

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/320615366>

MODERNI VISINSKI REFERENTNI SUSTAV KAO PREDUVJET IMPLEMENTACIJE 3D KATASTRA (MODERN...

Conference Paper · October 2017

CITATIONS

0

READS

14

3 authors:



Mia Lozo

University of Zagreb

1 PUBLICATION 0 CITATIONS

SEE PROFILE



Matej Varga

University of Zagreb, Faculty of Geodesy

32 PUBLICATIONS 15 CITATIONS

SEE PROFILE



Tomislav Bašić

University of Zagreb, Faculty of Geodesy

208 PUBLICATIONS 363 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Geomatica Croatica [View project](#)



Gravitational Field in Geodesy, Geophysics and Geodynamics [View project](#)

MODERNI VISINSKI REFERENTNI SUSTAV KAO PREDUVJET IMPLEMENTACIJE 3D KATASTRA

Mia Lozo¹, Matej Varga¹, Tomislav Bašić¹

¹ Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Kačićeva 26, Zagreb, Hrvatska

e-pošta: mlozo@geof.hr, mvarga@geof.hr, tbasic@geof.hr

SAŽETAK

Prema definiciji geodetski referentni sustavi osiguravaju postizanje najvišeg reda točnosti položajnih i visinskih koordinata. Jedno od temeljnih pitanja 3D katastra, kako s konceptualnog tako i s praktičnog aspekta, jest pitanje definicije i realizacije visinskog referentnog sustava. U današnje vrijeme, zahtjevi u pogledu točnosti, ekonomičnosti i homogenosti koordinata veći su nego ikad. Međutim, visinski referentni sustavi u svijetu najčešće su ograničavajući čimbenik u zadovoljavanju takvih zahtjeva. Napretkom različitih mjernih tehnika, poput GNSS-a, ti nedostaci postaju još izrazitiji. Iz tog je razloga prije implementacije 3D katastra potrebno detaljno analizirati stanje visinskog referentnog sustava, detektirati nedostatke te predložiti osuvremenjivanje. U ovom će se radu razmotriti različite mogućnosti definicije visina, visinskog referentnog sustava i okvira. Prikazat će se prednosti i nedostaci pojedinih mogućnosti te sadašnja situacija u nekim državama svijeta.

KLJUČNE RIJEČI: **3D katastar, visine, visinski referentni sustav**

1. UVOD

Katastar koji se trenutačno koristi u Hrvatskoj i ostalim državama svijeta temelji se na 2D česticama. Razvojem tehnologije i porastom korisničkih interesa postavljaju se novi zahtjevi u pogledu točnosti, ekonomičnosti i homogenosti zbog čega se javlja potreba za uvođenjem 3D katastra. Uvođenje 3D katastra je složen proces, gledano s pravne i tehničke strane. Implementacija katastra ovisi o visinskom referentnom sustavu. Moderni visinski sustav treba biti stabilan i pouzdan, definiran u Zemljinom polju sile teže, konzistentan s globalnim i regionalnim gravimetrijskim modelima geoida te pogodan za integraciju u globalni visinski datum. Usto, treba omogućiti znanstvena istraživanja i primjenu u raznim područjima geodezije. Uvođenje 3D katastra samo je jedan od razloga zbog kojih je modernizacija potrebna. Ona će koristiti brojnim sektorima (kartografija, inženjerska geodezija, građevinarstvo, poljoprivreda te znanstvena istraživanja). Iz tih razloga sve više zemalja razmišlja o poboljšanju postojećih ili uvođenju novih definicija visinskih sustava. Visinski referentni sustav sastoji se od tri komponente: sustava, datuma i okvira. U ovom će se radu dati pregled mogućeg definiranja i implementacije tih komponenti.

