

# TRANSFORMACIJA DKP-a U HTRS96/TM POMOĆU JEDINSTVENOG TRANSFORMACIJSKOG MODELA

Mihajla LIKER<sup>1</sup>, Bojan BARIŠIĆ<sup>1</sup>, Jozo KATIĆ<sup>2</sup>, Tomislav BAŠIĆ<sup>1</sup>, Hrvatska

<sup>1</sup>Hrvatski geodetski institut, Zagreb

<sup>2</sup>Katastarska ispostava Topusko, DGU, Topusko

kontakt: [mihajla.liker@cgi.hr](mailto:mihajla.liker@cgi.hr)

**Sažetak:** Odlukom Vlade RH definiran je novi referentni koordinatni sustav kartografske projekcije (HTRS96/TM) koji bi do 2010. godine morao ući u službenu primjenu. Poveznica između starog i novog referentnog koordinatnog sustava ostvarena je pomoću novog Jedinственog transformacijskog modela. U Hrvatskoj je oko 25% katastarskih planova izrađeno pomoću numeričkih metoda izmjere (polarna i ortogonalna) pri čemu je kao oslonac geodetske osnove korištena trigonometrijska mreža razvijena u starom položajnom referentnom koordinatnom sustavu (HDKS). Numeričke izmjere su u najvećem opsegu provedene u razdoblju od pedesetih do sedamdesetih godina prošlog stoljeća. Točnost tih izmjera je prilagođena mjerilima katastarskog plana, ali se općenito kreće u intervalu od  $\pm 10$  cm. Preliminarna analiza izmjere je provedena za katastarsku općinu Topusko. Numerička izmjera katastarske općine Topusko je provedena s ukupno 270 točaka geodetske osnove. Izabrane točke geodetske osnove (10 točaka osnove + 3 trigonometra) su izražene u novom položajnom datumu (ETRS89) na dva različita načina. Prvi način određivanja koordinata u HTRS96/TM sustavu proveden je transformacijom starih koordinata, izraženih u HDKS/GK, primjenom Jedinственog transformacijskog modela. Drugi način određivanja koordinata je proveden terenskom izmjerom pomoću visoko preciznog pozicijskog servisa (VPPS) CROPOS sustava. Rezultati su uspoređeni, te je napravljena ocjena primjenjivosti Jedinственog transformacijskog modela za ovakve potrebe.

**Ključne riječi:** Digitalni katastarski plan (DKP), Jedinственi transformacijski model HTRS96/HDKS, HTRS96/TM, ETRS89

## 1. UVOD

Prelaskom na novi položajni referentni koordinatni sustav (HTRS96), geodetski datum (ETRS89) i kartografsku projekciju (HTRS96/TM) potrebno je transformirati veliku količinu povijesnih katastarskih podloga iz starog u novi projekcijski sustav. Jedan od zadataka Programa uvođenja novih geodetskih datuma i kartografskih projekcija (Zadatak C) definira problem transformacije katastarskih podataka te ga dijeli u četiri cjeline (Bosiljevac 2009). Napravljena ispitivanja izravno utječu na dio C3 – Transformacija katastarskih planova izrađenih u Gauss-Krügerovoj projekciji meridijanskih zona u novi projekcijski referentni koordinatni sustav – HTRS96/TM. Preduvjet za ovaj postupak je posjedovanje katastarskih planova u digitalnom obliku, a glavni uvjet koji metoda transformacije mora ispuniti je da se istom ne naruši točnost ulaznih podataka.

Za preliminarna ispitivanja poslužila je geodetska osnova katastarske općine Topusko. Na odabranom uzorku od 13 točaka određene su položajne koordinate u novom položajnom referentnom koordinatnom sustavu (HTRS96) na četiri različita načina, te je donesen zaključak o utjecaju korištenih transformacijskih parametara na kvalitetu dobivenih rezultata. Također su uspoređene vektorizirane i izjednačenjem određene koordinate geodetske osnove (262 točke), ali u starom projekcijskom RKS-u (HDKS/GK).

Referentni koordinatni sustav katastarskih podataka je RKS kartografske projekcije. Svi podaci se kroz nekoliko sljedećih godina moraju prebaciti iz ravnine Gauss-Krügerove

projekcije (Bessel 1841) u ravninu poprečne-Mercatorove projekcije (GRS80) koja je nova službena ravnina katastarskih podataka. Da bi se stari podaci transformirali iz lokalnog u globalni datum, potrebno je izvršiti datumsku transformaciju prostornih podataka.

Na kraju uvoda je potrebno naglasiti pretpostavku, da oznaka sustava *HTRS96* podrazumijeva da se radi o *ETRS89* referentnom koordinatnom sustavu, a ne o ITRF96 (1995.55) okviru ITRS sustava.

## 2. TEORIJSKA OSNOVA

Prema ISO normi 19111 referentni koordinatni sustav se sastoji od jednog koordinatnog sustava koji je povezan sa stvarnim svijetom (Zemljom) pomoću isključivo jednog datuma. Ako definicija datuma pod stvarnim svijetom podrazumijeva Zemljino tijelo, tada govorimo o definiciji geodetskog datuma. Geodetski datum je definiran izborom početnog meridijana i elipsoida (DZNM 2008).

