

dr. sc. Mladen Zrinjski ▶ Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: mladen.zrinjski@geof.hr
 prof. emer. dr. sc. Nikola Solarić ▶ Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: nikola.solaric@geof.hr
 prof. dr. sc. Tomislav Bašić ▶ Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: tomislav.basic@geof.hr

ANALIZA PARAMETARA KVALITETE PRIJEMA GPS SIGNALA NA KALIBRACIJSKOJ BAZI GEODETSKOG FAKULTETA

SAŽETAK

OBJAŠNJEN JE UTJECAJ MULTIPATH EFEKTA NA GPS-MJERENJA TE SU DANI MATEMATIČKI IZRAZI ZA RAČUNANJE MP_1 I MP_2 . U SVRHU ISPITIVANJA I ANALIZE PARAMETARA KVALITETE PRIJEMA GPS-SIGNALA NA KALIBRACIJSKOJ BAZI GEODETSKOG FAKULTETA, OBAVLJENA SU GPS-MJERENJA RELATIVNOM STATIČKOM METODOM U 8 SESIJA PO 24 SATI. ISPITIVANJA UTJECAJA MULTIPATH EFEKTA MP_1 I MP_2 NA GPS-MJERENJA I BROJA REGISTRIRANIH OPAŽANJA OD UKUPNOGA BROJA MOGUĆIH OPAŽANJA SA SVIH GPS-SATELITA PROVEDENI SU ZA SVIH OSAM SESIJA MJERENJA NA SEDAM TOČAKA KALIBRACIJSKE BAZE GEODETSKOG FAKULTETA PRIMJENOM SOFTVERA TEQC. DOBIVENE SU SREDNJE VRIJEDNOSTI ZA $MP_1=0,2333$ M I $MP_2=0,2390$ M, I U DOSTUPNOJ LITERATURI NISU PRONAĐENI BOLJI REZULTATI. BROJ REGISTRIRANIH OPAŽANJA U SVIM SESIJAMA MJERENJA, OSIM U DRUGOJ, BIO JE VEĆI OD 99,5%. U DRUGOJ SESIJI MJERENJA BROJ REGISTRIRANIH OPAŽANJA BIO JE Približno 96,5%, ZBOG TOGA ŠTO JE S GPS-SATELITA G18 REGISTRIRANO PROSJEČNO SAMO 19,7% OPAŽANJA. KALIBRACIJSKA BAZA GEODETSKOG FAKULTETA NALAZI SE NA LOKACIJI VRLO POGODNOJ ZA IZVOĐENJE GPS-MJERENJA JER U NEPOSREDNOJ BLIZINI NEMA NIKAKVIH PRIRODNIH ILI UMJETNIH OBJEKATA KOJI BI MOGLI UZROKOVATI MULTIPATH EFEKT ILI ONEMOGUĆITI PRIJEM SIGNALA SA SATELITA.

KLJUČNE RIJEČI

kalibracijska baza
multipath efekt
 MP_1
 MP_2
broj registriranih opažanja
TEQC

1. UVOD

Na kvalitetu prijema GPS-signala važan utjecaj imaju multipath efekt i broj registriranih opažanja od ukupnog broja mogućih opažanja sa svih GPS-satelita. Ispitivanje tih parametara obavljeno je na kalibracijskoj bazi Geodetskog fakulteta, primjenom GPS-antena Zephyr Geodetic. Testiranje navedenih parametara kvalitete prijema GNSS-signala moguće je na sličan način, uz primjenu neke od GNSS-antena.

2. MULTIPATH EFEKT

Multipath je efekt koji nastaje kada signal odaslani sa satelita u antenu ne dolazi izravno nego nakon refleksije na okolnim objektima ili od terena (Hofmann-Wellenhof i dr. 2008). Glavni su uzroci multipatha refleksije signala na različitim površinama koje se nalaze u blizini prijavnika. Sekundarni uzroci multipatha su različite refleksije u satelitu prilikom odašiljanja signala. Kao posljedica multipatha, primljeni signali imaju relativne fazne pomake, a fazne razlike proporcionalne su razlikama duljina putova između primarnog i sekundarnih signala (Hofmann-Wellenhof i dr. 2008).

