

UDK 528.9:93(497.5)
Stručni članak / Professional paper

20. obljetnica novih službenih kartografskih projekcija u Hrvatskoj

Miljenko LAPAINE – Zagreb¹

SAŽETAK. Poprečna Mercatorova projekcija (HTRS96/TM) postala je službena državna projekcija u Republici Hrvatskoj 2004. godine. Ovaj pregled daje osnovne podatke o izboru i uvođenju te projekcije. Na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu počelo se početkom 2000. godine raditi na projektu “Geodetski i kartografski datumi Republike Hrvatske”. Jedan od triju podprojekata bio je “Prijedlog službenih kartografskih projekcija Republike Hrvatske”. Odluku o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i kartografskih projekcija Republike Hrvatske objavljena je u Narodnim novinama 2004. godine. Prema toj Odluci koordinatni sustav poprečne Mercatorove projekcije – skraćeno HTRS96/TM, sa srednjim meridijanom 16°30' i faktorom lokalnog mjerila duljina na srednjem meridijanu 0,9999 postao je projekcijskim koordinatnim sustavom Republike Hrvatske za područje katastra i detaljne državne topografske kartografije. U članku se opisuju aktivnosti koje su poduzimane za uvođenje nove projekcije, daju osnovna svojstva toga projekcijskog sustava i navode osnovne razlike prema prethodnom Gauss-Krügerovom sustavu, neslužbeno poznatom kao HDKS.

Ključne riječi: Gauss-Krügerova projekcija, poprečna Mercatorova projekcija, HTRS96/TM, HTRS96/LCC.

1. Uvod

Pri izboru projekcije nemoguće je propisati jedinstvena pravila koja bi dovela do jedinstvenog rješenja zadatka. Međutim, pridržavanjem nekih načelnih postavki može se krug mogućih projekcija postepeno sužavati i svesti na nekoliko varijanti (Peterca i dr. 1974).

Uspješan izbor projekcije neke karte ovisi prije svega o detaljnom poznavanju njezine namjene. Pritom se misli na svrhu izrade, tko će biti njezin korisnik i

¹ prof. emer. dr. sc. Miljenko Lapaine, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: miljenko.lapaine@geof.unizg.hr

način upotrebe. O namjeni također ovise mjerilo, dimenzije i ostali matematički elementi karte. Kad je namjena potpuno određena i proučena, podređuju joj se sva daljnja izučavanja koja se mogu usmjeriti na geografske i matematičke aspekte izbora. Treba odmah reći da se ni jedan od tih aspekata ne može promatrati odvojeno, već zajedno čine predmet analize. Oni se neprekidno međusobno isprepliću i jedan drugoga dopunjavaju. Kao primjer mogu se uzeti linije kartografske mreže. Usko gledajući, za matematičare je to grafički prikaz nekih matematičkih funkcija. Za geografе, međutim, ta ista mreža nije samo običan matematički element, već predstavlja bit geografske orijentacije. Uvijek treba imati na umu da je mreža meridijana i paralela najvažnije sredstvo za brzo i lako orijentiranje na Zemljinoj površini. Sve naše predodžbe o geografskom položaju vezane su za tu mrežu.

Lambert (1772) je još u 18. stoljeću sazeo mišljenja koja su tada prevladavala o svojstvima kartografskih projekcija, i to na ovako jezgrovit način:

„Suvremena geografska karta mora zadovoljavati sljedeće uvjete:

1. da ne unakazi oblik zemlje ili zemalja koje prikazuje;
2. veličine tih zemalja trebaju na karti sačuvati svoj stvarni međusobni površinski odnos;
3. razmaci između naseljenih mjesta trebaju zadržati odnos njihovih stvarnih udaljenosti;
4. sve što na Zemljinoj površini leži na pravcu, odnosno leži na najvećem luku sfere, treba i na karti ležati na pravcu, i
5. karta treba omogućiti određivanje geografske širine i duljine svake točke.

Zbog sfernog oblika Zemljine površine, ne mogu se istovremeno zadovoljiti svi uvjeti, već se mora izdvojiti jedan ili više njih i dati im prednost nad drugima.“

Takvi Lambertovi uvjeti i danas odražavaju suštinu uvjeta koji se postavljaju kartografskim projekcijama. Oni bi se mogli definirati kao uvjeti konformnosti, ekvivalentnosti, ekvidistantnosti i geografske sličnosti. Danas ne postoje velike dileme kod izbora projekcije za topografske i pregledne topografske karte. S obzirom na specifične uvjete koje treba zadovoljiti, izbor je ograničen na svega nekoliko projekcija.

