

Davor Milas, ing.geod. ▶ Geodetski zavod d.d. Osijek, Jegerova 15, 31000 Osijek, e-mail: davor.milas@gmail.com

ODREĐIVANJE KOORDINATA STALNIH GEODETSKIH TOČAKA NA PODRUČJU K.O. POLIČNIK

SAŽETAK

ČLANAK OBRAĐUJE TEMATIKU ODREĐIVANJA KOORDINATA MREŽE STALNIH GEODETSKIH TOČAKA UPORABOM VPPS SERVISA CROPOS SUSTAVA. OPISAN JE VPPS SERVIS, STABILIZACIJA I POSTUPAK OPAŽANJA TOČAKA. DANI SU OPISI NOVIH HRVATSKIH POLOŽAJNIH I VISINSKIH DATUMA, KAO I NOVA KARTOGRAFSKA PROJEKCIJA HTRS96/TM. ANALIZIRANI SU REZULTATI MJERENJA I DANA JE USPOREDBA VISINA DOBIVENIH T7D PROGRAMOM I GEOMETRIJSKIM NIVELMANOM.

KLJUČNE RIJEČI

CROPOS
VPPS
stalne geodetske točke
HTRS96/TM
HVR571

1. UVOD

Puštanjem u rad CROPOS sustava (Hrvatski pozicijski sustav) i stupanjem na snagu novog *Pravilnika o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova*, za određivanje koordinata mreže stalnih geodetskih točaka, omogućeno je korištenje RTK metode kroz VPPS servis CROPOS-a.

Primjena ove metode se odnosi samo na referentnu mrežu 3. reda, kojoj pripadaju GNSS homogena polja gradova, kao i GNSS točke geodetske osnove kod katastarskih izmjera i izmjera poljoprivrednih zemljišta. Gustoća ove mreže je 1 točka na svakih 10–15 ha za područje intravilana, odnosno 1 točke na svakih 20–25 ha za područje ekstravilana (URL-1).

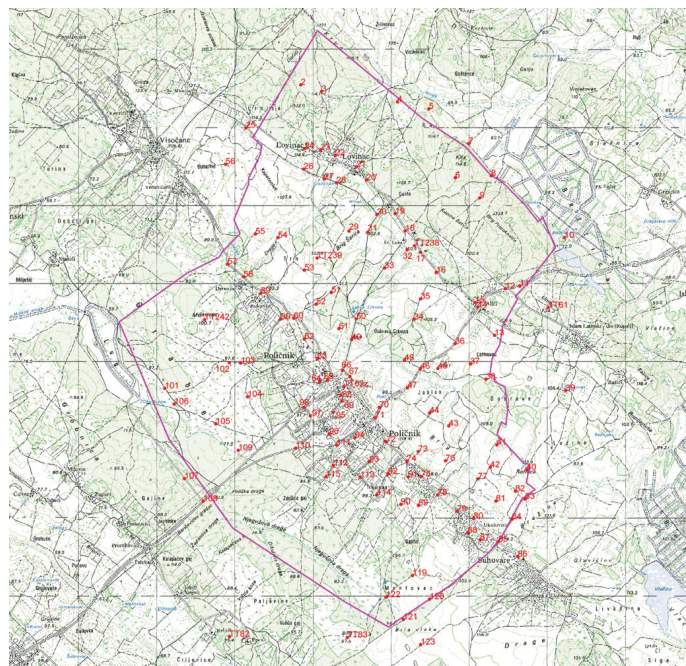
U okviru katastarske izmjere k.o. Poličnik, Geodetski zavod d.d. Osijek je dobio zadatak uspostave mreže stalnih geodetskih točaka u novom referentnom koordinatnom (HTRS96/TM) i novom visinskom (HVR571) sustavu.

2. USPOSTAVA POLJA NOVIH GEODETSKIH TOČAKA

Prilikom uspostave mreže stalnih geodetskih točaka za katastarsku izmjeru k.o. Poličnik (slika 1) izvršeni su pripremni radovi na prikupljanju i preuzimanju podataka (projektni zadatak, pregledne

karte, položajni opisi, itd.) od strane naručitelja.

Sljedeći korak nakon preuzimanja podataka je bio rekognosciranje terena sa svrhom što boljeg i ekonomičnijeg rasporeda točaka, a potom i izrada



SLIKA 1. Pregledna karta mreže stalnih geodetskih točaka k.o. Poličnik

samoga projekta mreže.