2. VISINE

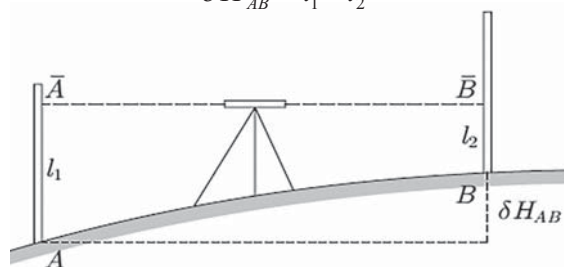
Visina se definira kao udaljenost proizvoljne točke od izabrane referentne plohe duž okomice na tu plohu, a visinski sustav kao jednodimenzionalni koordinatni sustav koji se

koristi za određivanje udaljenosti neke točke od referentne plohe duž definiranog puta od referentne (izabrane) plohe (Featherstone i Kuhn, 2006). Budući da nijedan sustav ne zadovoljava sve kriterije, ovisno o zahtjevima u geodetskim poslovima koriste se različiti sustavi visina.

2.1. Sustavi visina

Temeljna podjela sustava visina jest na sustave koji zanemaruju ubrzanje sile teže (geometrijske visine) i na one koji ga koriste (fizikalno definirane visine) (Featherstone i Kuhn, 2006). Metoda za određivanje visina koja se najčešće koristi u praksi je niveliranje. Ona se zasniva na mjerenju visinske razlike δH_{AB} između točaka A i B pri čemu se letve nalaze na točkama, a nivelir između njih (slika 1). Visinska razlika se dobije oduzimanjem očitavanja na letvama:

$$\delta H_{AB} = l_1 - l_2$$



Slika 1: Geometrijski nivelman (Hofmann-Wellenhopf i Moritz, 2005)

Na svakom se stajalištu nivelir i letve postavljaju s pomoću libela u odnosu na smjer lokalnog ubrzanja sile teže pa svako stajalište ima malo drugačije vertikalno poravnanje (Featherstone i Kuhn, 2006). Zbog toga suma svih mjerenih visinskih razlika kada se mjeri po zatvorenoj nivelmanskoj liniji neće biti jednaka nuli, čak ni kada bi mjerenja bila izvedena s najvećom mogućom točnošću (Hofmann-Wellenhof i Moritz, 2005). Usto, odstupanje se mijenja ovisno i o putu niveliranja zbog neravnomjernog rasporeda masa u unutrašnjosti Zemlje.

Ako se uz mjerenje visinskih razlika u geometrijskom nivelmanu duž trasa nivelmanskih strana mjeri i ubrzanje sile teže moguće je odrediti geopotencijalne kote. Geopotencijalna kota neke točke je razlika između potencijala ubrzanja sile teže na referentnoj plohi geoida i potencijala u točki. One su značajne zbog svoje neovisnosti o putu određivanja. Korištenjem geopotencijalnih kota C i različitih vrijednosti ubrzanja sile teže G , mogu se izraziti različite vrste visina H (Hofmann-Wellenhof i Moritz, 2005):

$$H = \frac{C}{G} \quad (1)$$

Pritom se za dinamičke visine koristi vrijednost normalnog ubrzanja sile teže γ_0 , za ortometrijske srednja integralna

vrijednost ubrzanja sile teže duž težišnice \bar{g} , za normalne srednja vrijednost normalnog ubrzanja sile teže duž normale $\bar{\gamma}$, a kod normalno-ortometrijskih visina umjesto realne vrijednosti ubrzanja sile teže koristi se normalna. Izrazi kojima se definiraju pojedini sustavi visina prikazani su u tablici 1.

2.2. Usporedba sustava visina

U tablici 2. prikazane su karakteristike sustava visina. Može se primijetiti da ni jedan sustav ne zadovoljava sve kriterije: nije neovisan o putu niveliranja, nema fizikalno značenje, ne može se odrediti jednostavno i bez korištenja hipoteza o rasporedu gustoće Zemljinih masa. Njihov odabir nije jednostavan zadatak, a ovisi i o dostupnosti potrebnih podataka. Tako je, primjerice, za uspostavu sustava Helmertovih ortometrijskih visina potrebno niveliranje, 2D koordinate i gravimetrijski podatci, zatim za sustav normalnih visina niveliranje, geodetska širina i gravimetrijski podatci, za sustav normalno-ortometrijskih visina potrebno je samo niveliranje i poznavanje geodetske širine, a za sustav elipsoidnih visina potreban je GNSS (Featherstone i Kuhn, 2006).