Multipath utječe na kodna i na fazna mjerenja, što uzrokuje netočno određivanje udaljenosti satelit-prijamnik. Izrazi za mjerenja pseudoudaljenosti mogu se definirati kao (URL 1):

$$P1 = R + I1 + MP1, \quad (1)$$

$$P2 = R + I2 + MP2, \quad (2)$$

gdje su:

- $P1$ – pseudoudaljenost na $L1$ [m],
- $P2$ – pseudoudaljenost na $L2$ [m],
- R – geometrijska udaljenost + pogreške sata [m],
- $I1$ – kašnjenje signala zbog utjecaja ionosfere na $L1$ [m],
- $I2$ – kašnjenje signala zbog utjecaja ionosfere na $L2$ [m],
- $MP1$ – pogreška multipatha za pseudoudaljenost na $L1$ + šum [m],
- $MP2$ – pogreška multipatha za pseudoudaljenost na $L2$ + šum [m].

Izrazi za fazna mjerenja mogu se napisati kao (URL-1):

$$L1 = R - I1 + B1 + mp1, \quad (3)$$

$$L2 = R - I2 + B2 + mp2, \quad (4)$$

gdje su:

- $L1$ – fazna mjerenja na $L1$ [m],
- $L2$ – fazna mjerenja na $L2$ [m],
- R – geometrijska udaljenost + pogreške sata [m],
- $I1$ – kašnjenje signala zbog utjecaja ionosfere na $L1$ [m],
- $I2$ – kašnjenje signala zbog utjecaja ionosfere na $L2$ [m],
- $B1$ – fazni ambiguitet na $L1$ (bias) [m],
- $B2$ – fazni ambiguitet na $L2$ (bias) [m],
- $mp1$ – pogreška multipatha za fazna mjerenja na $L1$ + šum [m],
- $mp2$ – pogreška multipatha za fazna mjerenja na $L2$ + šum [m].

Može se pretpostaviti da je (URL-1):

$$mp1 \ll MP1,$$

$$mp2 \ll MP2,$$

te se zbog toga $mp1$ i $mp2$ mogu zanemariti.

Razlika izraza (1) i (3) dat će:

$$P1 - L1 = 2I1 + MP1 - B1.$$

Sređivanjem tog izraza dobije se:

$$MP1 - B1 = P1 - L1 - 2I1. \quad (5)$$

Razlika izraza (3) i (4) dat će:

$$L1 - L2 = I2 - I1 + B1 - B2, \\ L1 - L2 = I1 \left(\frac{I2}{I1} - 1 \right) + B1 - B2. \quad (6)$$

Uvede se oznaka:

$$\alpha = \left(\frac{f1}{f2} \right)^2 = \frac{I2}{I1}, \quad (7)$$

gdje su:

L1 frekvencija: $f1=1575,42$ Mhz,

L2 frekvencija: $f2=1227,60$ MHz.

Uvrsti li se izraz (7) u (6), dobije se:

$$L1 - L2 = I1(\alpha - 1) + B1 - B2.$$

Sređivanjem tog izraza dobije se:

$$I1 = \frac{(L1 - L2)}{(\alpha - 1)} + \frac{(B2 - B1)}{(\alpha - 1)}.$$

Kada se taj izraz pomnoži s 2, dobije se:

$$2I1 = \frac{2}{(\alpha - 1)}(L1 - L2) + \frac{2}{(\alpha - 1)}(B2 - B1)$$

Uvrsti li se taj izraz u (5), dobije se:

$$MP1 - B1 = P1 - L1 - \frac{2}{(\alpha - 1)}(L1 - L2) - \frac{2}{(\alpha - 1)}(B2 - B1).$$

$$MP1 - \left[B1 - \frac{2}{(\alpha - 1)}(B2 - B1) \right] = P1 - L1 - \frac{2}{(\alpha - 1)}L1 + \frac{2}{(\alpha - 1)}L2,$$

$$MP1 - \left[B1 - \frac{2}{(\alpha - 1)}(B2 - B1) \right] = P1 - \left[\frac{2}{(\alpha - 1)} + 1 \right] L1 + \frac{2}{(\alpha - 1)}L2.$$