Kod izbora projekcije za karte mjerila sitnijeg od 1:1 000 000 postoji veća mogućnost izbora, ovisno o namjeni karte, geografskom položaju i konfiguraciji područja, veličine područja, itd. Široki izbor postoji kod određivanja projekcije karata većih dijelova Zemlje, Zemljinih polusfera i cijele Zemljine površine.

Za karte sa specijalnom namjenom, kao što su primjerice pomorske karte, upotrebljava se Mercatorova projekcija. Kod izrade zrakoplovnih navigacijskih karata još se upotrebljavaju konformne konusne projekcije. Za posebne ciljeve aeronavigacije i za seizmološke karte primjenjuje se Postelova kosa azimutalna projekcija koja je ekvidistantna, i to tako što se centralna točka projekcije poklapa sa zračnom lukom ili seizmološkom stanicom. U tom slučaju se daljine i azimuti mjereni iz središnje točke ne deformiraju.

Za fizičke, geološke i karte sličnih namjena, prednost imaju projekcije bez

površinskih deformacija. Za geofizičke (seizmološke, gravimetrijske, geomagnetske i druge dinamičke pojave) prednost imaju projekcije bez deformacija kutova, ili, pak, ekvidistantne.

Državnoj geodetskoj upravi predložen je znanstveno-stručni projekt *Izbor državne kartografske projekcije* 1994., 1995., 1997. i 1998. godine. Početkom siječnja 2000. potpisan je ugovor između Državne geodetske uprave Republike Hrvatske i Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu o izradi projekta “Geodetski i kartografski datumi Republike Hrvatske”. Jedan od tri podprojekata bio je “Prijedlog službenih kartografskih projekcija Republike Hrvatske” (Lapaine 2000), a u cilju donošenja toga prijedloga trebalo je:

- Analizirati postojeće kartografske projekcije u Republici Hrvatskoj te odnos tih projekcija prema novim tehnologijama u geodeziji.
- Uvažavati preporuke i iskustva međunarodnih tijela i udruženja za prijedlog službenih kartografskih projekcija.
- Prijedlog službenih kartografskih projekcija maksimalno prilagoditi nacionalnim interesima i potrebama za definiranje geodetskog prostornog sustava Republike Hrvatske.
- Jednoznačno definirati kartografske projekcije u odnosu na postojeće kartografske projekcije u Hrvatskoj, ali i globalne svjetske projekcijske sustave.
- Predložiti način i dinamiku uvođenja službenih kartografskih projekcija.
- Analizirati predloženi način i dinamiku uvođenja glede ukupnih troškova uspostave službenih kartografskih projekcija u Republici Hrvatskoj.

Javna prezentacija toga podprojekta, zajedno s druga dva koja su se bavila pitanjem položajnog i visinskog datuma, održana je 17. travnja 2000. Prethodno je Državna geodetska uprava imenovala *Krovno povjerenstvo za datume i projekcije*, koje je također razmatralo sva tri prijedloga.

2. Ispitivanje pojedinih projekcija za državnu izmjeru i službene karte Hrvatske

2.1. Izbor projekcije za potrebe državne izmjere

Projekcija za potrebe državne izmjere bira se prema sljedećim zahtjevima (Frančula 1974):

1. uz zadanu točnost potrebno je obuhvatiti što je moguće veće područje preslikavanja, odnosno zadano područje obuhvatiti s minimalnim brojem koordinatnih sustava; jednako je važno da duljina granične linije između koordinatnih sustava bude što kraća;
2. računanje i uzimanje u obzir deformacija kutova i dužina i računanja redukcije pravaca iz dužina treba biti što jednostavnije;

3. u računanju trigonometrijske mreže 4. reda i u većini praktičnih geodetskih i topografskih radova moraju deformacije projekcije biti zanemarive;
4. traži se što je moguće veća jednoobraznost u svim računanjima neovisno o koordinatnim sustavima.

Pri izboru projekcije za potrebe državne izmjere posebno je važno da su na što je moguće većem području preslikavanja deformacije dužina, površina i kutova u većini praktičnih geodetskih radova zanemarive. Može se reći da su navedene deformacije zanemarive ako iz pravokutnih koordinata u danoj projekciji izračunane duljine, površine i kutovi bez ikakvih popravaka možemo smatrati jednakim odgovarajućim elementima na elipsoidu. Ili drugim riječima, ako izmjerene duljine i kutove na terenu bez popravaka zbog deformacija projekcije možemo upotrijebiti za kartiranja i računanja u ravnini po formulama ravne trigonometrije.