Projekt mreže sa svim potrebnim podacima kao što su raspored točaka mreže, priključak na repere visinske mreže Republike Hrvatske je ovjeren i pregledan u Državnoj geodetskoj upravi. Mreža stalnih geodetskih točaka je stabilizirana sukladno Pravilniku o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova.

Sve točke mreže su stabilizirane trajnim geodetskim oznakama, vodeći računa o zadovoljavanju sljedećih kriterija:

- točke moraju biti očuvane kroz duži vremenski period,
- do točaka treba biti moguć pristup vozilom,
- točke se moraju dogledati sa susjednim točkama,
- točke treba stabilizirati na mjestima povoljnim za GNSS mjerenja,
- točke treba stabilizirati na zemljištu u državnom vlasništvu.

Točke geodetske osnove su stabilizirane betonskim blokovima dimenzija 15x15x60 cm s reperom od prokroma i podzemnim centrom ili tzv. željeznom kapom ugrađenom u asfalt. Ukupno je stabilizirano 123 novih točaka, a numerirane su od broja 1 nadalje.

Prilikom uspostave polja stalnih geodetskih točaka od velike je važnosti za ovu metodu mjerenja bila provjera dostupnosti signala operatera mobilne telefonije na području zadatka.

2.1 CROPOS SUSTAV

CROPOS (Hrvatski pozicijski sustav) je državna mreža referentnih GNSS stanica Republike Hrvatske. CROPOS sustav sastoji se od 30 referentnih GNSS stanica koje prikupljaju podatke opažanja satelita i šalju ih u kontrolni centar (URL-2).

U kontrolnom centru se podaci opažanja obrađuju, provjeravaju i izjednačavaju te se računaju korekcijski parametri. Korekcijski parametri se šalju korisnicima na terenu putem mobilnog interneta (GPRS/GSM).

CROPOS sustav omogućava određivanje položaja u realnom vremenu s točnošću od 2 cm u horizontalnom smislu te 4 cm u vertikalnom smislu na čitavom području države (URL-2).

Usluge ili servisi CROPOS sustava su:

- DSP – diferencijalni servis pozicioniranja u realnom vremenu (0.3 – 0.5 m),
- VPPS – visokoprecizni servis pozicioniranja u realnom vremenu (2 cm (2D) i 4 cm (3D)),
- GPPS – geodetski precizni servis pozicioniranja (<1 cm (2D, 3D)).

Geodetima je najzanimljiviji VPPS servis pozicioniranja koji koristi umreženo rješenje faznih mjerenja u realnom vremenu (slika 2). VPPS servis koristi standardni NTRIP – (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) protokol za prijenos RTCM podataka putem interneta.

Korisnik na terenu šalje svoje približne koordinatu u kontrolni centar u obliku NMEA poruke.

Kontrolni centar nakon toga računa VRS (virtualna referentna stanica) u neposrednoj blizini korisnika i podatke o VRS stanici šalje korisniku u RTCM formatu. RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services Format) format je međunarodni standardizirani format podataka za prijenos korekcija za DGPS.

Ovakvim načinom se referentna stanica za korekcije približila korisniku na svega nekoliko metara, čime se ubrzala i sama inicijalizacija uređaja kao i točnost određivanja koordinata.

Treba još spomenuti da su koordinate referentnih stanica izračunate u ITRF2005 referentnom okviru, epoha mjerenja 2008,83 (GPS tjedan 1503) te zatim transformirane u ETRF00 (R05) sustav (ETRS89), što znači da su i koordinate mjerenih točaka izvorno dane u tom sustavu.

2.2 GNSS MJERENJE

Prema Pravilniku o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova određivanje točaka referentne mreže 3. reda dozvoljeno je primjenom statičke metode GNSS mjerenja u odnosu na referentne točke viših redova, zatim korištenjem GPPS servisa CROPOS sustava i korištenjem VPPS servisa CROPOS sustava namijenjenog za visoko precizno pozicioniranje u realnom vremenu.