Transformacija i konverzija koordinata RKS-a su numeričke operacije. Prilikom transformacije koordinata mijenja se datum RKS-a (datumsku transformacija), dok se prilikom konverzije koordinata mijenja samo koordinatni sustav RKS-a (npr. kartografska projekcija).

### 2.1 Slična 3D transformacija

Matematički gledano, datumsku transformaciju je moguće provesti direktno pomoću geodetskih elipsoidnih koordinata ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ ) ili indirektno povezivanjem 3D Kartezijevih koordinata ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ) oba sustava (*Slika 1*).

Datumsku transformaciju, preko 3D Kartezijevih koordinata ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ) je u stručnoj literaturi poznata kao *3D slična (konformna) transformacija*. Drugim riječima, prostorni podatak kroz transformaciju zadržava svoj oblik, kao i pri preslikavanju istog s plohe elipsoida u ravninu kartografske projekcije pomoću algoritma neke od konformnih projekcija, npr. Gauss-Krügerova projekcija.

Jedna od najviše korištenih *metoda (algoritama)* za datumsku transformaciju preko 3D Kartezijevih koordinata je *Helmertova 7-parametarska transformacija*. Za Helmertovu 7-parametarsku transformaciju se kaže da je reverzibilna (pod uvjetom da su kutovi rotacije male veličine), odnosno mijenjanjem predznaka parametrima, mijenja se i smjer transformacije.

Stručna literatura (URL 1) i softverski programi razlikuju dva podtipa Helmertove 7-parametarske transformacije, a to su:

- transformacija Vektora položaja (eng. *Position vector transformation*) i
- transformacija Koordinatnog okvira (eng. *Coordinate frame transformation*).

Obje metode transformacije imaju isto definirane parametre translacije i promjene mjerila, ali drugačije definirane parametre rotacije (suprotni predznak kutova rotacije).

Metoda *Transformacija koordinatnog okvira* pretpostavlja da se parametri rotacije primjenjuju na osi referentnog koordinatnog okvira (sustava), dok metoda *Transformacija prostornog vektora* (također poznata kao *Bursa-Wolf transformacija*) pretpostavlja da se rotacijski parametri primjenjuju na vektor položaja (URL 1). Također treba napomenuti, da je *Transformacija koordinatnog okvira* pozitivna u smjeru suprotnom smjeru kazaljke na satu.

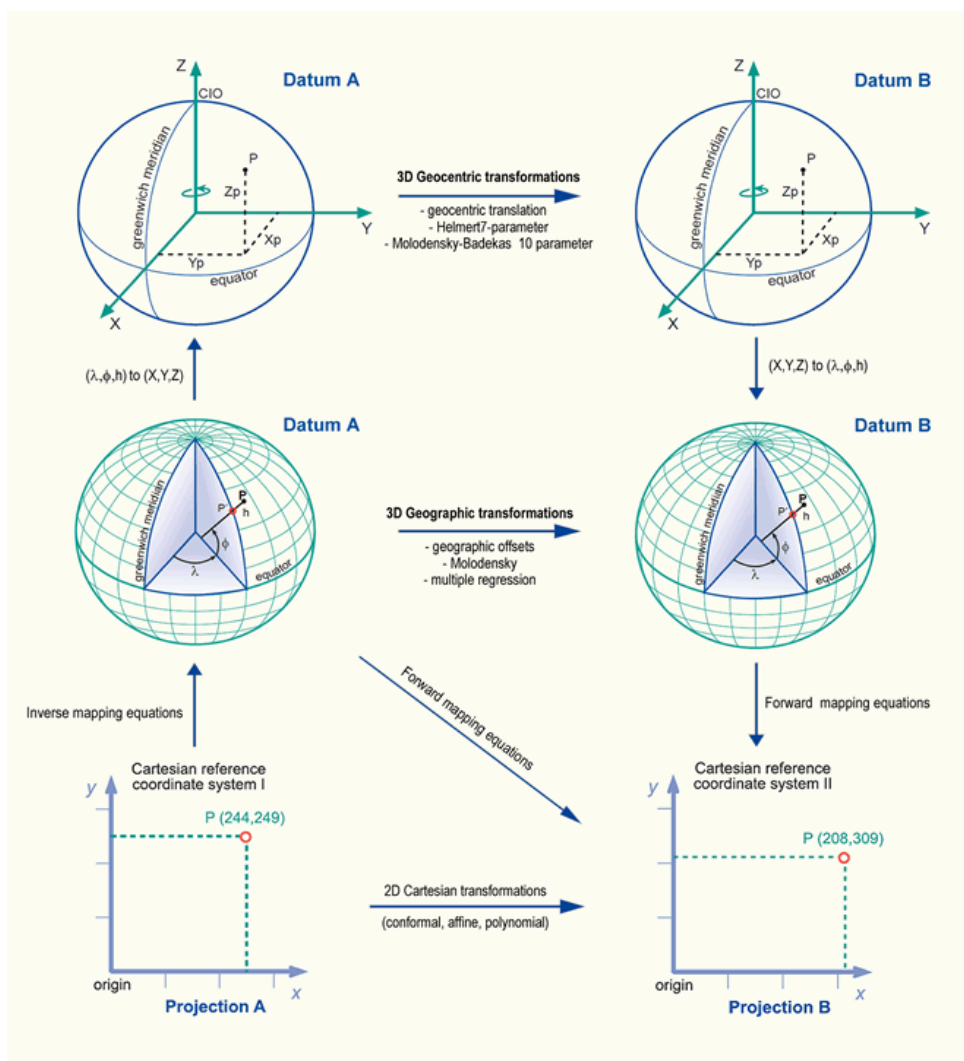
U ovom radu je korištena metoda *Transformacija koordinatnog okvira* te su svi transformacijski parametri pripremljeni za tu metodu. Neka su dva referentna koordinatna sustava definirana pomoću 3D Kartezijevih koordinata ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ). Transformacija RKS-a A (HDKS) u RKS B (HTRS96) pomoću Helmertove 7-parametarske transformacije (*Transformacija koordinatnog okvira*) je dan izrazom:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(B)} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(A)} + \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{bmatrix}_{A \rightarrow B} + \begin{bmatrix} 0 & R_3 & -R_2 \\ -R_3 & 0 & R_1 \\ R_2 & -R_1 & 0 \end{bmatrix}_{A \rightarrow B} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(A)} + D_{A \rightarrow B} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(A)} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(B)} = \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{bmatrix}_{A \rightarrow B} + \begin{bmatrix} 1 + D & R_3 & -R_2 \\ -R_3 & 1 + D & R_1 \\ R_2 & -R_1 & 1 + D \end{bmatrix}_{A \rightarrow B} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(A)} \quad (2)$$