Točnost projekcije mora biti veća od točnosti mjerenja u nižoj geodeziji, odnosno od točnosti poligonske mreže i triangulacijske mreže 4. reda, ako želimo da kod tih i srodnih geodetskih radova ne moramo voditi računa o deformacijama projekcije. U poligonskoj mreži strane se mjere sa srednjom relativnom pogreškom otprilike 1:3000. Stoga, ako uzmemo da točnost projekcije bude 1:10 000 onda je očito da se takve deformacije mogu prihvatiti, jer su oko tri puta manje od pogreške mjerenja u poligonskoj mreži.

Do istog zaključka dolazimo i razmatranjem točnosti mjerenja kutova u triangulacijskoj mreži 4. reda.

Kada je potrebno upotrijebiti više koordinatnih sustava, da bi se obuhvatilo zadano područje treba uzeti u obzir sve prije navedene kriterije. Istraživanja i dosadašnja praksa pokazuju da je tada u velikoj većini slučajeva Gauss-Krügerova projekcija najpovoljnija. U Gauss-Krügerovoj projekciji srednji meridijan se preslikava kao pravac kojeg je svaki dio jednak (ili stoji u konstantnom odnosu prema) odgovarajućem dijelu luka glavnog meridijana na elipsoidu. Deformacije ovise pretežno o udaljenosti od srednjeg meridijana pa se područje svakog koordinatnog sustava ograničenog dvama meridijanima proteže od južnog do sjevernog pola. Uz točnost od 1:2500 može se sa 60 sustava ($Dl=6^\circ$) obuhvatiti čitava Zemlja.

Velika vrijednost Gauss-Krügerove projekcije je i u potpunoj jednoobraznosti svih računanja neovisno o koordinatnom sustavu. Npr. u Lambertovoj konusnoj projekciji u svakom sustavu omeđenom s dvije paralele konstante projekcije bit će različite. I u stereografskoj projekciji zbog različitih širina ishodišta pojedinih koordinatnih sustava računanja u raznim sustavima neće biti jednoobrazna.

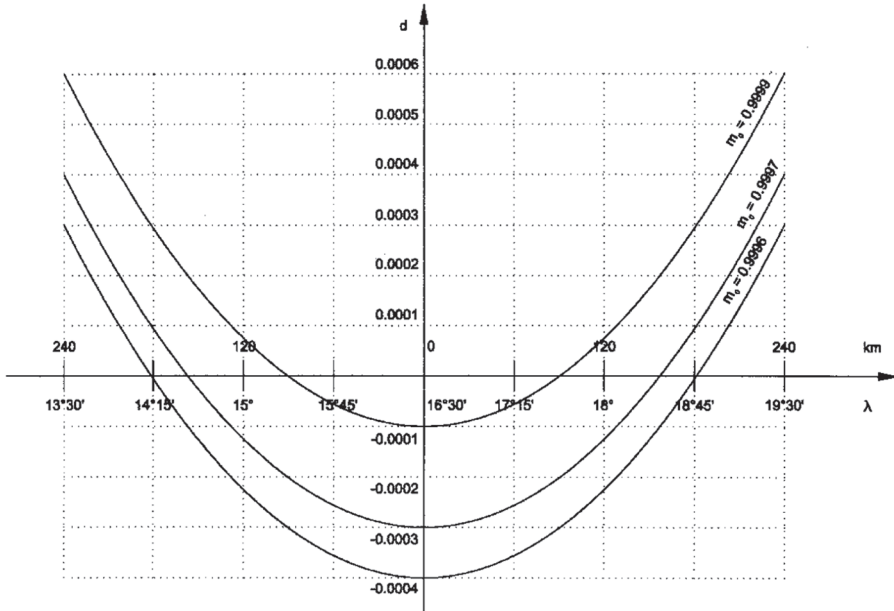
Iako je sve dosad navedeno u ovome poglavlju na prvi pogled prihvatljivo, ipak se mora uočiti veliko inzistiranje na jednostavnosti računanja. Što jednostavnije računanje bilo je zaista važno u prošlosti kad se radilo s logaritamskim tablicama ili raznim drugim mehaničkim pomagalima. Međutim, u današnje doba tome pitanju treba pristupiti na drugačiji način. Na primjer, jesu li konstante projekcije u jednoj zoni jedne, a u drugoj druge, to je računala zaista svejedno. Zahtjevi navedeni pod rednim brojem 2 i 4 nisu posebno važni i ne bi im trebalo posvećivati naročitu pozornost.

I zahtjev pod rednim brojem 3 također se odnosi na jednostavnost računanja. Koliko je ona u današnje vrijeme neophodna, veliko je pitanje. Stoga ostaje na snazi samo zahtjev pod brojem 1, da je uz zadanu točnost potrebno obuhvatiti što je moguće veće područje preslikavanja, odnosno zadanu područje obuhvatiti s minimalnim brojem koordinatnih sustava. A jednako je važno da duljina granične linije između koordinatnih sustava bude što kraća.