U posljednjem izrazu, drugi izraz s lijeve strane je konstanta. Ta se konstanta može izračunati kao prosječna vrijednost za sve vrijednosti MP1 i tada se ta prosječna vrijednost oduzme od pojedine vrijednosti MP1, koja je izračunata za svaku pojedinu epohu. Nakon što se makne konstantan dio, konačan izraz za multipath MP1 može se napisati kao:

$$MP1 = P1 - \left[\frac{2}{(\alpha - 1)} + 1 \right] L1 + \frac{2}{(\alpha - 1)}L2. \quad (8)$$

Da bi se izveo izraz za multipath MP2, uvede se razlika izraza (2) i (4) te se dobije:

$$P2 - L2 = 2I2 + MP2 - B2,$$

$$MP2 - B2 = P2 - L2 - 2I2. \quad (9)$$

Razlika izraza (3) i (4) dat će:

$$L1 - L2 = I2 - I1 + B1 - B2. \quad (10)$$

Može se napisati da je:

$$I2 - I1 = I2 \left(1 - \frac{I1}{I2} \right) = I2 \left(1 - \frac{1}{\alpha} \right). \quad (11)$$

Uvrsti li se (11) u (10), dobije se:

$$L1 - L2 = I2 \left(1 - \frac{1}{\alpha} \right) + B1 - B2,$$

odnosno:

$$I2 \frac{(\alpha - 1)}{\alpha} = L1 - L2 - (B1 - B2), \\ I2 = \frac{\alpha}{(\alpha - 1)} [L1 - L2 - (B1 - B2)].$$

Ako se taj izraz pomnoži s 2, dobije se:

$$2I2 = \frac{2\alpha}{(\alpha - 1)} [L1 - L2 - (B1 - B2)].$$

Uvrsti li se taj izraz u (9), dobije se:

$$MP2 - B2 = P2 - L2 - \frac{2\alpha}{(\alpha - 1)} [L1 - L2 - (B1 - B2)],$$

$$MP2 - B2 = P2 - L2 - \frac{2\alpha}{(\alpha - 1)}(L1 - L2) + \frac{2\alpha}{(\alpha - 1)}(B1 - B2),$$

$$MP2 - \left[B2 + \frac{2\alpha}{(\alpha - 1)}(B1 - B2) \right] = P2 - L2 - \frac{2\alpha}{(\alpha - 1)}L1 + \frac{2\alpha}{(\alpha - 1)}L2,$$

$$MP2 - \left[B2 + \frac{2\alpha}{(\alpha - 1)}(B1 - B2) \right] = P2 - \frac{2\alpha}{(\alpha - 1)}L1 + \left[\frac{2\alpha}{(\alpha - 1)} - 1 \right] L2.$$

U posljednjem izrazu, drugi izraz s lijeve strane je konstanta pa nakon što se eliminiira, dobije se konačan izraz za multipath MP2:

$$MP2 = P2 - \frac{2\alpha}{(\alpha - 1)}L1 + \left[\frac{2\alpha}{(\alpha - 1)} - 1 \right] L2. \quad (12)$$

Izračuna li se α iz izraza (7), dobije se:

$$\alpha \approx 1,646944.$$

Uvrsti li se ta vrijednost u izraze (8) i (12), dobije se:

$$MP1 = P1 - 4,091456L1 + 3,091456L2,$$

$$MP2 = P2 - 5,091456L1 + 4,091456L2. \quad (13)$$

U praksi se vrijednosti MP1 i MP2 računaju za svaki satelit posebno (za sve elevacijske kutove) te se tada iz tih vrijednosti izračuna prosječna vrijednost za MP1 i MP2.