Geopotencijalne kote ne koriste se u praksi s obzirom na to da predstavljaju razliku potencijala od početne nivo-plohe,

Tablica 1: Sustavi visina (Amos, 2007)

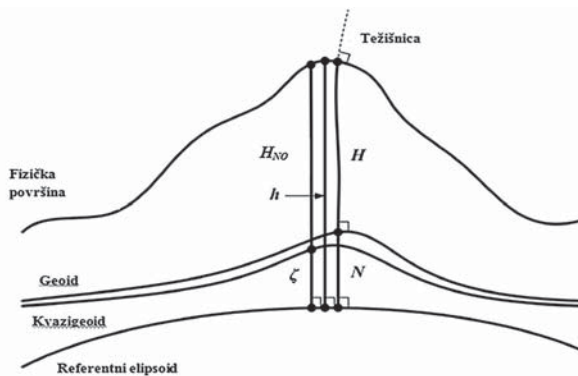
Sustav visina	Definicija	Ubrzanje sile teže	Geopotencijalna kota	Referentna ploha
Dinamičke visine	$H_{din} = \frac{C}{\gamma_0^{45}}$	$\gamma_0^{45} = 9,806199203 \text{ ms}^{-2}$	$C = \int_0^A g dz = W_0 - W_A$	Geoid
Ortometrijske visine	$H_{ort} = \frac{C}{\bar{g}}$	$\bar{g} = \frac{1}{H_{ort}} \int_0^H g(z) dz$		Geoid
Normalne visine	$H_N = \frac{C}{\bar{\gamma}}$	$\bar{\gamma} = \frac{1}{H_N} \int_0^{H_N} \gamma(h) dh$		Kvazigeoid
Normalno-ortometrijske visine	$H_{NO} = \frac{C'}{\bar{\gamma}}$			Normalna-geopotencijalna kota: $C' = \int_{P_0}^P \gamma dn$
Elipsoidne visine	$h = H - N$			Elipsoid

Tablica 2: Karakteristike sustava visina (Navratil i Unger, 2013)

	Geopotencijalne kote	Dinamičke visine	Ortometrijske visine	Normalne visine	Elipsoidne visine
Fizikalno značenje	da	da	ne	ne	ne
Određene geometrijski	ne	ne	da	ne	da
Jednostavno odredive	ne	da	da	da	da
Neovisne o putu niveliranja	da	da	da	da	da
Hipoteze o rasporedu gustoće Zemljinih masa	ne	ne	da	ne	ne
Male korekcije	-	ne	da	da	ne

a ne visinu u smislu udaljenosti od referentne plohe (Meyer i dr., 2007). Koriste se prije svega za konverziju u ostale sustave visina. Točke koje se nalaze na istoj ekvipotencijalnoj plohi imaju iste dinamičke visine pa se često koriste u hidrologiji. Ortometrijske visine su visine iznad geoida, a definiraju se kao duljina zakrivljene težišnice od točke na fizičkoj površini Zemlje do geoida (Featherstone i Kuhn, 2006). Njihova je karakteristika da se točke jednakih ortometrijskih visina ne nalaze na istim nivo-plohama zato što one nisu paralelne (Hofmann-Wellenhof i Moritz, 2005). Raspored masa između geoida i Zemljine fizičke površine najčešće je nepoznat, pa se koriste približni izrazi, kao što je, primjerice, Helmertova formula za srednju vrijednost ubrzanja sile teže (Hofmann-Wellenhof i Moritz, 2005). Budući da normalne visine ovise o korištenom elipsoidu, vrijednost normalnog ubrzanja sile teže može se izračunati bez hipoteza o rasporedu masa u unutrašnjosti Zemlje, no one nemaju izravnu fizikalnu interpretaciju (Hofmann-Wellenhof i Moritz, 2005). Ortometrijske i normalne visine zahtijevaju mjerenje ubrzanja sile teže duž nivelmanskih strana, što je zbog nedostatka preciznih gravimetara i velikih troškova u prošlosti bio problem. Zbog toga mjerenja ubrzanja sile teže u mnogim zemljama nisu obavljena i to je dovelo do pojave normalno-ortometrijskih visina. One su definirane kao udaljenost duž normale od točke na Zemljinoj površini do kvazigeoida koji se dobije ako se od fizičke površine Zemlje prema dolje doda vrijednost normalne visine (Featherstone i Kuhn, 2006). Elipsoidne visine definirane su bez utjecaja polja ubrzanja sile teže pa imaju samo geometrijski značaj. Mogu se povezati s ortometrijskim visinama definiranjem geoida, a s normalno-ortometrijskim definiranjem kvazigeoida (slika 2).