gdje je:

- (B) – izlazni datum (HTRS96),
- (A) – ulazni datum (HDKS),
- T1, T2, T3 – parametri translacije između ulaznog A (HDKS) i izlaznog B (HTRS96) 3D Kartezijevog koordinatnog sustava (m),
- R1, R2, R3 – parametri rotacije oko osi X/Y/Z (radijani),
- D – promjena mjerila (ppm).



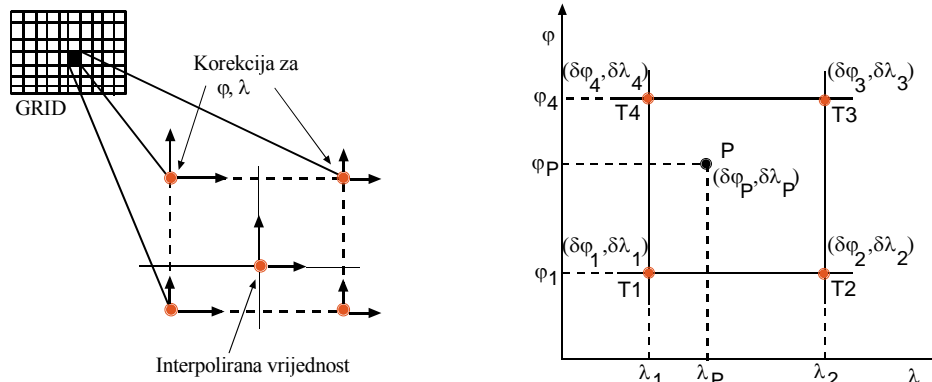
Slika 1: Transformacija i konverzija koordinata (URL 1)

## 2.2 GRID model transformacije - Jedinstveni transformacijski model

Kao i u većini država svijeta, zbog povećane točnosti transformacije te jednostavnosti i učinkovitosti primjene, kao optimalno rješenje se je i kod nas nametnula metoda GRID transformacije koja se temelji na konformnom pomaku datuma i korištenju distorzijskog modela (Bašić 2009). GRID metoda transformacije je primjer metode gdje se koriste geodetske elipsoidne koordinate za računanje transformacijskih parametara modela distorzije. GRID metoda transformacije kombinira sljedeće veličine, pomoću kojih je dobiven distorzijski GRID za područje Republike Hrvatske:

- 7-parametarska Helmertova transformacija jedinstvena na državnoj razini i
- Model distorzije pravilnog grida. Za modeliranje distorzije korišteno je:
  - 5200 točaka iz oba sustava,
  - empirijski iznađene funkcije kovarijance distorzije te
  - upotreba metode kolokacije po najmanjim kvadratima.

Pomoću kolokacije po najmanjim kvadratima i funkcija kovarijanci izračunate su komponente distorzije u svakoj točki grida rezolucije 1' x 1.5' (cca 1860 x 1980 m). Metoda kolokacije po najmanjim kvadratima je izabrana zbog povoljnih statističkih pokazatelja i mogućnosti naknadnog dodavanja podataka (Bašić i dr. 2006).