3. GPS-MJERENJA

3.1 KALIBRACIJSKA BAZA GEODETSKOG FAKULTETA

Kalibracijska baza Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu prema dostupnoj literaturi, najdulja je kalibracijska baza i baza je s najvećim brojem stupova u svijetu (Solaric i dr. 1992, Zrinjski 2010). Izgrađena je za potrebe ispitivanja i umjeravanja elektrooptičkih daljinomjera i postizanja jednoga zajedničkog mjerila pri mjerenju duljina do 6.000 m na području Republike Hrvatske (Solaric i dr. 1992).

U svrhu ispitivanja i analize parametara kvalitete prijema GPS-signala, mjerenja su obavljena na nekoliko stupova kalibracijske baze Geodetskog fakulteta.

3.2 OBAVLJENA MJERENJA

GPS-mjerenja obavljena su na kalibracijskoj bazi Geodetskog fakulteta od 25. srpnja (od 9 sati i 35 min. UTC) do 2. kolovoza (do 23 sata i 15 min. UTC) 2009. godine.

Mjerenja su obavljena na 7 stupova baze: 0, 1, 2, 3, 5, 7 i 10 (slika 1, tablica 1). Korištena su 4 prijamnika Trimble 5700 i 3 prijamnika Trimble R7

te 7 antena tipa Zephyr Geodetic (IGS-Code: TRM41249.00). U tablici 1 dan je pregled svih stupova na kojima su obavljena GPS-mjerenja te je prikazana približna udaljenost od stupa 0.

Prilikom statičkog pozicioniranja mjerna je nesigurnost ($k=1$) GPS-prijamnika Trimble 5700 (URL 2) i Trimble R7 (URL-3):

- horizontalna: 5 mm + 0,5 ppm,
- vertikalna: 5 mm + 1 ppm.

Pri mjerenju je na svim stupovima primijenjen pribor za prisilno centriranje, koji je ispitivan i rektificiran prije mjerenja u Laboratoriju za mjerenja i mjernu tehniku Geodetskog fakulteta. U GPS-mjerenja bilo je uključeno ukupno 7 GPS-instrumenata. Važno je naglasiti da su sve antene bile tipa Zephyr Geodetic. Mjerenja na kalibracijskoj bazi obavljena su u 8 sesija po 24 sata. Na istim stupovima obavljena su mjerenja istim instrumentima u dvije sesije uzastopce (1 i 2, 3 i 4, 5 i 6, 7 i 8), pri čemu su u neparanim sesijama antene bile orijentirane prema magnetskome sjeveru, a u parnim sesijama prema magnetskome jugu. U osam sesija mjerenja bile su četiri različite postavke instrumenata po stupovima.

4. OBRADA I ANALIZA DOBIVENIH REZULTATA

4.1 ISPITIVANJE MULTIPATH EFEKTA

Vrijednosti multipath efekta MP1 (za frekvenciju L1) i MP2 (za frekvenciju L2) određene su za svih sedam točaka baze, u svih 8 sesija mjerenja (25.07.–02.08. 2009. UTC). Određivanje utjecaja multipath efekta provedeno je iz RINEX datoteka opažanja primjenom softvera TEQC (Estey i Meertens 1999, URL 4). TEQC je razvijen na University Navstar Consortium (UNAVCO) u Boulderu, Colorado. Softver je dobio ime po trima glavnim funkcijama: Translation, Editing i Quality Checking. S pomoću softvera TEQC, iz RINEX datoteke, mogu se dobiti sljedeće informacije (Estey i Meertens 1999, URL 4):

- ime RINEX datoteke i ime točke,
- tip prijamnika i antene,
- početak i kraj mjerenja,
- interval registracije,
- elevacijska maska,
- ukupan broj satelita s kojih su primljeni signali,
- broj mogućih/registriranih epoha,
- broj mogućih/registriranih opažanja,
- elevacije i azimuti pojedinog satelita,
- vrijednosti MP1 i MP2,
- cycle slip,
- skok sata prijamnika,
- omjer signal/šum (S/N),
- i drugo.