Na temelju provedenih istraživanja zaključeno je:

1. Najprije uočimo da je sustav UTM (Universal Transverse Mercator) za područje Hrvatske vrlo nepovoljan jer ju dijeli na dva dijela koja su nesimetrična, odnosno različitih veličina. Osim toga, taj je sustav i zbog rasporeda deformacija nepovoljan za državnu izmjeru Hrvatske. Za primjenu toga sustava na samu Hrvatsku nema opravdanja. Njezina primjena imat će smisla onda, kad postane službenom projekcijom čitave Europe, ili bar njenog većeg dijela.
2. Ukoliko se inzistira na točnosti od 0,0001 tada se, ako se razmišlja na uobičajeni način, čini da za područje Hrvatske to nije moguće postići sa samo jednim koordinatnim sustavom, nego da su potrebna dva sustava, odnosno da Hrvatsku treba podijeliti na dvije zone. U obzir dolaze dvije projekcije. Gauss-Krügerova s meridijanskim zonama širine 3° i linearnim mjerilom na srednjem meridijanu svake zone 0,9999. Druga mogućnost je primjena Lambertove konformne konusne projekcije s dvije zone: južnom približno između paralela $42^\circ 30'$ i $44^\circ 30'$ i sjevernom približno između paralela $44^\circ 30'$ i $46^\circ 30'$. Pri odabiru jedne ili druge projekcije treba najprije uočiti da su im svojstva glede rasporeda deformacija i složenosti računanja približno jednaka. Međutim, ako se izračuna duljina granične linije između koordinatnih sustava, tada se lijepo može vidjeti da je ta duljina oko 2,5 puta veća kod Gauss-Krügerove projekcije. Dakle, prednost bi trebalo dati Lambertovoj konformnoj konusnoj projekciji.
3. Uočimo da se ipak može postići točnost od 0,0001 i ako bismo čitavu Hrvatsku kartirali u jednoj ravnini projekcije, primjerice u Gauss-Krügerovoj projekciji pri kojoj je srednji meridijan $16^\circ 30'$, a linearno mjerilo uzduž njege 0,9999. U toj su projekciji linearne deformacije manje od 0,0001 na području koje se prostire 127 km istočno i zapadno od srednjeg meridijana. To je projekcija kod koje je područje unutar kojeg su deformacije manje od 0,0001 najveće moguće (slika 1). Pri izmjeri u tom području zaista se mogu rabiti formule ravne trigonometrije. Pri izmjeri izvan toga područja može se postupati na nekoliko načina:
 - računati po formulama sferne ili elipsoidne geometrije
 - računati po formulama geometrije ravnine, ali uzimajući u obzir deformacije projekcije na uobičajeni način
 - računati po formulama geometrije ravnine, ali uzimajući u obzir deformacije projekcije na način koji je predložio Abakumov (1942), uvodeći pomoćna linearna mjerila za dotično područje

- računati po formulama geometrije ravnine, uzimajući za srednji meridijan odgovarajući meridijan koji prolazi područjem izmjere ili drugim riječima izvesti izmjeru u lokalnom koordinatnom sustavu, a zatim rezultate transformirati u državni koordinatni sustav.



Slika 1. Prikaz ovisnosti linearnih deformacija pri Gauss-Krügerovoj projekciji o udaljenosti od srednjeg meridijana uz različita linearna mjerila na srednjem meridijanu (Lapaine 2000).

Budući da su u današnje vrijeme računanja nešto čega se ne treba previše bojati, logično je bilo zamijeniti dotadašnje stanje s dvije zone jednom zonom, odnosno samo jednim koordinatnim sustavom za potrebe hrvatske državne izmjere.

2.2. Izbor projekcije za izradu topografskih karata

U svijetu su opće prihvaćeni kriteriji za izradu topografskih karata i prema njima projekcija za izradu topografskih karata treba ispunjavati sljedeće zahtjeve (Frančula 1974):

- da je uz zadanu točnost projekcije moguće sa što manjim brojem koordinatnih sustava obuhvatiti zadanu područje;
- da je projekcija pogodna za kontinuirano prostiranje preko velikih dijelova

Zemljine površine;

- c) točnost projekcije treba biti 1:1000;
- d) projekcija treba biti konformna, jer točnost gađanja artiljerijskim oružjem mnogo više ovisi o pogrešci u kutu nego o pogrešci u dužini;
- e) projekcija treba biti pogodna za jedinstveno označavanje pravokutnih koordinata u svim sustavima (zonama).

Tim zahtjevima moguće je dodati još dva dodatna:

- f) formule, odnosno tablice, za transformaciju koordinata između koordinatnih sustava trebaju biti neovisne o koordinatnom sustavu;
- g) konvergencija meridijana ne smije biti veća od 5°.