Slika 2. Princip GRID transformacije

Komponente distorzije (transformacijski parametri) u traženoj točki P se računaju iz poznatih transformacijskih parametara iz najbližih točaka distorzijskog GRID-a primjenom metode bilinearne interpolacije (Slika 2). Izrazi (3) i (4) predstavljaju model za računanje transformacije po geodetskoj širini ( $\delta\varphi_P$ ) i duljini ( $\delta\lambda_P$ ) točke P:

$$\delta\varphi_P = a_0 + a_1X + a_2Y + a_3XY; \quad \delta\lambda_P = b_0 + b_1X + b_2Y + b_3XY \quad (3)$$

pri čemu je:

$$a_0 = \delta\varphi_1, \quad a_1 = \delta\varphi_2 - \delta\varphi_1, \quad a_2 = \delta\varphi_4 - \delta\varphi_1, \quad a_3 = \delta\varphi_1 + \delta\varphi_3 - \delta\varphi_2 - \delta\varphi_4, \\ b_0 = \delta\lambda_1, \quad b_1 = \delta\lambda_2 - \delta\lambda_1, \quad b_2 = \delta\lambda_4 - \delta\lambda_1, \quad b_3 = \delta\lambda_1 + \delta\lambda_3 - \delta\lambda_2 - \delta\lambda_4, \quad (4)$$

$$X = \frac{(\lambda_P - \lambda_1)}{(\lambda_2 - \lambda_1)}, \quad Y = \frac{(\varphi_P - \varphi_1)}{(\varphi_4 - \varphi_1)}$$

Datoteka *Jedinstvenog transformacijskog modela* za svaku točku GRID-a, osim modela distorzije (vrijednosti položajne distorzije u oba smjera te pripadajuća ocjena točnosti), sadrži i podatke o vrijednosti HRG2009 modela (geoidna undulacija između plohe GRS80 elipsoida i plohe novog visinskog referentnog koordinatnog sustava - HVRS71) te vrijednosti razlika visina HVRS1875-HVRS71 koje su dobivene pomoću *Hrvatskog transformacijskog modela visina – HTMV08-v.1* (Rožić 2009).

Za potrebe praktične realizacije ove metode razvijen je T7D kompjuterski program koji u sebi sadrži module za potpunu položajnu i visinsku transformaciju i konverziju koordinata iz ravnine Gauss-Krügerove projekcije (HDKS/GK) u ravninu poprečne-Mercatorove projekcije (HTRS96/TM). U T7D programu se iza oznake datuma HTRS96 krije ITRF96 (1995.55) okvir.

### 3. ULAZNI PODACI ANALIZE

Kao ulazni podaci analize položajnih koordinata geodetske osnove k.o. Topusko korištene su:

- Položajne koordinate izmjerene pomoću CROPOS sustava (ETRS89),
- Stare ravninske koordinate geodetske osnove (HDKS/GK),
- Vektorizirane točke geodetske osnove koje su skinute s originalnih georeferenciranih katastarskih planova izrađenih u mjerilu 1:1000 (HDKS/GK).

#### 3.1 Terenska mjerenja pomoću CROPOS sustava

Prema *Pravilniku o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova* (DGU 2009) stare točke geodetske osnove (poligonske točke) se mjere prema pravilima za nove GNSS točke referentne mreže 3. reda. GNSS točke 3. reda se moraju mjeriti u dva neovisna ponavljanja, s minimalnim razmakom od dva sata između mjerenja, te s elevacijskom kutom od 15°, dok se trigonometrijske točke mjere u jednom ponavljanju s tri mjerenja, a u svrhu određivanja transformacijskih parametara i transformacije koordinata u HDKS. Za potrebe preliminarne analize postupka transformacije DKP-a u HTRS96/TM obavila su se, u jednom ponavljanju, terenska mjerenja točaka stare geodetske osnove. Drugo ponavljanje mjerenja se planira u nastavku radova na analizi podataka DKP-a.

Izlaskom na teren izmjereno je skup od 13 točaka. Točke su izmjerene pomoću visoko preciznog pozicijskog servisa (VPPS) CROPOS sustava. Od ukupno 13 izmjerenih točaka, tri su trigonometra, koji su ušli u *Jedinstveni transformacijski model*, te su također dani kao ulazni podaci prilikom izmjere katastarske općine Topusko 1972. godine.

Sve točke geodetske osnove su izmjerene pomoću RTK metode u jednom ponavljanju s tri mjerenja (jedno ponavljanje ima 3 uzastopna mjerenja – svako mjerenje u trajanju od 30 epoha (250 s)) nakon inicijalizacije prijemnika tzv. *fixed solution*; elevacijska maska - 10°.