Određivanje visina moguće je obaviti različitim metodama, primjerice, geometrijskim nivelmanom i GNSS-om (engl. *Global Navigation Satellite System*). Geometrijski nivelman (slika 1) ima prednost zbog toga što je relativno jeftina metoda koja se može primjenjivati bilo gdje (otvoreni i zatvoreni prostori). Točnost je velika, posebno na manjim područjima. Prednost GNSS-a jest što se njime mogu odrediti visine velikog broja točaka u manjem vremenu, ali nedostatak je manja točnost i nemogućnost korištenja u zatvorenim prostorima.



Slika 2: Elipsoidne, ortometrijske i normalno-ortometrijske visine (Amos, 2007)

Visine se mogu definirati u apsolutnom ili relativnom smislu. Geopotencijalne kote su apsolutne visine, a sve druge prethodno navedene visine se, strogo govoreći, mogu smatrati relativnim visinama (Navratil i Unger, 2013). Nacionalni visinski sustavi uglavnom teže definiranju apsolutnih visina, no kako Zemlja nije statična to nije jednostavno. Iako bi se visinske koordinate trebale mijenjati u odnosu na gibanje Zemlje, one uglavnom imaju fiksne vrijednosti, ali sustav funkcionira u praksi jer se visinske koordinate odnose na referentne točke koje su također pod utjecajem gibanja (Navratil i Unger, 2013). To znači da je razlika visina između tih točaka pravilna jer se pogreške poništavaju, ali vrijednosti apsolutnih visina točaka nisu pravilne. Relativne visine lakše je odrediti jer se u većini slučajeva mogu izravno izmjeriti, ali mogu se javiti problemi kada se one odnose na fizičku površinu Zemlje jer se ona mijenja zbog utjecaja prirode i ljudi.

3. VISINSKI DATUM

Visinski datum je referentna ploha u odnosu na koju se mjere visine. Za njegovu definiciju može biti odabran nivelman ili geoid. Datum temeljen na nivelmanu koristi se u Hrvatskoj i najčešće je korišten u svijetu jer je prije pojave GNSS-a bio jedina mogućnost.

3.1. Visinski datum – nivelman

Visinski datumi koji se temelje na nivelmanu koriste se referentnom plohom određenom mjerenjem srednje razine mora na mareografima tijekom duljeg razdoblja, a realizirani su preciznim niveliranjem na reperima i uspostavam preciznih nivelmanskih mreža (Filmer i Featherstone, 2012). Ovaj način određivanja visina ujedno je i najtočniji na krćim udaljenostima. Korištenjem GNSS-a mogu se odrediti visine s manjom točnošću u usporedbi s niveliranjem. Međutim, nivelmanske mreže zahtijevaju nadogradnje i održavanje koje stvara velike troškove i oduzima mnogo vremena, a reperi ovise o podizanju i slijeganju Zemlje, do kojih dolazi u duljem razdoblju, pri čemu se često događa i namjerno ili slučajno uništavanje repera.