Navedeni zahtjevi gotovo su potpuno identični sa zahtjevima koji se postavljaju pri izboru projekcije za izradu topografskih karata za sve ostale, odnosno civilne potrebe. Jedina razlika je u točnosti projekcije. Dok vojne potrebe zadovoljava točnost 1:2500, za mnoge druge zadatke traži se točnost 1:10 000. Ta razlika u točnosti ne utječe na izbor projekcije, već o njoj ovisi samo moguća veličina područja preslikavanja.

Topografske karte moraju poslužiti i za izvođenje preciznih kartometrijskih radova pa je potrebno:

- h) da izabrana projekcija omogućuje lako otkaljanje utjecaja deformacija iz rezultata mjerenja na kartama.

Od konformnih projekcija navedeni zahtjevi podjednako su dobro ispunjeni u UTM projekciji, Gauss-Krügerovoj projekciji i Lambertovoj konformnoj konusnoj projekciji.

Na temelju provedenih ispitivanja, uzevši u obzir analizu postojećih kartografskih projekcija u Republici Hrvatskoj, uvažavajući preporuke i iskustva međunarodnih tijela i udruženja, uzevši maksimalno u obzir nacionalne interese i potrebe za definiranje geodetskog prostornog sustava Republike Hrvatske predložene su sljedeće službene kartografske projekcije (Lapaine 2000):

CIVILNE KARTE		VOJNE KARTE	
Topografske, topografsko-katastarske karte	Zrakoplovne karte	Pomorske karte	Topografske karte
Poprečna Mercatorova (Gauss-Krügerova), bez podjele na zone sa srednjim meridijanom 16°30' i linearnim mjerilom na srednjem meridijanu 0,9999 za karte u mjerilu 1:300 000 i krupnijim mjerilima	Poprečna Mercatorova (Gauss-Krügerova), bez podjele na zone sa srednjim meridijanom 16°30' i linearnim mjerilom na srednjem meridijanu 0,9999 za karte u mjerilu 1:300 000 i krupnijim mjerilima	Poprečna Mercatorova (Gauss-Krügerova), bez podjele na zone sa srednjim meridijanom 16°30' i linearnim mjerilom na srednjem meridijanu 0,9999 za hidrografsku izmjeru i karte u mjerilu 1:50 000 i krupnijim mjerilima	UTM 6°-stupanjskih zona, za područje Hrvatske dvije zone sa srednjim meridijanima 15° i 21° te linearnim mjerilom na srednjem meridijanu 0,9996 za mjerila 1:50 000, 1:250 000 i 1:1 000 000
Lambertova konformna konusna s dvije standardne paralele $\varphi_1 = 43^{\circ}05'$ i $\varphi_2 = 45^{\circ}55'$ za karte u mjerilu 1:500 000 i sitnijim mjerilima	Lambertova konformna konusna s dvije standardne paralele $\varphi_1 = 43^{\circ}05'$ i $\varphi_2 = 45^{\circ}55'$ za karte u mjerilu 1:500 000, odnosno prema preporukama ICAO-a	Mercatorova s konstrukcijskom širinom φ_0 ovisno o području kartiranja i mjerilima sitnijim od 1:50 000	Lambertova konformna konusna s dvije standardne paralele za mjerila 1:500 000 i 1:1 000 000

Sve kartografske projekcije temelje se na datumu HTRS96, odnosno HR_ETRS89 i odgovarajućem elipsoidu GRS80 u skladu s prijedlogom novoga položajnog referentnog koordinatnog sustava za Republiku Hrvatsku.

Nakon provedenih istraživanja trebalo je pripremiti potrebnu dokumentaciju neophodnu za usvajanje službenih datuma i kartografskih projekcija Republike Hrvatske. Za kartografske projekcije to je pripremio M. Lapaine sa suradnicima (Lapaine 2004).

3. Kartografska projekcija HTRS96/TM

Na temelju članka 9. stavka 2. Zakona o državnoj izmjeri i katastru nekretnina (Narodne novine 1999) Vlada Republike Hrvatske je na sjednici održanoj 4. kolovoza 2004. godine, donijela *Odluku o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske*. Ta je Odluka objavljena pod brojem 2107 u Narodnim novinama (Narodne novine 2004), a stupila na snagu danom donošenja.

U toj Odluci između ostaloga piše:

IV.

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

2) Koordinatni sustav uspravne Lambertove konformne konusne projekcije – skraćeno HTRS96/LCC, sa standardnim paralelama $43^{\circ}05'$ i $45^{\circ}55'$ određuje se projekcijskim koordinatnim sustavom Republike Hrvatske za područje pregledne državne kartografije.

