Na osnovu Projekta tehničkog osmatranja na ovoj brani uspostavljena je mreža stajnih i mjernih geodetskih tačaka za geodetsko osmatranje brane i mreža pijeziometara za praćenje procjednih voda. Prvo tehničko osmatranje ove brane izvršeno je 1989.godine (Energoinvest – Sarajevo).

Deponija Divkovići I formirana je uzvodno od deponije Plane, na jedinstvenom prostoru, a za njeno formiranje izgrađena je tzv. "S" brana i štitna brana Plane koje su međusobno povezane i predstavljaju jedinstvenu branu. Tehničko osmatranje brane na ovoj deponiji do sada nije vršeno.

U skladu sa projektom predviđenim osmatranjem brana, u novembru 2005. g., su izvedena mjerenja za određivanje koordinata i visina tačaka klasičnim metodama. Za određivanje koordinata x,y vršeno je opažanje pravaca u mreži i mjerenje svih strana. Visine su određene preciznim nivelmanom. Budući da su mjerenja izvedena klasičnim metodama, to su, nakon par dana, izvedena i GPS mjerenja, da bi se mogla izvršiti poredjenja dobijenih rezultata. GPS-mjerenjima obuhvaćene su sve tačke trigonometrijske mreže na brani Plane i dvije profilne tačke na brani Divkovići.

GPS mjerenja izvedena su samo na području brane 'Divkovići-Plane', pa ovdje nisu dati podaci za branu 'Jezero'. Mjerenja su izvedena GPS mjernim sistemom ProMark2.

Ovdje će biti prezentirani rezultati GPS mjerenja sa ocjenom tačnosti.

2. GPS mjerni sistem ProMark2

ProMark2 je GPS mjerni sistem francuske firme Thales Navigation. Ovaj sistem ima mogućnost kako mjerenja sa naknadnom obradom podataka (postprocesing), koja daju centimetarsku/milimetarsku tačnost, tako i Real Time navigacije sa metarskom tačnošću. Izborom navigacijskog moda mogu se pronalaziti tačke i/ili lokacije. Predhodno se unesu koordinate tačaka/objekata i ProMark2 vas navodi na ciljnu lokaciju sa tačnošću 3-5 m.

¹ Dr. Ruža Čeliković, docent, Univerzitet u Tuzli, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Univerzitetska 2, Tuzla, Rusmir Salihović, dipl.inž.geod., Direkcija za izgradnju, Tuzla

U mjernom modu ProMark2 mogu se odredjivati koordinate tačaka sa centimetarskom pa čak i milimetarskom tačnošću. ProMark se može koristiti kao sistem od dva ili, za veću produktivnost, više prijemnika.



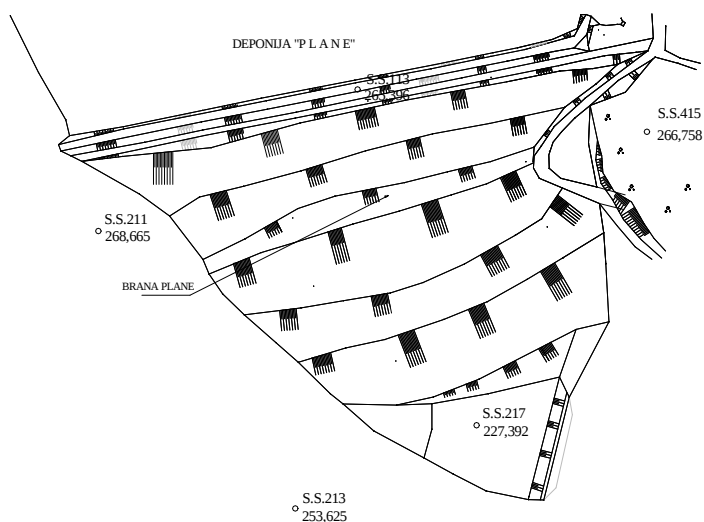
Slika1

Za rad u mjernom modu, uz prijemnik dolaze eksterne antene, koje se sa prijemnikom spajaju kablovima. Kao dodatni pribor uz svaki prijemnik dolazi terenska konzola, mjerač visine, adapter za stativ, torba za transport, stolna konzola za prenos podataka, kao i software Ahstech Solutions za prihvatanje i obradu podataka opažanja.