3.2. Visinski datum – geoid

Visinski datumi koji se temelje na geoidu koriste se gravimetrijskim geoidom koji se definira kao ekvipotencijalna ploha određena mjerenjima Zemljina polja ubrzanja sile teže (Véronneau i dr., 2006). Model gravimetrijskog geoida visoke rezolucije dobije se računanjem iz satelitskih, zračnih i terestričkih gravitacijskih podataka. Ovakav visinski datum realizirao bi se uporabom kontinuiranih GNSS referentnih stanica i oduzimanjem modela geoida od elipsoidne visine dobivene GNSS-om (Featherstone i dr., 2012). Prednost visinskih datuma temeljenih na geoidu jest što nisu fiksni s nestabilnom plohom srednje razine i što nema troškova i problema s održavanjem nivelmanskih mreža, a korisnici imaju pristup visinama na željenoj

Tablica 3: Prednosti i nedostaci visinskih datuma (Filmer i Featherstone, 2012)

Visinski datum	Prednosti	Nedostaci
Nivelman	<ul style="list-style-type: none"> • velika preciznost na kraćim udaljenostima • procjena točnosti modela geoida • dostupne visine repera koje su izravno povezane s visinskim datumom bez upotrebe GNSS-a 	<ul style="list-style-type: none"> • fiksna s promjenjivom plohom srednje razine mora • sustavne i grube pogreške u niveliranju dovode do nepravilnosti zbog kojih je teško točno realizirati visinski datum iz razlike ($h-N$) • nadogradnja i održavanje nivelmanskih mreža stvaraju velike troškove i oduzimaju mnogo vremena • uništavanje repera
Geoid	<ul style="list-style-type: none"> • nema troškova i problema koji su povezani s održavanjem i nadogradnjom nivelmanskih mreža • pristup visinama na željenoj točki korištenjem GNSS-a • nije fiksna s nestabilnom plohom srednje razine mora • manje osjetljivi na promjene u duljem razdoblju • uzima se u obzir topografija morske površine 	<ul style="list-style-type: none"> • manja preciznost na kraćim udaljenostima u odnosu na nivelman • korisnici koji nemaju GNSS uređaje neće moći potpuno pristupiti visinskom sustavu • potrebno poboljšati podatke terestričke gravimetrije, što donosi nove troškove • nije moguće koristiti za neovisnu procjenu točnosti modela geoida

točki korištenjem GNSS-a (Filmer i Featherstone, 2012). Međutim, na ovaj način ne može se dobiti velika točnost na kraćim udaljenostima kao kod korištenja nivelmana. Zbog razvoja tehnologije i dostupnosti novih podataka modeli geoida se s vremenom moraju mijenjati. Treba voditi računa o problemima koji bi se mogli pojaviti ako se korisnici budu morali nositi sa stalnim nadogradnjama sustava jer može doći do razdjeljivanja baze prostornih podataka države zbog upotrebe različitih modela geoida (Featherstone i dr., 2012). Ako se geoid prihvati kao referentna ploha visinskog sustava tada postoji mogućnost zanemarivanja nivelmanskih mreža što bi moglo dovesti do smanjenja terestričkih točaka koje se koriste za testiranje modela geoida (Featherstone i dr., 2012). U tablici 3 prikazane su prednosti i nedostaci visinskih datuma temeljenih na nivelmanu i geoidu.

3.3. HVRS i modernizacija VRS-a u svijetu

Visinski datum Hrvatske definiran je srednjom razinom mora koja je opažana na pet mareografa (Kopar, Rovinj, Bakar, Split i Dubrovnik) tijekom 18,6 godina (*Narodne novine* 110/2004). HVRS71, odnosno Hrvatski visinski referentni sustav za epohu 1971,5, realiziran je poljem repera II. NVT-a s normalno-ortometrijskim visinama (*Narodne novine* 110/2004). Od posljednjih značajnijih nivelmanskih