3) Koordinatni sustavi kartografskih projekcija temelje se na hrvatskom terestričkom referentnom sustavu definiranom u točki 1. ove Odluke.

4) Za potrebe Oružanih snaga Republike Hrvatske usvaja se projekcijski koordinatni sustav univerzalne poprečne Mercatorove projekcije (Universal Transverse Mercator – UTM) sukladno Sporazumu o standardizaciji STANAG 2211, država članica NATO saveza, 5. izdanje od 15. srpnja 1991. godine.

V.

Novi službeni geodetski datumi i ravninske kartografske projekcije u službenu uporabu uvodit će se postupno.

Zadužuje se ravnatelj Državne geodetske uprave da u roku od 6 mjeseci od dana objave ove Odluke, donese program uvođenja novih službenih geodetskih datuma i kartografskih projekcija u službenu uporabu.

VI.

Zadužuje se Državna geodetska uprava da uvede nove službene geodetske datume i ravninske kartografske projekcije u službenu uporabu, najkasnije do 1. siječnja 2010. godine.

Nakon izvršenog uspoređivanja utvrđena je pogreška u *Odluci o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske* objavljenoj u Narodnim novinama 110/04 od 11. kolovoza 2004., pa se 25. kolovoza 2004. u Narodnim novinama 117/04 daje sljedeći *Ispravak Odluke o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske*:

U točki IV. podtočka 1 umjesto broja $16^{\circ}0'$ treba stajati broj $16^{\circ}30'$.

U važećem *Zakonu o geodetskoj izmjeri i katastru nekretnina* (Narodne novine 2022), a i u nekim prethodnim službenim dokumentima govori se o *ravninskoj* kartografskoj projekciji. Upotrijebljeni atribut “ravninska” potpuno je nepotreban, ali i neuobičajen kako u domaćoj tako i u svjetskoj stručnoj literaturi. Nije jasno zbog čega su predlagatelji Zakona inzistirali na tom pridjevu i dalje ga koriste, premda sam u nekoliko navrata objašnjavao da to nije ispravno.

U tablici 1 prikazane su osnovne karakteristike poprečne Mercatorove projekcije za Hrvatsku za potrebe službene katastarske i topografske kartografije u i mjerila krupnija od 1:500 000, sukladno međunarodnoj normi ISO 19111 (ISO 2003, Lapaine 2000).

Tablica 1. *Prikaz važećega referentnoga koordinatnog sustava za kartografsku projekciju u Hrvatskoj za potrebe katastra i topografske kartografije za mjerila krupnija od 1:500 000, sukladno međunarodnoj normi ISO 19111 (ISO 2003, Lapaine 2000).*

Hrvatski referentni koordinatni sustav za kartografsku projekciju HTRS96/TM	
Država	Republika Hrvatska
Oznaka države	HR
Šifra vrste koordinatnog referentnog sustava	1
Oznaka referentnog koordinatnog sustava	HR_ETRS89/TM
Alias referentnog koordinatnog sustava	HTRS96/TM
Područje primjene referentnog koordinatnog sustava	Republika Hrvatska
Primjena koordinatnog referentnog sustava	katstarska i topografska izmjera i kartografija za mjerila krupnija od 1:500 000
Oznaka datuma	ETRS89
Alias datuma	Europski terestički referentni sustav u epohi 1989,0
Tip datuma	geodetski
Ishodišna točka datuma	geocentar
Epoha realizacije datuma	1989,0
Područje valjanosti datuma	Europa
Primjena datuma	Europski datum konzistentan s ITRS u epohi 1989,0 i fiksiran kao stabilni dio Euroazijske ploče za potrebe georeferenciranja, GIS-a i geodinamičke zadaće
Napomene uz datum	Vidi: Boucher, C., Altamimi, Z., (1992): The EUREF Terrestrial Reference System and its First Realization. Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung, Heft 52, München 1992, str. 205–213
Oznaka početnog meridijana	Greenwich
Geodetska (elipsoidna) dužina početnog meridijana	0°
Napomena uz početni meridijan	geodetske (elipsoidne) dužine pozitivne prema istoku
Oznaka elipsoida	GRS80 (Geodetic Reference System 1980)
Elipsoid poznat i pod imenom	novi internacionalni
Velika poluos elipsoida	6 378 137 m
Oblik elipsoida	pravi
Inverzna spljoštenost elipsoida	298,257222101
Napomena uz elipsoid	Vidi Moritz H. (1992): Geodetic Reference System 1980. Bulletin Geodesique, The Geodesists Handbook, 1988, International Union of Geodesy and Geophysics
Oznaka koordinatnog sustava	HTRS96/TM
Tip koordinatnog sustava	koordinatni sustav u ravnini kartografske projekcije