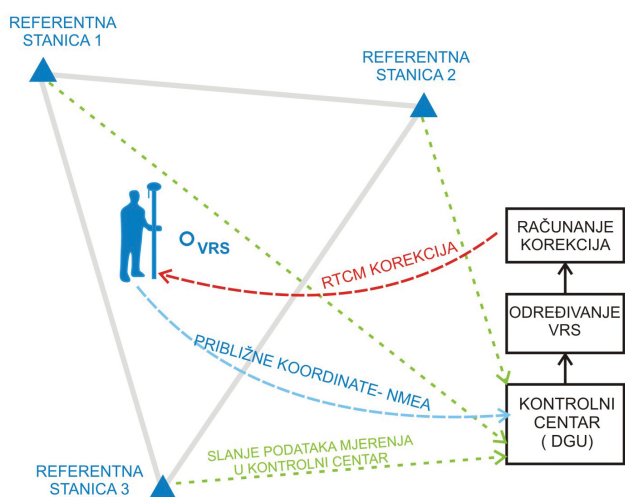
Točke GNSS mreže određene su u dvije neovisne serije ponavljanja u razmaku od 2 sata s elevacijskim kutom od 15°. Svako ponavljanje se sastoji od 3 uzastopna mjerenja u trajanju od 30 sekundi nakon postignute inicijalizacije prijemnika (fixed solution). Uređaji su tokom mjerenja učvršćeni dvožoni držačima. Za svaku opažanu točku je vođen terenski zapisnik mjerenja. Podaci koji se nalaze u zapisniku mjerenja su sljedeći:

- naziv projekta, tvrtke i opažачa,
- tip i serijski broj GNSS prijamnika i antene,
- broj točke,
- početak 1. i 2. mjerenja i duljina mjerenja,
- visina antene,
- detaljna skica postavljanja GNSS antene na točku s prikazom načina mjerenja antene,
- napomena.

Broj satelita u toku mjerenja se kretao između 8 i 15. U tablici 1 dan je dio datoteke izvještaja mjerenja s podacima o vremenima mjerenja i broju satelita.

Mreža stalnih geodetskih točaka je opažana od 16. do 21. veljače 2010. godine, a za GPS mjerenje korišteni su uređaji tvrtke Trimble:

- tri uređaja Trimble R8 s integriranom antenom,
- jedan uređaj Trimble 5700 sa Zephyr antenom.



SLIKA 2. Princip rada VPPS servisa CROPOS sustava

Name	Date	Time	Epochs	Min.SVs	RMS
103-1	17.02.2010	09:12:08	31	14	0.012
103-2	17.02.2010	09:12:44	31	14	0.013
103-3	17.02.2010	09:13:17	31	14	0.012
101-1	17.02.2010	09:28:34	32	14	0.017
101-2	17.02.2010	09:29:09	32	14	0.016
101-3	17.02.2010	09:29:43	31	12	0.012
103-4	17.02.2010	11:28:36	31	12	0.017
103-5	17.02.2010	11:29:14	32	12	0.018
103-6	17.02.2010	11:29:47	31	12	0.013
101-4	17.02.2010	11:42:44	30	14	0.016
101-5	17.02.2010	11:43:18	30	14	0.019
101-6	17.02.2010	11:43:55	30	14	0.017

TABLICA 1. Geodetske točke s trenucima opažanja, brojem opažanih epoha, brojem satelita i ocjenom točnosti

Konfiguracija GNSS uređaja za rad u CROPOS sustavu se sastoji od odabira formata (RTCM), protokola (NTRIP), upisivanju podataka o davatelju usluga mobilnog interneta kao i podataka potrebnih za spajanje na server Državne geodetske uprave. Svaki uređaj pristupa internetu putem mobitela ili putem SIM kartice ugrađene u GNSS uređaj ili kontroler.

Sam postupak mjerenja na terenu se sastoji od spajanja na server Državne geodetske uprave uz pomoć korisničkog imena i lozinke (dobije se prilikom sklapanja ugovora) i nakon toga odabira vrste korekcije (RTCM). Nakon inicijalizacije uređaj je spreman za mjerenje.

Osim samog GNSS mjerenja na terenu, visine određenog broja točaka određene su geometrijskim nivelmanom zbog kontrole visina dobivenih upotrebom novog geoida HRG2009 kao i zbog kontrole ispravnosti unesenih visina antena. Za mjerenje geometrijskog nivelmana korišten je nivelir tvrtke Leica NA3003 te parovi kodiranih nivelmanskih letava. Geometrijskim nivelmanom su određene visine 29 točaka koje su poslužile za kasniju usporedbu visina.