mjerenja prošlo je više od 40 godina, a velik broj repera je uništen. Jadransko more podiže se 3 mm/god, a apsolutne vrijednosti gibanja Zemljine kore na području Hrvatske su od 1 do 4 mm/god (Rožić i dr., 2011) pa se može zaključiti da je došlo do velikih promjena u odnosu na početno stanje repera. Vezu između GNSS elipsoidnih visina i HVRS71 daje gravimetrijski model kvazigeoida, HRG2009 (Bašić i Bjelotomić, 2014). Visinski podatci su zastarjeli pa ih je potrebno ažurirati da bi se u budućnosti njihovim korištenjem omogućilo kreiranje modela geoida koji bi bio osnova za zamjenu geometrijskog nivelmana GNSS nivelmanom (Grgić i dr., 2015).

Sustav temeljen na nivelmanu koristi se u Hrvatskoj i najviše je korišten u svijetu, no javlja se potreba za zamjenom (primjerice, Varga i dr., 2016). GNSS tehnologija i satelitske gravitacijske misije sve više se razvijaju, a usto raste i zanimanje korisnika. Sve se više zemalja odlučuje za napuštanje datuma temeljenog na nivelmanu, a Novi Zeland je prvi uveo visinski datum temeljen na geoidu (URL 1). Kanada je novi datum uvela 2013. godine (URL 2). Australija (Featherstone i dr., 2012) i Južnoafrička Republika (Wonnacott i Merry, 2011) razmišljaju o modernizaciji zbog nepotpunih podataka i nesigurnosti u postojećem datumu. U Turskoj je taj proces već započeo (Ince i dr., 2014), a u SAD-u je 2012. godine pokrenut desetogodišnji plan modernizacije visinskih sustava (URL 3). Što se tiče

implementacije 3D katastra, zemlje koje su prepoznale njegovu važnost i koje su najviše napredovale u njegovu razvoju su Kina, Nizozemska, Španjolska, Australija i Rusija (Vučić i Roić, 2012; Vučić, 2015).

4. ZAKLJUČAK

Trenutačno 2D katastar potpuno ne zadovoljava mnogobrojne potrebe korisnika te je očito kako će se u budućnosti morati mijenjati. Da bi se to omogućilo, potrebno je analizirati trenutačno stanje visinskog referentnog sustava, detektirati njegove nedostatke te predložiti modernizaciju. Hrvatski visinski sustav star je više od 40 godina, definiran je u odnosu na srednju razinu mora, a vrijednosti ubrzanja sile teže nisu mjerene, pa se smatra da ga je u bliskoj budućnosti nužno zamijeniti. Alternativa sadašnjem visinskom referentnom sustavu jest uvođenje ortometrijskog sustava visina te definiranje visinskog datuma na osnovu gravimetrijskog modela geoida, kao što je to u zadnjih nekoliko godina učinjeno u nekim drugim državama. Tako definiran i realiziran visinski referentni sustav bio bi potpuno konzistentan s modernim mjernim metodama te bi mogao zadovoljiti zahtjeve većine korisnika. Kada to bude ostvareno, bit će omogućena transformacija postojećeg katastra u 3D katastar. Treba voditi računa i o traženoj točnosti određivanja visina jer ona varira ovisno o vrsti geodetskih poslova. Tu činjenicu treba uzeti u obzir prilikom definiranja 3D katastra kako ne bi došlo do nepotrebnih troškova u izmjerama. Sadašnji sustav ima mnogo nedostataka, pa je preporuka da se iskustva država koje provode osuvremenjivanje uzmu u obzir i da se odabere najprihvatljivija mogućnost kako bi se moglo započeti s izradom plana modernizacije.