Prilikom obrade podataka korišteno je vrijeme opažanja nešto dulje od 24 sata (zbog nemogućnosti startanja i prekida mjerenja na svim točkama u isto vrijeme), interval registracije od 5 sekundi i elevacijska maska od 10° . Za sve točke ispitivanja, vrijednosti MP1 i MP2 određene su samo za GPS-satelite, jer antene Zephyr Geodetic primaju signale samo s GPS-satelita (Solarić i dr. 2009). U programu TEQC vrijednosti MP1 i MP2 računaju se za svaki satelit posebno (za sve elevacijske kutove) te se tada iz tih vrijednosti izračuna prosječna vrijednost za MP1 i MP2. Na slici 2 prikazane su vrijednosti multipath efekta MP1, a na slici 3 vrijednosti MP2 za stupove kalibracijske baze, za svih osam sesija mjerenja.



SLIKA 1. GPS-mjerenja na kalibracijskoj bazi

Oznaka stupa	Približna udaljenost od početnog stupa 0 [m]
0	0
1	100
2	200
3	300
5	500
7	700
10	1000

TABLICA 1. Koordinate točaka 101 i 103 iz 6 ponavljanja mjerenja

Za svih osam sesija mjerenja dobivene su očekivane male vrijednosti za multipath efekt MP1 i MP2 na točkama kalibracijske baze, zbog toga što se baza nalazi na terenu gdje u neposrednoj blizini nema nikakvih prirodnih ili umjetnih objekata koji bi mogli uzrokovati multipath efekt. Za većinu točaka (u većini mjerenih sesija) dobivena je manja vrijednost za MP1 nego za MP2, što se i očekivalo, jer je na L1 manji šum nego na L2. U softveru TEQC očekivana vrijednost za MP1 nakon obrade je 0,50 m, a za MP2 je 0,65 m (default vrijednosti). Za sve točke, u svim sesijama mjerenja, dobivene su vrijednosti puno manje od očekivanih parametara procesiranja, definiranih a priori u softveru TEQC.

4.2 TESTIRANJE BROJA REGISTRIRANIH OPAŽANJA SIGNALA S GPS-SATELITA

Broj registriranih opažanja signala s GPS-satelita određen je za svih sedam točaka baze, u svih 8 sesija mjerenja (25.07.–02.08. 2009. UTC). Jedan od pokazatelja kvalitete prijema signala u anteni je broj registriranih opažanja od ukupnog broja mogućih opažanja sa svih GPS-satelita. Određivanje tog statističkog pokazatelja izvedeno je primjenom softvera TEQC.

Prilikom obrade podataka korišteno je vrijeme opažanja nešto dulje od 24 sata, interval registracije od 5 sekundi i elevacijska maska od 10° . Ispitivanje broja registriranih i teorijski mogućih opažanja provedeno je samo za GPS-satelite jer antene Zephyr Geodetic primaju signale samo s tih satelita (Solarić i dr. 2009).

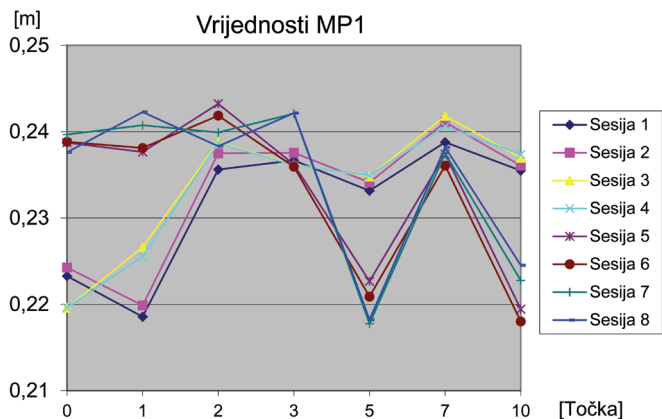
Na slici 4 prikazan je postotak registriranih opažanja za sedam stupova kalibracijske baze, za osam sesija mjerenja. Na slici 4 vidi se da je broj registriranih opažanja u svim sesijama, osim u drugoj, bio veći od 99,5%. U drugoj sesiji broj registriranih opažanja bio je približno 96,5%, zbog toga što je s GPS-satelita G18 registrirano prosječno samo 19,7% opažanja. Razlika između broja teorijski mogućih opažanja i registriranih opažanja je broj odbačenih opažanja. Neko opažanje odbačeno je zbog toga što nije zadovoljilo neki od definiranih parametara testiranja.