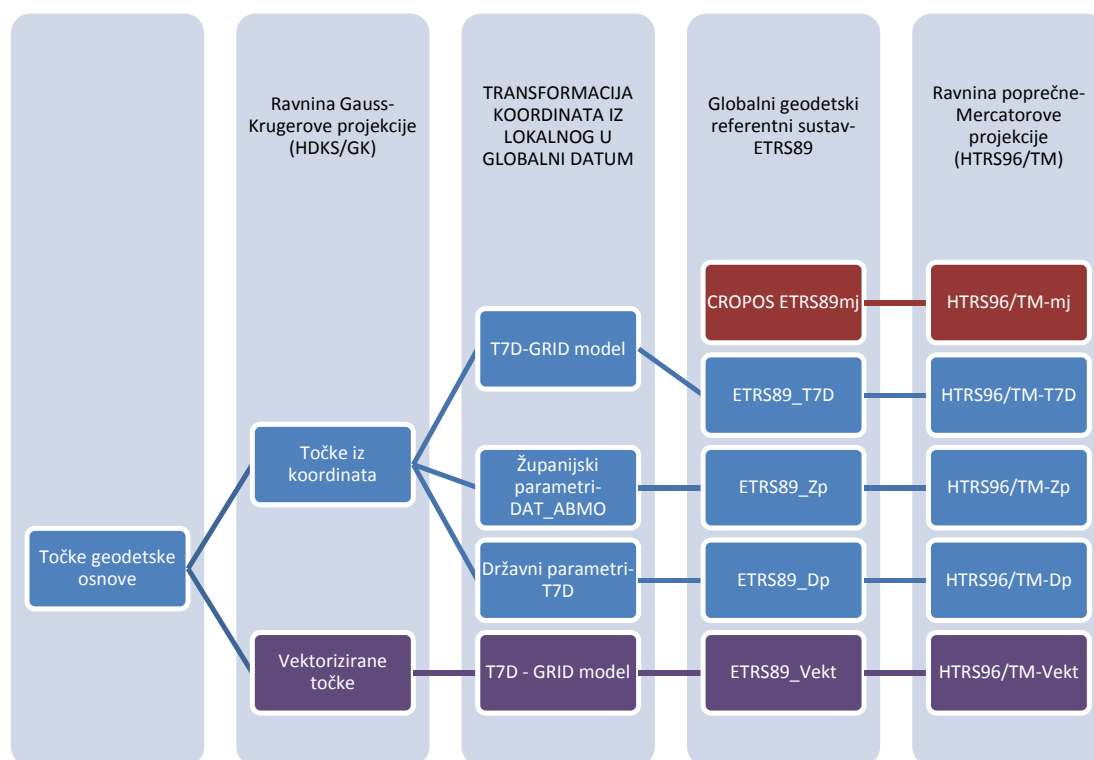
Pošto su sve točke mjerene u najmanje tri sesije, konačne koordinate točaka su formirane težinskom sredinom, a *Tablica 1* prikazuje ocjenu točnosti tako dobivenih nepoznanica. *Slika 3* prikazuje korištene podatke u analizi, a koordinate koje su dobivene izmjerom su označene s HTRS96/TM-mj.

*Tablica 1. Minimalna, maksimalna i srednja standardna odstupanja koordinata nepoznanica*

	<i>N (m)</i>	<i>E (m)</i>	<i>h (m)</i>
<i>Min</i>	0.001	0.000	0.001
<i>Max</i>	0.009	0.004	0.028
<i>Sredina</i>	0.002	0.001	0.010

## 3.2 Geodetska osnova k.o. Topusko

Numerička izmjera k.o. Topusko je provedena s ukupno 270 točaka geodetske osnove spojene na trigonometrijsku mrežu HDKS-a i na repere starog visinskog sustava (HVRS1875). Mjerilo katastarskog plana k.o. Topusko je 1:1000 te se stoga točnost izmjere kreće u intervalu od  $\pm 10$  cm. U ovom radu su analizirane samo točke geodetske osnove ne i detalji katastarskog plana. Koordinate geodetske osnove su preuzete iz tehničkog dijela katastarskog operata te su prenesene u digitalni oblik i kao takve predstavljaju ulazne podatke analize. Pomoću njih se došlo do tri skupa HTRS96/TM koordinata (Slika 3).



Slika 3. Korišteni skup podataka analize

### 3.2.1 HTRS96/TM-T7D

*HTRS96/TM-T7D* koordinate su dobivene direktnom transformacijom, pomoću *Jedinstvenog transformacijskog modela*, ravninskih Gauss-Krügerovih koordinata geodetske osnove u nove ravninske koordinate HTRS96/TM sustava. Na *Slici 3* je taj skup koordinata označen s *HTRS96/TM-T7D*.

### 3.2.2 HTRS96/TM-Zp

*HTRS96/TM-Zp* koordinate su dobivene na način da su ravninske koordinate geodetske osnove konvergirane u elipsoidne koordinate starog datuma pomoću *Jedinstvenog transformacijskog modela*. Nakon toga su stare elipsoidne koordinate transformirane u elipsoidne koordinate novog sustava (ETRS89\_Zp) pomoću *Županijskih parametara (Zp)* te projicirane u ravninu nove projekcije (*HTRS96/TM-Zp*). Županijski parametri Sisačko-moslavačke županije su preuzeti iz DAT\_ABMO programa, koji je još uvijek službeni

program za transformaciju koordinata iz HDKS-a u HTRS96 (ETRS89) sustav i obrnuto (Tablica 2).

Tablica 2. Županijski parametri Sisačko-moslavačke županije (HDKS→ETRS89)

<i>ŽUPANIJSKI PARAMETRI (Zp) – DAT ABMO</i>	
T <sub>X</sub> (m)	529,4533
T <sub>Y</sub> (m)	151,7769
T <sub>Z</sub> (m)	470,4923
R <sub>X</sub> (")	-5",319463
R <sub>Y</sub> (")	-2",404593
R <sub>Z</sub> (")	11",734044
D (ppm)	-2,430907

Svi županijski i ostali parametri koji su publicirani u predmetu *Osnovna GPS mreža Republike Hrvatske i upute za korištenje transformacijskih parametara za transformaciju koordinata između HDKS-a i ETRS89-a* (DGU 2003) su dani za smjer transformacije iz ETRS89 u HDKS sustav. Pošto se je u analizi koordinata ovog rada koristio obrnuti smjer transformacije, iz HDKS-a u ETRS89 (HTRS96) sustav, svim parametrima je okrenut (promijenjen) predznak. Također, kako je već napomenuto, korištena je 7-parametarska Helmertova transformacija, transformacija Koordinatnog okvira (*Coordinate frame transformation*) u sklopu softverskog programa ArcMap. Svi parametri koji su publicirani u gore navedenom predmetu su definirani za transformaciju *Koordinatnog okvira*, a ne *Vektora položaja*.