2.3 HTRS96/TM I HVRS71

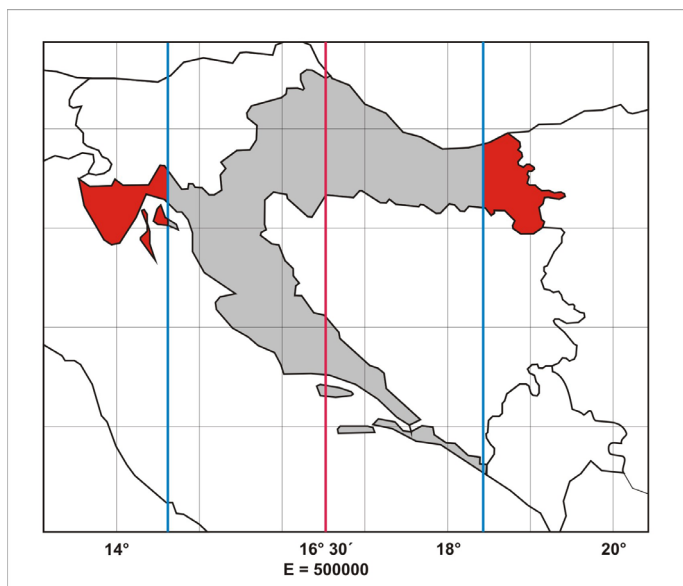
Odlukom Vlade Republike Hrvatske o »Utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske« (Narodne novine, 2004) Europski terestrički referentni sustav za epohu 1989,0 (European Terrestrial Reference System 1989) – skraćeno ETRS89, utvrđuje se službenim nepromjenjivim i o vremenu neovisnim položajnim referentnim koordinatnim sustavom za Republiku Hrvatsku, a kao visinski referentni sustav Republike Hrvatske određen na temelju srednje razine mora u epohi 1971.5 određuje se Hrvatski visinski referentni sustav za epohu 1971.5 – skraćeno HVRS71.

Osim toga, koordinatni sustav poprečne Mercatorove (Gauss-Krügerove) projekcije – skraćeno HTRS96/TM, sa srednjim meridijanom $16^{\circ} 30'$ i linearnim mjerilom na srednjem meridijanu 0,9999 određuje se projekcijskim koordinatnim sustavom Republike Hrvatske za područje katastra i detaljne državne topografske kartografije.

Kao službeni elipsoid u Republici Hrvatskoj određuje se elipsoid GRS80 s veličinom velike poluosi $a = 6.378.137,00$ m i spljoštenošću $\mu = 1/298,257222101$.

Koordinate točaka u novom službenom datumu definirane su ili elipsoidnim geodetskim koordinatama (ϕ, λ, h) ili Kartezijevim pravokutnim koordinatama (X,Y,Z). Upotrebom kartografske projekcije koja je u stvari matematički model prijelaza s elipsoida u ravninu dolazimo do ravninskih koordinata koje imaju oznake N (northing–sjeverno) i E (easting–istočno).

Nova projekcija, za razliku od dosadašnje koja se preslikavala u dva koordinatna sustava (5. i 6.)



SLIKA 3. Koordinatni sustav poprečne Mercatorove projekcije – HTRS96/TM

ima jedinstveni sustav za čitavo područje Republike Hrvatske. Zbog proširivanja područja preslikavanja na dodirnom meridijanu je uvedeno linearno mjerilo 0,9999. Time je područje preslikavanja prošireno na 127 km od dodirnog meridijana, a unutar toga područja je linearna deformacija unutar 1 dm na 1 km koja se smatra prihvatljivom.

Izvan tog područja kod svih računanja moramo uzeti u obzir deformaciju projekcije (mjerene duljine reducirane na elipsoid pomnožimo s lokalnim mjerilom deformacije). Na slici 3 su crvenom bojom označena područja u kojima se moraju uzimati u obzir pogreške zbog deformacije projekcije.

Zbog izbjegavanja negativnog predznaka E koordinata na dodirnom meridijanu ima vrijednost 500.000. Sukladno tomu, sve E koordinate zapadno od dodirnog meridijana imaju vrijednost manju od 500.000, a istočno veću od 500.000. Algoritmi za računanje linearnog mjerila kao i algoritmi za konverziju koordinata ϕ i λ u pravokutne koordinate E i N su dostupni u (Lapaine i dr., 2007), kao i u Tehničkim specifikacijama za postupke računanja i podjelu na listove službenih karata i detaljne listove katastarskog plana u kartografskoj projekciji republike Hrvatske – HTRS96/TM verzija 1.0.