Dimenzija koordinatnog sustava	2
Napomena uz koordinatni sustav	poprečna Mercatorova projekcija (bez podjela na zone)
Ime osi koordinatnog sustava	N
Smjer osi koordinatnog sustava	sjever
Jedinica osi koordinatnog sustava	metar
Ime osi koordinatnog sustava	E
Smjer osi koordinatnog sustava	istok
Jedinica osi koordinatnog sustava	metar
Identifikator projekcije	TM
Područje projekcije	Republika Hrvatska
Primjena projekcije	katastarska i topografska izmjera i kartografija za mjerila krupnija od 1:500 000
Naziv projekcije	poprečna Mercatorova projekcija
Projekcija poznata i pod imenom	Gauss-Krügerova projekcija
Formule za projekciju	M. Lapaine (2000)
Broj parametara projekcije	5
Napomene o projekciji	konformna poprečna cilindrična projekcija bez podjele na zone
Naziv parametra projekcije	geodetska (elipsoidna) širina ishodišta
Vrijednost parametra projekcije	0°
Napomena o parametru projekcije	ekvator
Naziv parametra projekcije	geodetska (elipsoidna) dužina ishodišta
Vrijednost parametra projekcije	16°30' istočno od Greenwicha
Napomena o parametru projekcije	istovremeno geodetska (elipsoidna) dužina srednjeg meridijana područja preslikavanja
Naziv parametra projekcije	linearno mjerilo uzduž srednjeg meridijana
Vrijednost parametra projekcije	0,9999
Napomena o parametru projekcije	
Naziv parametra projekcije	pomak u smjeru istoka
Vrijednost parametra projekcije	500 000 m
Napomena o parametru projekcije	
Naziv parametra projekcije	pomak u smjeru sjevera
Vrijednost parametra projekcije	0 m
Napomena o parametru projekcije	

Dok su kod Besselova elipsoida kao osnovni parametri bile zadane numeričke vrijednosti njegovih poluosi (ili logaritmi poluosi), kod elipsoida GRS 80 samo je velika poluosa a zadana svojom numeričkom vrijednošću. Drugi geometrijski parametar nije zadan numerički, nego nelinearnom jednadžbom. Rješenje te jednadžbe zapisano na 12 znamenaka objavio je Moritz (1992) uz napomenu da se u slučaju potrebe taj i drugi parametri mogu izračunati po odgovarajućim formulama.

Gauss-Krügerove koordinate u staroj projekciji označavale su se s Y i X . Mercatorove koordinate u novoj projekciji označavamo s E (istočno) i N (sjeverno). Treba pripaziti na razliku: N je koordinata, a N je polumjer zakrivljenosti presjeka po prvom vertikalalu.

4. Glavne razlike između koordinatnih sustava stare Gauss-Krügerove i nove poprečne Mercatorove projekcije HTRS96/TM

Računanja u “staroj” Gauss-Krügerovoj i “novoj” poprečnoj Mercatorovoj projekciji HTRS96/TM mogu se izvoditi prema istim formulama. Samo svakako treba pripaziti na razliku u primijenjenim elipsoidima. Glavne razlike između koordinatnih sustava stare Gauss-Krügerove i nove poprečne Mercatorove projekcije HTRS96/TM dajemo pregledno u tablici 2.

Tablica 2. Osnovne razlike između koordinatnih sustava stare Gauss-Krügerove i nove poprečne Mercatorove projekcije HTRS96/TM za Hrvatsku.

	Gauss-Krügerova projekcija	Poprečna Mercatorova projekcija HTRS96/TM
Elipsoid	Bessel	GRS80 (Geodetic Reference System 1980)
Oznaka referentnog koordinatnog sustava	HKDS (neslužbeno)	HR_ETRS89/TM, HTRS96
Broj zona	2 (5. i 6.)	0 (nema podjele na zone)
Srednji meridijan područja preslikavanja	Za 5. zonu 15° istočno od Greenwicha Za 6. zonu 18° istočno od Greenwicha	16°30' istočno od Greenwicha
Oznake koordinata	Y, X	E, N

Transformacija koordinata između susjednih koordinatnih sustava više nije potrebna jer je HTRS96/TM jedinstveni sustav, nema podjele na zone.

5. Zaključak

Na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu počelo se početkom 2000. godine raditi na projektu “Geodetski i kartografski datumi Republike Hrvatske”. Jedan od triju podprojekata bio je “Prijedlog službenih kartografskih projekcija Republike Hrvatske”.

Nakon provedenih istraživanja pripremljena je potrebna dokumentacija neophodna za usvajanje službenih datuma i kartografskih projekcija Republike Hrvatske. Za kartografske projekcije to je pripremio M. Lapaine sa suradnicima (Lapaine 2004).