LITERATURA

- Amos, M. J. (2007): Quasigeoid Modelling in New Zealand to Unify Multiple Local Vertical Datums, PhD thesis, Curtin University of Technology, Perth, Australija.
- Bašić, T.; Bjelotomić, O. (2014): HRG2009: New Height Resolution Geoid Model for Croatia. In Gravity, Geoid and Height Systems, IAG
- Featherstone, W. E., Kuhn, M. (2006): Height systems and vertical datums: a review in the Australian context. *Journal of Spatial Science*, 51(1), 21-41.
- Featherstone, W. E., Filmer, M. S., Claessens, S. J., Kuhn, M., Hirt, C., Kirby, J. F. (2012): Regional geoid-model-based vertical datums—some Australian perspectives, *Journal of Geodetic Science*, 2(4), pp. 370-376.
- Filmer, M. S., Featherstone, W. E., (2012): Three viable options for a new Australian vertical datum, *Journal of Spatial Science*, 57(1), 19–36.
- Grgić, I., Lučić, M., Trifković, M. (2015): Visinski sustavi u nekim europskim zemljama, *Geodetski list*, 2, str. 79–96.
- Hofmann-Wellenhof, B. i Moritz, H.(2005): *Physical Geodesy*, Springer-Verlag, Wien-New York.
- Ince, E. S.; Erol, B.; Sideris, M. G. (2014): Evaluation of the GOCE-based gravity field models in Turkey. In Gravity, Geoid and Height Systems, IAG Springer Symposia Vol. 141, Springer International Publishing, pp. 93-99.
- Meyer, T. H., Roman, D. R., & Zilkoski, D. B. (2007). What does height really mean?. *NRME Monographs*, 1
- Narodne novine 110/2004 (2004): Odluka o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske, Službeni list Republike Hrvatske, Zagreb
- Navratil, G. i Unger, E.-M.(2013): Height Systems for 3D Cadastres, *Computers, Environment and Urban Systems*, 40, str. 14–23.
- Rožić, N., Razumović, I., Nazifovski, I. (2011): Modelling of the Recent Crustal Movements at the Territory of Croatia, Slovenia, and Bosnia and Herzegovina, *Geofizika*, 28(1), str. 183-213.
- Varga M., Bjelotomić O., Bašić, T.(2016): Initial Considerations on Modernization of the Croatian Height Reference System, SIG 2016 – Međunarodni simpozij o inženjerskoj geodeziji, Varaždin, Hrvatska.
- Véronneau, M., Duval, R., Huang, J. (2006): A gravimetric geoid model as a vertical datum in Canada. *Geomatica*, 60(2), pp. 165-172.
- Vučić, N.(2015): Podrška prijelazu iz 2D u 3D katastar u Republici Hrvatskoj, Doktorska disertacija, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska.
- Vučić, N., & Roić, M. (2012): 3D cadastre-cadastre for European union. *Hrvatska geodezija u Europskoj uniji*.
- Wonnacott, R.; Merry, C. (2011). A New Vertical Datum for South Africa? Conference Proceedings of the AfricaGEO.
- URL 1: Novi Zeland, visinski sustav, <http://www.lin.govt.nz/data/geodetic-system/datums-projections-and-heights/vertical-datums> (23. 8. 2017.)
- URL 2: Geodetski referentni sustavi, <https://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/geodetic-reference-systems/9054> (23. 8. 2017.)
- URL 3: Modernizacija visinskog referentnog sustava, <https://www.ngs.noaa.gov/web/surveys/heightmod/HMODPlanApprovedDec2012.pdf> (23. 8. 2017.)

MODERN HEIGHT REFERENCE SYSTEM AS A PRECONDITION FOR THE IMPLEMENTATION OF 3D CADASTRE

ABSTRACT

Fundamental task of geodetic reference systems is to provide horizontal and vertical position with highest accuracy. Conceptually and practically, one of the main issues of 3D cadastre is definition and realization of height reference system. Nowadays, accuracy requirements together with the profitability and homogeneity of the coordinates are greater than ever. However, currently available height systems in the world are most often a limiting factor for meeting such requirements which are becoming even more prominent with progress of satellite positioning methods (e.g. GNSS). Therefore, it is necessary to analyze the state of current height reference system and to detect its disadvantages in order to suggest a modernization plan. This paper will review different definitions of height, height reference system and frame. Also, it will present advantages and disadvantages of each solution and current situation in the certain countries of the world.

KEYWORDS: 3D cadastre, heights, height reference system