Visinski referentni sustav HVRS71 nastao je određivanjem srednje razine mora u punom vremenskom intervalu od 18,6 godina (od 1962. do 1981. godine) mareografskim mjerenjima na pet mareografa (Dubrovnik, Split, Bakar, Rovinj i Kopar). Time je određena ploha geoida na lokacijama mareografa. Osnovu visinskog referentnog sustava Republike Hrvatske čine reperi II. nivelmana visoke točnosti koji su izmjereni od 1970. do 1973. u sustavu normalnih ortometrijskih visina.

Katastarska izmjera K.O. Poličnik kao što je već spomenuto se obavlja u novom koordinatnom i visinskom sustavu. Koordinate mjerenih točaka mreže izvorno su geodetske koordinate u ETRS89 sustavu, a visine su elipsoidne. Za praktične potrebe izmjere potrebno je konvertirati geodetske koordinate ϕ i λ u pravokutne koordinate E i N. Prije postupka konverzije potrebno je izračunati aritmetičku sredinu koordinata iz šest ponavljanja mjerenja.

Visine točaka su transformirane iz sustava elipsoidnih visina u sustav normalnih ortometrijskih visina programom T7D tj. uporabom novog geoida HRG2009.

Točka-ponavljanje	N [m]	E [m]	h (elipsoidna) [m]
103-1	4.893.737,764	407.791,238	111,570
103-2	4.893..737,767	407.791,238	111,570
103-3	4.893.737,760	407.791,236	111,566
103-4	4.893.737,764	407.791,230	111,553
103-5	4.893.737,763	407.791,231	111,552
103-6	4.893.737,765	407.791,233	111,552
101-1	4.894.044,941	408.770,184	140,250
101-2	4.894.044,940	408.770,183	140,249
101-3	4.894.044,939	408770,184	140,251
101-4	4.894.044,936	408.770,202	140,245
101-5	4.894.044,938	408.770,200	140,241
101-6	4.894.044,935	408.770,203	140,249

TABLICA 2. Koordinate točaka 101 i 103 iz 6 ponavljanja mjerenja

3. ANALIZA REZULTATA

Koordinate dobivene uporabom VPPS servisa CROPOS sustava računaju se iz aritmetičke sredine svih šest mjerenja. Radi usporedbe razlike koordinata pojedinih mjerenja u nastavku se daje ispis svih šest koordinata točaka 101 i 103. Koordinate su dobivene iz dva neovisna ponavljanja s po tri uzastopna mjerenja.

Analizom razlika koordinata i visina uočavaju se manje razlike unutar jedne serije ponavljanja. Veće razlike koordinata i visina pojavljuju se uglavnom između dvije serije ponavljanja. Može se zaključiti da se uz istu konstelaciju satelita dobivaju isti ili vrlo slični rezultati iako se na pojedinih točkama prilikom svakog mjerenje ponovo obavlja inicijalizacija.

Broj točke	E [m]	N [m]	h(T7D) [m]	h nivelirano [m]	Razlike visina [m]
11	412.360,86	4.894.963,45	113,653	113,648	0,005
12	412.176,21	4.894.935,27	113,234	113,222	0,012
36	411.516,69	4.894.242,40	100,645	100,640	0,005
46	411.068,07	4.893.929,81	92,601	92,591	0,010
47	410.898,50	4.893.689,88	94,097	94,080	0,017
57	408.624,01	4.895.314,01	83,906	83,880	0,026
58	408.825,83	4.895.148,37	91,514	91,497	0,017
59	409.040,10	4.894.930,75	91,639	91,613	0,026
60	409.460,88	4.894.606,89	87,988	87,968	0,020
62	409.590,67	4.894.338,87	111,999	111,986	0,013
63	409.748,66	4.894.082,86	114,835	114,813	0,022
68	410.043,08	4.893.607,90	112,144	112,129	0,015
69	4.10054,08	4.893.534,93	109,046	109,035	0,011
70	4.10531,71	4.893.444,67	101,527	101,511	0,016
71	4.10478,19	4.893.313,51	107,131	107,107	0,024
72	4.10612,46	4.893.002,27	120,609	120,598	0,011
74	4.10872,94	4.892.751,95	119,671	119,669	0,002
75	4.11049,60	4.892.548,87	125,579	125,566	0,013
78	4.11257,05	4.892.309,37	125,303	125,295	0,008
79	4.11502,72	4.892.095,72	127,529	127,536	-0,007
80	4.11713,93	4.892.000,38	131,017	131,019	-0,002
85	4.120.24,49	4.891.697,57	122,726	122,721	0,005
86	4.12271,04	4.891.502,61	125,442	125,415	0,027
94	4.10212,29	4.893.061,81	106,016	106,013	0,003
95	4.09941,84	4.893.392,53	104,864	104,852	0,012
96	4.09884,09	4.893.115,90	101,099	101,077	0,022
98	4.09567,55	4.893.461,91	97,194	97,163	0,031
108	4.08257,55	4.892.284,52	72,926	72,912	0,014
TT62	4.10083,75	4.893.722,13	119,248	119,216	0,032