Softverom TEQC testirani su i drugi parametri kvalitete prijema signala: cycle slip, skok sata prijamnika (tablica 2) i omjer signal/šum (S/N) (tablica 3).

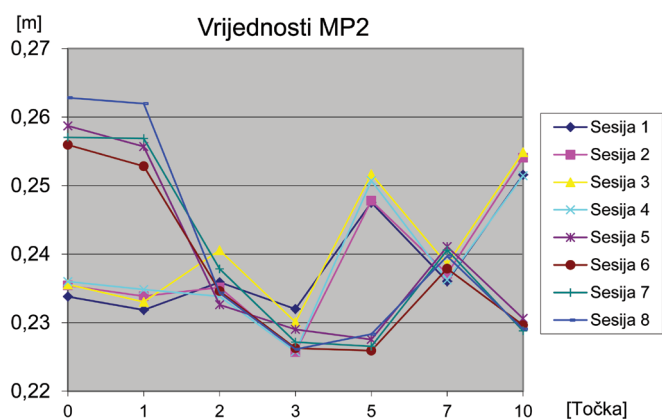
5. ZAKLJUČAK

U svrhu ispitivanja i analize parametara kvalitete prijema GPS-sigнала na kalibracijskoj bazi Geodetskog fakulteta, obavljena su GPS-mjerenja relativnom statičkom metodom u 8 sesija po 24 sata. Mjerenja su obavljena od 25. srpnja (od 9 sati i 35 min. UTC) do 2. kolovoza (do 23 sata 15 min. UTC) 2009. godine. GPS-mjerenja obavljena su na 7 stupova kalibracijske baze: 0, 1, 2, 3, 5, 7 i 10. Korištena su 4 prijamnika Trimble 5700 i 3 prijamnika Trimble R7 te 7 antena Zephyr Geodetic. Odabrana je upravo ta antena, jer registrira signale samo s GPS-satelita, a u nju su ugrađena dva nova patenta: n-pobudnih točaka (Lennen i dr. 1996) i Trimble »potajna« donja ploha (Westfall 1997). Ta antena omogućava vrlo precizna mjerenja, s vrlo malim smetnjama, jer umanjuje utjecaj multipath efekta (Solarić i dr. 2009). Ispitivanja utjecaja multipath efekta MP1 i MP2 na GPS-mjerenja provedena su za svih osam sesija mjerenja, za sedam točaka kalibracijske baze. Određivanje utjecaja multipath efekta izvedeno je iz RINEX datoteka opažanja primjenom softvera TEQC. Iz provedenih ispitivanja multipath efekta dobivene su srednje vrijednosti za MP1=0,2333 m i MP2=0,2390 m. Dobivene vrijednosti analizirane su i uspoređene s vrijednostima MP1 i MP2 iz dostupne literature i nigdje nisu pronađeni bolji rezultati (Zrinjski 2010).

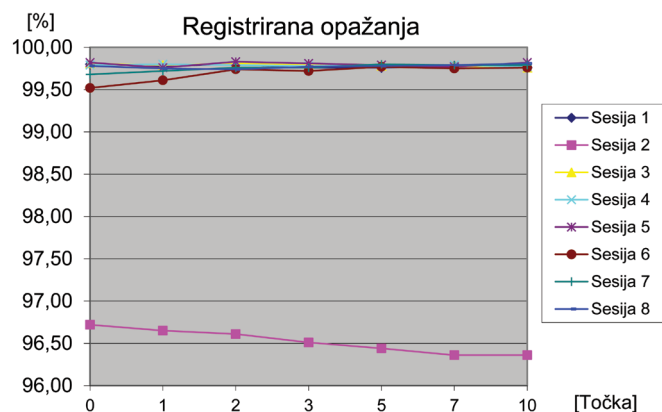
Također, za sedam točaka baze (za svih osam sesija mjerenja), softverom TEQC obavljeno je ispitivanje broja registriranih opažanja od ukupnog broja mogućih opažanja sa svih GPS-satelita. Iz dobivenih rezultata vidi se da je broj registriranih opažanja u svim sesijama mjerenja, osim u drugoj, bio veći