### 3.2.3 HTRS96/TM-Dp

*HTRS96/TM-Dp* koordinate su također dobivene na način da su ravninske HDKS/GK koordinate prvo konvergirane u geodetske elipsoidne koordinate HDKS sustava pomoću T7D programa, a potom transformirane u HTRS96 sustav pomoću *Državnih parametara Jedinственog transformacijskog modela*, a za smjer iz HDKS-a u ETRS89.

Tablica 3. Državni parametri Jedinственog transformacijskog modela (HDKS→ETRS89)

<i>DRŽAVNI PARAMETRI (Dp) – Jedinственi transformacijski model</i>	
T <sub>X</sub> (m)	546,60923
T <sub>Y</sub> (m)	162,32734
T <sub>Z</sub> (m)	469,48444
R <sub>X</sub> (")	-5",90493
R <sub>Y</sub> (")	-2",074274
R <sub>Z</sub> (")	11",509986
D (ppm)	-4,44107

### 3.2.4 HTRS96/TM-Vekt

Pregledom digitalnih podataka se uvidjelo da se prilikom vektorizacije plana nisu vektorizirale točke geodetske osnove. Sve točke osnove (262), koje se nalaze unutar katastarske općine su vektorizirane, te je napravljena analiza rezultata u HDKS/GK (y, x) projekcijskom sustavu. Također, napravljena je analiza i u novom projekcijskom sustavu

HTRS96/TM (E, N), ali samo za izmjereni skup od 13 točaka. Vektorizirane točke predstavljaju jedan od pet skupova podataka (*HDKS/TM-Vekt*), *Slika 3*.

#### 4. ANALIZA PODATAKA

Analiza u ovom radu je provedena na HTRS96/TM koordinatama. HTRS96/TM projekcijski referentni koordinatni okvir proizlazi iz ETRS89 sustava čije su elipsoidne koordinate ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ) konvergirane u ravninske koordinate nove poprečne-Mercatorove projekcije (E, N). Poprečna-Mercatorova projekcija (eng. *Transverse-Mercator*) je zapravo Gauss-Krügerova projekcija, samo što se ne sastoji od dvije već od jedne zone preslikavanja. *Tablica 4* prikazuje parametre nove projekcije u formi kojom se definira u komercijalnim softverima.

*Tablica 4. Parametri nove kartografske projekcije (HTRS96/TM)*

<i>HTRS96/TM (ETRS89/TM)</i>	
Projekcija:	Transverse Mercator
False Easting (m):	500000.000
False Northing (m):	0.000
Centralni Meridijan (deg):	16.5
Mjerilo preslikavanja:	0.9999
Geod. širina ishodišta (deg):	0
Datum:	ETRS89_1989

Treba napomenuti da se prilikom analize nije uzimala u obzir visinska komponenta složenog referentnog koordinatnog sustava Republike Hrvatske, odnosno nisu se analizirale normalno-ortometrijske visine (H) starog (HVR51875) niti novog (HVR571) visinskog referentnog sustava.

##### 4.1 Analiza vektoriziranih točaka geodetske osnove

Analiza vektoriziranih točaka je provedena na starim ravninskim koordinatama točaka geodetske osnove (262 točke). Vektorizirane točke osnove (IMA) su uspoređene s točkama geodetske osnove iz koordinata (TREBA). Cilj analize je bilo dobiti informaciju kolika se teoretska razlika može očekivati između katastarskih podataka koji su digitalizirani (*Digitalizirani katastarski plan*) i onih koji se vode na temelju koordinata numeričkih podataka izmjere (*Digitalni katastarski plan*).

*Tablica 5. Statistika koordinatnih razlika između numeričkih podataka izmjere i vektoriziranih podataka u starom projekcijskom RKS-u*

	<i>dy (m)</i>	<i>dx (m)</i>	<i>d (m)</i>
<i>Min</i>	-0.40	-0.39	0.01
<i>Max</i>	0.49	0.47	0.52
<i>Raspon</i>	0.89	0.86	0.51
<i>Sredina</i>	0.10	-0.01	0.20
<i>St. odstupanje</i>	0.13	0.16	0.11