TABLICA 3. Usporedba visina dobivenih programom T7D i niveliranih visina

Razlike između koordinata na pojedinoj točki su uglavnom maksimalno 2 cm horizontalno i 5 cm visinski što otprilike odgovara deklariranoj točnosti CROPOS sustava od 2 cm u horizontalnom smislu te 4 cm u vertikalnom smislu.

Analiza rezultata visina točaka određenih geometrijskim nivelmanom i visina istih točaka izračunatih programom T7D tj. uporabom novog geoida HRG2009 pokazuje iznenađujuće visoku podudarnost rezultata (tablica 3), što sve ide u prilog novom geoidu HRG2009.

Potrebno je spomenuti da je najveće odstupanje visina određenih geometrijskim nivelmanom i izračunatih programom T7D iznosi 0,032 m, a da srednje odstupanje visina na 29 točaka iznosi samo $\pm 0,015$ m.

Na kraju analize rezultata donosimo i usporedbu koordinata trigonometrijske točke 82 opažane primjenom statičke metode GNSS mjerenja u odnosu na referentne točke viših redova (tablica 4).

Broj točke	E [m]	N [m]	H [m]
TT82	408.559,691	4.890.545,062	138,063
82 (VPPS)	408.559,719	4.890.545,119	138,065
Razlika	-0,028	-0,057	-0,002

TABLICA 4. Usporedba koordinata i visina na trigonometru 82

Točka je izmjerena u zadatku *Izradba topografske karte u mjerilu 1:25000 na području Zadarske županije*. Kao referentne točke korištene su tri točke iz tzv. 10-km GPS mreže Republike Hrvatske.

4. ZAKLJUČAK

Opažanje mreže stalnih geodetskih točaka uporabom VPPS servisa

CROPOS sustava znatno je ubrzalo određivanje njihovih koordinata. Ipak, najvažnija je ušteda u vremenu pri samoj obradi mjerenja. Primjenom relativnih statičkih metoda mjerenja mreže stalnih geodetskih točaka najveći dio potrebnog vremena se troši na obradu i optimiranje vektora. Dobivanjem koordinata točaka u realnom vremenu obrada se svodi na računanje aritmetičkih sredina mjerenja i konverziju koordinata, koja se može napraviti i pri samom mjerenju. Najveća mana ove metode je potreba za dostupnošću signala operatera mobilne telefonije na cijelom području zadatka, što je jako problematično u pojedinim dijelovima države, a posebice neposredno uz državnu granicu.

LITERATURA

- › Državna geodetska uprava (2009): Tehničke specifikacije za postupke računanja i podjelu na listove službenih karata i detaljne listove katastarskog plana u kartografskoj projekciji Republike Hrvatske - HTRS96/TM, Zagreb.
- › Lapaine, M., Tutić, D. (2007): O novoj službenoj kartografskoj projekciji Hrvatske - HTRS/TM, Kartografija i geoinformacije - izvanredni broj, str. 35-53.
- › Narodne novine (2009): Pravilnik o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova, Službeni list Republike Hrvatske, br. 87/09, Zagreb.
- › Narodne novine (2004): Odluka o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske, Službeni list Republike Hrvatske, br. 110/04, Zagreb.
- › URL-1: Državna geodetska uprava, http://www.dgu.hr/UserDocsImages/zakoni/Pravilnik_OGR.pdf, (15. ožujak 2010.).
- › URL-2: Državna geodetska uprava, stranica CROPOS sustava, <http://www.cropos.hr/>, (16. ožujak 2010.).