Na slici 1 prikazan je GPS mjerni sistem proMark2, sa dva prijemnika.

3. Mjerenje na brani 'Plane'

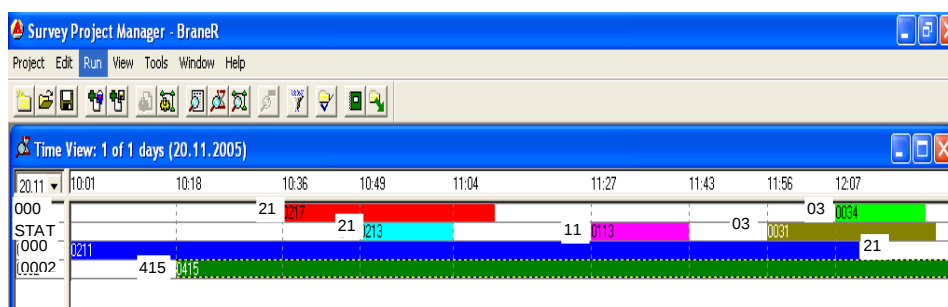
Na brani 'Plane' trigonometrijsku mrežu čini pet tačaka. Pored ovih pet tačaka, GPS mjerenjima bile su obuhvaćene i dvije profilne tačke na brani 'Divkovići'. Na slici 2. prikazan je položaj ovih tačaka. Sva opažanja su izvedena u vremenskom intervalu od približno 2,5 sata (od 10 do 12:27).



Slika 2

Za mjerenje su korištena četiri GPS prijemnika ProMark2, dva sa RGGF-a i dva iz firme 'Gauss'. Mjerenja je izvela ekipa od tri člana. Mjerenja su planirana tako da dva prijemnika budu, cijelo vrijeme opažanja, uključena na dvije tačke, a ostala dva prijemnika da se prenose na ostale tačke, s tim da minimalno vrijeme opažanja bude 15 minuta. Zbog terenskih uslova i obezbeđenja prijemnika, kao bazne tačke izabrane su tačke 211 i 415.

Na slici 3 prikazano je grafički vrijeme opažanja na pojedinim tačkama (vrijeme opažanja pojedinim prijemnicima). Prvi je uključen prijemnik sa brojem 0001 na tački 211, i zbog nesporazuma je isključen nešto ranije. Prijemnik sa oznakom 0002 je postavljen na tačku 415, u 10:18 i bio je uključen sve do kraja opažanja. Ostala dva prijemnika su postavljana na ostale tačke i vremenski interval prikupljanja podataka je iznosio od 15 do 30 minuta. Razlog dužeg opažanja na pojedinim tačkama je organizacione prirode. Posljednja tačka na kojoj su vršena opažanja je tačka 0034, a sama opažanja su trajala 15 minuta, nakon čega su isključeni svi prijemnici.



Slika 3

4. Obrada podataka mjerenja

Nakon završenih opažanja, podaci iz sva četiri prijemnika preneseni su na PC. Procedura prenosa podataka opažanja je vrlo jednostavna. Nakon prenošenja podataka iz prijemnika izvršena je obrada podataka programom 'Ashtech Solution'.

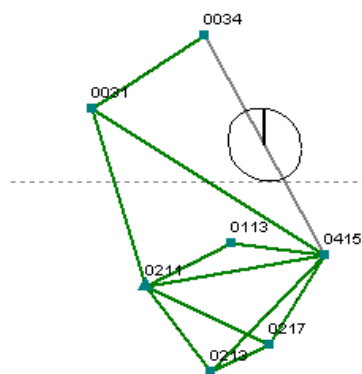
Obrada podataka podrazumijeva računanje vektora, i nakon toga određivanje definitivnih vrijednosti koordinata tačaka između kojih su određeni vektori.

Računanje vektora može biti automatsko, odnosno skupno ili ručno (pojedinačno). U ovom slučaju izvršena je skupna obrada vektora. Ukupno je izmjereno 12 vektora (sl.4).

U tabeli 1 prikazani su sračunati vektori sa ocjenom tačnosti istih.

Iz tabele 1 vidljivo je da je greška određivanja sve tri komponente vektora od 1 do 4 mm. Broj satelita na osnovu kojih su određeni vektori je 6 do 9. Vrijednost PDOP je za deset vektora manja od 2, što ukazuje na visok kvalitet mjerenja.