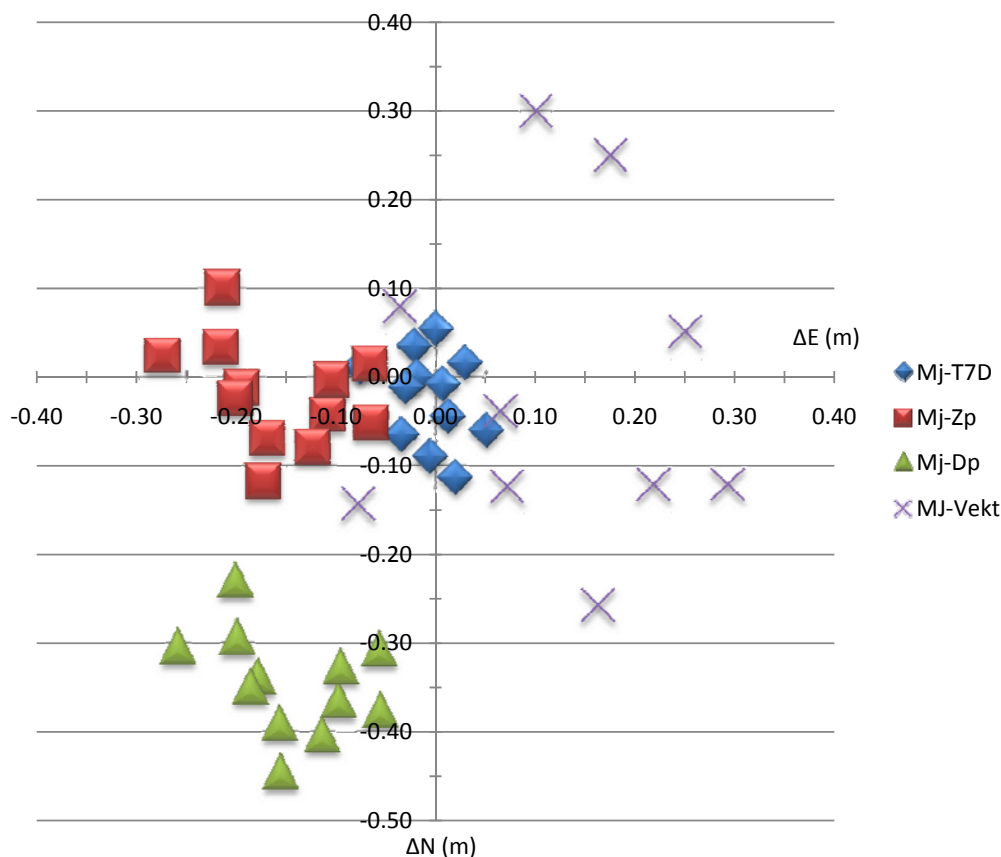
*Tablica 5*, osim koordinatnih razlika po osima ravnine projekcije, prikazuje i udaljenost koja je izračunata iz razlika koordinata. Iz dobivenih vrijednosti je vidljivo da je standardno odstupanje koordinata skoro na razini točnosti katastarskog plana, ali i da je potreban stanoviti



oprez prilikom korištenja vektoriziranih podataka kao ulaznih prilikom datumske transformacije.

## 4.2 Analiza mjerenih i transformiranih koordinata

Analiza koordinata geodetske osnove k.o. Topusko je provedena u ravnini nove projekcije (HTRS96/TM). Iz početnog skupa od 13 točaka jedna je točka geodetske osnove izbačena (pt 40) jer je razlika između mjerene vrijednosti i transformirane (T7D) iznosila po pola metra duž svake osi, te se je zaključilo da je stabilizacija točke nepouzdana, odnosno da je točka vjerojatno pomaknuta.



Slika 4. Razlike koordinata u novom projekcijskom referentnom sustavu

Kako je već navedeno, definitivne vrijednosti koordinata mjerenih CROPOS sustavom su uzete kao TREBA koordinate. Preostala četiri skupa su transformirana na način objašnjen u prethodnom poglavlju. Slika 4 prikazuje razlike ( $TREBA_{Mj} - IMA_{Tran}$ ) duž koordinatnih osi ( $\Delta E$ ,  $\Delta N$ ) koje su dobivene za skup od 12 točaka.

Razlike koordinata dobivene za skup *Mj-T7D* se kreću unutar 10 cm po osima čime je napravljen znatan pozitivan pomak u odnosu na podatke koji su dobiveni isključivo pomoću 7 parametara *Jedinstvenog transformacijskog modela*. Standardno odstupanje udaljenosti koja je dobivena iz tih razlika je na razini od  $\pm 3$  cm (Tablica 6). Također, ako se usporede podaci *Mj-T7D* i *Mj-Dp*, jasno je koliko model *Jedinstvenog transformacijskog modela* pridonosi poboljšanju položajne točnosti koordinata.

Iz Tablice 6 je vidljivo da je preciznost podataka, dobivenih vektorizacijom, tri puta lošija od onih koji su transformirani iz koordinata.

Tablica 6. Udaljenosti dobivene iz razlika koordinata mjerenih i transformiranih točaka

	<i>d Mj-T7D (m)</i>	<i>d Mj-Zp (m)</i>	<i>d Mj-Dp (m)</i>	<i>d Mj-Vekt (m)</i>
<i>Min</i>	0.011	0.067	0.305	0.076
<i>Max</i>	0.115	0.274	0.473	0.317
<i>Raspon</i>	0.104	0.207	0.167	0.241
<i>Sredina</i>	0.056	0.170	0.381	0.222
<i>St.odstupanje</i>	0.031	0.065	0.047	0.096

## 5. ZAKLJUČAK

*Jedinstveni transformacijski model* je izvrstan model za transformaciju prostornih podataka katastra. U sljedećem periodu je potrebno prilagoditi *Jedinstveni transformacijski model*, odnosno *Model distorzije* za upotrebu u komercijalnim softverima kroz već implementirane GRID transformacijske modele (*NADCON*, *NTv2*). Time bi se omogućilo transformiranje prostornih objekata katastra (točka, linija i poligon), a ne samo točkastih vrijednosti.