SLIKA 2. Vrijednosti MP1 za stupove kalibracijske baze (osam sesija mjerenja)



SLIKA 3. Vrijednosti MP2 za stupove kalibracijske baze (osam sesija mjerenja)



SLIKA 4. Postotak registriranih opažanja za stupove kalibracijske baze (osam sesija mjerenja)

od 99,5%. U drugoj sesiji mjerenja broj registriranih opažanja bio je približno 96,5%, zbog toga što je s GPS-satelita G18 registrirano prosječno samo 19,7% opažanja. Softverom TEQC testirani su i drugi parametri kvalitete prijema signala: cycle slip, skok sata prijammika i omjer signal/šum (S/N).

Iz analize dobivenih vrijednosti multipath efekta i broja registriranih opažanja može se zaključiti da se kalibracijska baza Geodetskog fakulteta nalazi na mjestu vrlo pogodnom za izvođenje GPS-mjerenja jer u neposrednoj blizini nema nikakvih prirodnih ili umjetnih objekata koji bi mogli uzrokovati multipath efekt ili onemogućiti prijem signala sa satelita. Iako je kalibracijska baza Geodetskog fakulteta projektirana i izgrađena prije uspostave GNSS-a, danas je vidljiva njezina velika vrijednost jer se nalazi na lokaciji koja omogućuje izvođenje preciznih GNSS-mjerenja.

```

*****
QC of RINEX file(s) : 13292120.09o
input RnxNAV file(s) : 13292120.09n
*****

4-character ID      : (name = 0s) (# = 0s)
Receiver type      : TRIMBLE 5700 (# = 220381329) (fw = Nav 2.27 Sig 0.00)
Antenna type       : TRM41249.00

Time of start of window : 2009 Jul 31 22:12:15.000
Time of end of window   : 2009 Aug 1 22:16:29.913
Time line window length : 24.07 hour(s) ticked every 3.0 hour(s)
antenna WGS 84 (xyz)    : 4288772.2760 1230573.8565 4542740.9962 (m)
antenna WGS 84 (geo)    : N 45 deg 42' 26.02" E 16 deg 00' 35.03"
antenna WGS 84 (geo)    : 45.707228 deg 16.009729 deg
WGS 84 height          : 220.9517 m
lqc - header| position : 67 m
Observation interval    : 4.9990 seconds
Total satellites w/ obs : 30
NAVSTAR GPS SVs w/o OBS : 1 5
NAVSTAR GPS SVs w/o NAV :
Rx tracking capability   : 12 SVs
Poss. # of obs epochs   : 17335
Epochs w/ observations : 17332
Epochs repeated        : 0 (0.00%)
Possible obs > 0.0 deg : 188008
Possible obs > 10.0 deg : 144551
Complete obs > 10.0 deg : 144083
Missed obs > 10.0 deg  : 310
Deleted obs > 10.0 deg  : 132
Obs w/ SV duplication   : 0 (within non-repeated epochs)
Moving average MP1     : 0.239669 m
Moving average MP2     : 0.257047 m
Points in MP moving avg : 50
No. of Rx clock offsets : 87
Total Rx clock drift    : -87.000000 ms
Rate of Rx clock drift  : -3.614 ms/hr
Avg time between resets : 16.601 minute(s)
Freq no. and timecode   : 2 10799 c00000 7fffff
Report gap > than       : 10.00 minute(s)
epochs w/ msec clk slip : 0
other msec mp events    : 1 ( : 4) {expect ~= 1:50}
IOD signifying a slip   : >400.0 cm/minute
IOD slips < 10.0 deg*  : 0
IOD slips > 10.0 deg*  : 3
IOD or MP slips < 10.0* : 0
IOD or MP slips > 10.0* : 4
* or unknown elevation

first epoch last epoch hrs dt #expt #have % mp1 mp2 o/slps
SUM 09 7 31 22:12 09 8 1 22:16 24.07 5 144551 144083 100 0.24 0.26 36021
    
```