Kako je vidljivo sa slike 3, svaka tačka je određena sa tri vektora, izuzev tačaka 0113 i 0034.



Slika 4

Tabela 1

vektor	opažanja	QA	Sol.	Δx	95% greška	Δy	95% greška	Δz	95% greška	Dužina	95% greška	Interval opažanja vektora	Br. Satel.	PDOP	Tip mjer
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15
0211 0217	20.11.2005. 10:36:10			-20,217	0,002	281,503	0,001	-130,631	0,002	310,993	0,003	00:35:00	8	1,5	L1 GPS
0211 0213	20.11.2005. 10:49:00			78,981	0,002	175,720	0,002	-154,513	0,003	246,962	0,003	00:15:20	7	1,6	L1 GPS
0211 0113	20.11.2005. 11:27:00			-129,636	0,002	155,495	0,001	69,836	0,003	214,152	0,003	00:16:10	8	1,3	L1 GPS
0211 0031	20.11.2005. 11:56:10			-234,704	0,003	-206,353	0,002	306,184	0,003	437,512	0,004	00:15:10	8	1,4	L1 GPS
0211 0415	20.11.2005. 10:18:40			-174,181	0,001	361,666	0,001	47,859	0,002	404,267	0,003	01:52:40	9	1,4	L1 GPS
0415 0217	20.11.2005. 10:36:10			153,966	0,002	-80,161	0,001	-178,488	0,002	248,976	0,003	00:35:00	8	1,6	L1 GPS
0415 0034	20.11.2005. 12:07:20	Fail	Float	-257,428	0,183	-366,215	0,183	382,392	0,187	588,733	0,319	00:15:00	5	2,8	L1 GPS
0415 0213	20.11.2005. 10:49:00			253,166	0,002	-185,944	0,002	-202,371	0,003	373,661	0,004	00:15:20	7	1,6	L1 GPS
0415 0113	20.11.2005. 11:27:00			44,547	0,002	-206,173	0,002	21,980	0,003	212,073	0,004	00:16:10	8	1,3	L1 GPS
0415 0031	20.11.2005. 11:56:10			-60,522	0,002	-568,020	0,002	258,323	0,003	626,929	0,004	00:27:50	8	1,6	L1 GPS
0217 0213	20.11.2005. 10:49:00			99,197	0,002	-105,783	0,001	-23,883	0,003	146,971	0,003	00:15:20	7	1,7	L1 GPS
0031 0034	20.11.2005. 12:07:20			-196,784	0,003	201,760	0,002	124,104	0,003	307,950	0,005	00:15:00	6	2,4	L1 GPS

Nakon računanja vektora, računaju se definitivne vrijednosti koordinata tačaka.

Vektor 0415-0034 ima loše pokazatelje pa je isključen kod određivanja koordinata tačaka.

Iz GPS mjerenja sračunate su pravougle koordinate u Gaus-Krigerovoj projekciji. Za datumsku transformaciju, sa WGS84 na Bessel-ov elipsoid, korišteni su parametri koji su dati od strane isporučioaca mjernog sistema ProMark2.

Mreža je prvo izravnata kao slobodna mreža oslonjena na jednu datu tačku. U ovom slučaju to je bila tačka 211 sa koordinatama koje su bile date i kod izravnjanja mreže na bazi klasičnih mjerenja.

U tabeli 2 prikazane su koordinate opažanih tačaka određene na ovakav način.

Tabela 2

tačka	y_{GPS}	95% greška	x_{GPS}	95% greška	H_{GPS}	95% greška
0211	547479,898	0,000	4931753,138	0,000	268,655	0,000
0415	547877,654	0,002	4931825,088	0,002	266,741	0,002
0217	547754,140	0,002	4931612,555	0,002	227,361	0,002
0034	547608,782	0,003	4932348,643	0,003	277,806	0,005
0213	547622,693	0,002	4931552,301	0,002	253,575	0,002
0113	547667,835	0,002	4931855,725	0,002	265,355	0,003
0031	547356,105	0,002	4932172,673	0,002	277,832	0,003

Koordinate tačaka određene klasičnim metodama, prema dokumentaciji TE 'Tuzla', su date u tabeli 3. U istoj tabeli (posljednje tri kolone) date su razlike koordinata tačaka određenih klasičnim metodama i pomoću GPS-a