Svakako treba uzeti u obzir da se transformacijom ne bi smjeli kvariti prostorni podaci te iz napravljene analize slijedi da najviše pažnje treba posvetiti ulaznim podacima. Zbog navedenog je potrebno razlikovati dvije skupine ulaznih podataka katastra, odnosno dva različito dobivena katastarska plana, a to su Digitalni (iz koordinata) i Digitalizirani (vektorizirani) katastarski plan. Svaki katastarski plan bi trebao imati, u sklopu metapodataka, atribut koji bi korisnike informirao o nastanku digitalnog plana.

U Hrvatskom geodetskom institutu se u sklopu nastavka analize digitalnog (digitaliziranog) katastarskog plana planiraju sljedeći radovi:

- Analiza međnih i detaljnih točaka katastarske općine Topusko,
- Drugo ponavljanje GNSS mjerenja na točkama geodetske osnove k.o. Topusko,
- Testiranje drugih metoda izmjere i obrade podataka GNSS mjerenja (obrada podataka pomoću virtualnih referentnih točaka, *StopandGo* metoda izmjere, analiza ovisnosti preciznosti mjerenih veličina o udaljenosti od referentnih stanica CROPOS sustava),
- Analiza visinske komponente geodetske osnove,
- Analiza podataka homogenih polja novih katastarskih izmjera.

*Jedinstveni transformacijski model*, implementiran u neki od komercijalnih softvera, je model koji će bitno pojednostaviti postupak datumske transformacije prostornih podataka između starog i novog položajnog referentnog koordinatnog sustava. Bitna značajka modela je da se njegovim korištenjem postiže puno bolja točnost i homogenost transformiranih podataka.

## 6. LITERATURA

Bašić T. (2009): Jedinstveni transformacijski model i novi model geoida Republike Hrvatske, Izvješće o znanstveno-stručnim projektima, 2006.-2008. godine, Državna geodetska uprava, Zagreb.

Bašić T., Šljivarić M., Buble G., (2006): Jedinstveni transformacijski model HTRS96/HDKS, Izvješća o znanstveno-stručnim projektima iz 2004.-2005. godine, Državna geodetska uprava, Zagreb.

Bosiljevac, M. (2009): Implementacija novih službenih geodetskih datuma i kartografskih projekcija RH, 1. CROPOS konferencija, Zagreb, 8. - 9.6.2009., Zbornik radova, HGD, DGU, Zagreb, str. 139-152.

DGU (2009): Pravilnik o izvođenju osnovnih geodetskih radova, Državna geodetska uprava, Zagreb.

- DGU (2003): Osnovna GPS mreža Republike Hrvatske i upute za korištenje transformacijskih parametara za transformaciju koordinata između HDKS-a i ETRS89-a, Državna geodetska uprava, Zagreb.
- DZNM (2008): HRN EN ISO 19111:2008 en; Geoinformacije – Prostorno referenciranje koordinatama, Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, Zagreb.
- Hećimović Ž. (2008): Upute za transformaciju podataka u vektorskom i rasterskom formatu primjenom sedam-parametarske transformacije i FME programskog paketa, v.1.0, Hrvatski geodetski institut, Zagreb.
- Rožić N. (2009): Hrvatski transformacijski model visina, Izvješće o znanstveno-stručnim projektima, 2006.-2008. godine, Državna geodetska uprava, Zagreb.

URL 1. Kartografije.nl,

<http://www.kartografije.nl/geometrics/Coordinate%20transformations/body.htm>

(30.12.2009.).

**Summary:** *By government decision, the Republic of Croatia has defined a new reference coordinate system of cartographic projection (HTRS96/TM) which until 2010 had to enter into an official use. Connection between old and new reference system is implemented using unique transformation model. In the Republic of Croatia are approximately 25% of cadastral maps made by numerical methods of survey (polar and orthogonal) where base for surveying were triangulation network developed in the old official positional reference coordinate frame (HDKS). These surveys were, in the main range, made in the interval from 50<sup>th</sup> to 70<sup>th</sup> of the last century. The accuracy of these surveys is adjusted to the scales of cadastral plans but in general one can say that is in the interval of approximately  $\pm 10$  cm. Preliminary analysis was made for cadastral district Topusko. Numerical survey of cadastral district Topusko was made from 270 points of general control network. Chosen points (10 points of general control network + 3 points of trigonometrical network) are then expressed in the new positional datum (ETRS89) in two different ways. The first way to determine the coordinates in the HTRS96 (ETRS89) system was made by coordinate transformation of old coordinates, expressed in HDKS/GK using a unique transformation model. Second way of coordinate determination was made by field measurements with highly precision position service (VPPS) of CROPOS system. The results, obtained by two different data sets, are compared and assessment of applicability of unique transformation model is made.*

*Key words: DKP, unique transformation model, HTRS96, ETRS89*