Odluka o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske objavljena je u Narodnim novinama 2004. godine.

Prema toj Odluci koordinatni sustav poprečne Mercatorove (Gauss-Krügerove) projekcije – skraćeno HTRS96/TM, sa srednjim meridijanom 16°30' i linearnim mjerilom na srednjem meridijanu 0,9999 postao je projekcijskim koordinatnim

sustavom Republike Hrvatske za područje katastra i detaljne državne topografske kartografije.

Koordinatni sustav uspravne Lambertove konformne konusne projekcije – skraćeno HTRS96/LCC, sa standardnim paralelama $43^{\circ}05'$ i $45^{\circ}55'$ postao je projekcijskim koordinatnim sustavom Republike Hrvatske za područje pregledne državne kartografije. Prema saznanju autora ovog članka taj koordinatni sustav u proteklih 20 godina ni jedanput nije primijenjen.

Za potrebe Oružanih snaga Republike Hrvatske usvojen je projekcijski koordinatni sustav univerzalne poprečne Mercatorove projekcije (Universal Transverse Mercator – UTM) sukladno Sporazumu o standardizaciji STANAG 2211, država članica NATO saveza, 5. izdanje od 15. srpnja 1991.

ZAHVALA. Zahvaljujem prof. emer. dr. sc. Nedjeljku Frančuli i anonimnim recenzentima na korisnim primjedbama.

Literatura

- Abakumov, N. (1942): Gauss-Krügerova projekcija u primjeni na područje Nezavisne Države Hrvatske, Hrvatska državna izmjera, br. 5, 70–74.
- Frančula, N. (1974): Izbor projekcije, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 42 str.
- ISO (2003): Geographic information – Spatial referencing by coordinates, ISO 19111, International Organization for Standardization.
- Lambert, J. H. (1772): Beiträge zum Gebrauche der Mathematik und deren Anwendungen, Dritter Theil, VI. poglavlje: Anmerkungen und Zusätze zur Entwerfung der Land- und Himmelscharten. Berlin im Verlag der Buchhandlung der Realschule, Berlin. U prijevodu na engleski s uvodom W. R. Toblera pod naslovom: Notes and Comments on the Composition of Terrestrial and Celestial Maps, Michigan Geographical Publication No. 8, Department of Geography, University of Michigan, Ann Arbor, 1972, Esri Press 2011.
- Lapaine, M. (2000): Prijedlog službenih kartografskih projekcija Republike Hrvatske, Državna geodetska uprava, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Lapaine, M. (2004): Izrada dokumentacije za usvajanje prijedloga službenih kartografskih projekcija Republike Hrvatske, Državna geodetska uprava RH, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Moritz, H. (1992): Geodetic Reference System 1980, The Geodesist's Handbook 1992, ur. C. C. Tscherning, Bulletin Géodésique, Vol. 66, No. 2, 187–192.
- Narodne novine (1999): Zakon o državnoj izmjeri i katastru nekretnina, Narodne novine, broj 128/99.

Narodne novine (2004): Odluka o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske, Narodne novine, broj 114/2004.

Narodne novine (2022): Zakon o državnoj izmjeri i katastru nekretnina, Narodne novine, broj 39/2022.

Peterca, M., Radošević, N., Milisavljević, S., Racetin, F. (1974): Kartografija, VGI, Beograd.

20th Anniversary of the New Official Map Projections in Croatia

ABSTRACT. Transverse Mercator projection (HTRS96/TM) became the official state projection in the Republic of Croatia in 2004. This review provides basic information about the selection and introduction of this projection. At the Faculty of Geodesy of the University of Zagreb, work on the project “Geodetic and Cartographic Datums of the Republic of Croatia” began in early 2000. One of the three sub-projects was “Proposal of Official Map Projections of the Republic of Croatia”. The decision on the establishment of official geodetic datums and map projections of the Republic of Croatia was published in the Official Gazette in 2004. According to that Decision, the coordinate system of the transverse Mercator projection – abbreviated HTRS96/TM, with the central meridian 16°30' E and the local linear scale factor on the central meridian 0.9999 became the projection coordinate system of the Republic of Croatia for the area of cadastre and detailed state topographic cartography. The article describes the activities undertaken for the introduction of the new projection, gives the basic properties of that projection system and states the basic differences compared to the previous Gauss-Krüger system, unofficially known as HDKS.

Keywords: Gauss-Krüger projection, transverse Mercator projection, HTRS96/TM, HTRS96/LCC.

Primljeno / Received: 2024-03-15

Prihvaćeno / Accepted: 2024-03-27