Tabela 3

tačka	y	x	H	$y - y_{GPS}$	$x - x_{GPS}$	$H - H_{GPS}$
0211	47479,921	31753,152	268,6648	data		
0415	47877,760	31825,039	266,7581	0,106	0,049	0,0171
0031	47356,159	32172,718	277,9106	0,054	0,045	0,0786
0034	47608,890	32348,702	277,8558	0,108	0,059	0,0498

Iz tabela 2 i 3 vidljive su razlike u koordinatama određenih klasičnim i GPS metodom. Ovako velike razlike su vjerovatno posljedica i nedovoljno tačnih parametara transformacije. Kod izravnjanja mreže na bazi klasičnih mjerenja kao 'date' uzete su tačke 211 i 415. Zbog toga su ponovno određene koordinate tačaka iz GPS mjerenja, pri čemu su kao fiksne uzete takodje tačke 211 i 415.

U tabeli 4 su date GPS-koordinate svih opažanih tačaka, kada su kao fiksne tačke uzete tačke 211 i 415.

Tabela 4

0211	MBA1	Adj	547479,921	0,000	4931753,152	0,000	268,665	0,000	H/V
0415	AVL	Adj	547877,760	0,000	4931825,039	0,000	266,758	0,000	H/V
0217		Adj	547754,210	0,002	4931612,480	0,002	227,386	0,002	
0034		Adj	547608,878	0,004	4932348,693	0,004	277,856	0,004	
0213		Adj	547622,741	0,002	4931552,224	0,002	253,620	0,002	
0113		Adj	547667,910	0,002	4931855,693	0,002	265,396	0,003	
0031		Adj	547356,150	0,002	4932172,709	0,002	277,911	0,003	

Kod određivanja koordinata sa dvije fiksne tačke, može se vidjeti da je se samo za tačku 0034 povećala greška koordinata.

U ovom slučaju dobiju se znatno manje razlike između koordinata određenih različitim metodama. Ove razlike su date u tabeli 5.

Tabela 5

tačka	y	x	H	y-Y _{GPS}	x-X _{GPS}	H-H _{GPS}
0211	47479,921	31753,152	268,6648	Data tačka		
0415	47877,760	31825,039	266,7581	Data tačka		
0031	47356,159	32172,718	277,9106	0,009	0,009	-0,0004
0034	47608,890	32348,702	277,8558	0,012	0,009	0,0002

5. Zaključak

Prema prezentovanim rezultatima GPS mjerenja sa ProMark2 može se reći da je ostvarena vrlo dobra tačnost. Ukupna greška pojedinih vektora ne prelazi 5 mm. Izuzetak čini vektor 0415 – 0034, koji je opažan kraće vrijeme. Tačnost x i y komponenti vektora je do 3 mm. Odavde se može izvesti zaključak da su GPS mjerenja vrlo podesna za praćenje stabilnosti objekata u horizontalnoj ravni, odnosno za određivanje horizontalnih pomjeranja tačaka. Ovdje treba napomenuti da su opažani vektori relativno kratki, pa bi trebalo sistem testirati i na dužim vektorima.

Literatura

1. Bauer M.: Vermessung und Ortung mit Satelliten, 2003.
2. Dokumentacija TE 'Tuzla
3. Uputstvo za mjerni sistem 'ProMark2'
4. Uputstvo za program 'Ashtech Solutions'

Sažetak

U radu su prezentovani rezultati mjerenja sa GPS mjernim sistemom ProMark2, koja su obavljena u novembru 2005.g, u cilju ocjene mogućnosti sistema. Ukratko su prikazane karakteristike samog mjernog sistema, organizacija i izvođenje mjerenja. Takođe su dati poredjenja koordinata tačaka određenih klasičnim metodama i GPS-mjerenjima.

Ključne riječi: GPS, prijemnik, mjerenja, brane, tačke, vektori, koordinate, tačnost

Abstract

Results of measurements with GPS measuring system ProMark2, performed on November 2000 in order to assess the system capability, are presented in this paper. The characteristics of measuring system itself, were presented briefly along with organisation and performance of the measurements. Comparisons of the points coordinates obtained by classical methods and by GPS measurements, are presented too.

Key words: GPS, receiver, measurements, dams, points, vectors, coordinates, accuracy