TABLICA 2. Prikaz testiranih parametara kvalitete prijema GPS-signala (točka 0 u sesiji 7)

S/N I1 summary (per elevation bin):				S/N I2 summary (per elevation bin):			
elev (deg)	tot	SN1 sig	mean	elev (deg)	tot	SN2 sig	mean
85 - 90	798	0.511	7.257 ##	85 - 90	798	0.582	8.546 ##
80 - 85	2790	0.268	7.020 ##	80 - 85	2790	0.523	8.448 ##
75 - 80	6853	0.203	6.995 ##	75 - 80	6853	0.503	8.585 ##
70 - 75	5877	0.375	6.995 ##	70 - 75	5877	0.497	8.625 ##
65 - 70	7006	0.111	6.998 ##	65 - 70	7006	0.507	8.439 ##
60 - 65	7378	0.142	6.987 ##	60 - 65	7378	0.419	8.209 ##
55 - 60	7015	0.201	6.965 ##	55 - 60	7015	0.226	8.042 ##
50 - 55	8443	0.237	6.946 ##	50 - 55	8443	0.088	7.999 ##
45 - 50	8702	0.216	6.956 ##	45 - 50	8702	0.109	7.994 ##
40 - 45	9539	0.393	6.816 ##	40 - 45	9539	0.108	7.994 ##
35 - 40	10871	0.509	6.554 ##	35 - 40	10871	0.455	7.735 ##
30 - 35	11503	0.375	6.161 ##	30 - 35	11503	0.465	7.301 ##
25 - 30	12998	0.217	5.977 ##	25 - 30	12998	0.191	7.016 ##
20 - 25	12848	0.466	5.703 ##	20 - 25	12848	0.459	6.706 ##
15 - 20	14920	0.535	5.294 ##	15 - 20	14912	0.433	6.245 ##
10 - 15	16667	0.658	4.783 ###	10 - 15	16552	0.241	6.010 ##
5 - 10	118	0.756	4.771 ###	5 - 10	118	0.607	5.873 ##
0 - 5	0	0.000	0.000	0 - 5	0	0.000	0.000
< 0	0	0.000	0.000	< 0	0	0.000	0.000

TABLICA 3. Prikaz testiranih parametara omjer signal/šum (S/N) (točka 0 u sesiji 7)

LITERATURA

- Estey, L. H., Meertens, C. M. (1999): TEQC: The Multi-Purpose Toolkit for GPS/GLONASS Data, GPS Solutions, Vol. 3, No. 1, 42–49.
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., Wasle, E. (2008): GNSS – Global Navigation Satellite Systems – GPS, GLONASS, Galileo and more, Springer-Verlag, Wien – New York.
- Lennen, G. R., Hand, W., Westfall, B. (1996): GPS receiver with N-point symmetrical feed double-frequency patch antenna, United States Patent #5,515,057, USPTO.
- Solarić, N., Solarić, M., Benčić, D. (1992): Projekt i izgradnja kalibracijske baze Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Geodetski list, 1, 7–25.
- Solarić, N., Solarić, M., Zrinjski, M. (2009): GPS-antena Zephyr Geodetic, Geodetski list, 4, 329–352.
- Westfall, B. G. (1997): Antenna with R-card ground plane, United States Patent #5,694,136, USPTO.
- Zrinjski, M. (2010): Defniranje mjerila kalibracijske baze Geodetskog fakulteta primjenom preciznog elektrooptičkog daljinomjera i GPS-a, Doktorska disertacija, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- URL-1: Derivation of MP1 and MP2 equations, http://comp.uark.edu/~mattioli/geol_4733/mp1mp2_derivation.pdf, (11.10.2010.).
- URL-2: Trimble 5700 GPS Receiver Datasheet, http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-163620/022543-074E_5700_DS_0808_LR.pdf, (22.10.2010.).
- URL-3: Trimble R7 GPS Receiver, http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-140051/Spec_Sheet_-_R7_-_English.pdf, (22.10.2010.).
- URL-4: UNAVCO, <http://facility.unavco.org/software/teqc/teqc.html>, (25.10.2010.).