

## CROPOS kao Hrvatski terestrički referentni okvir

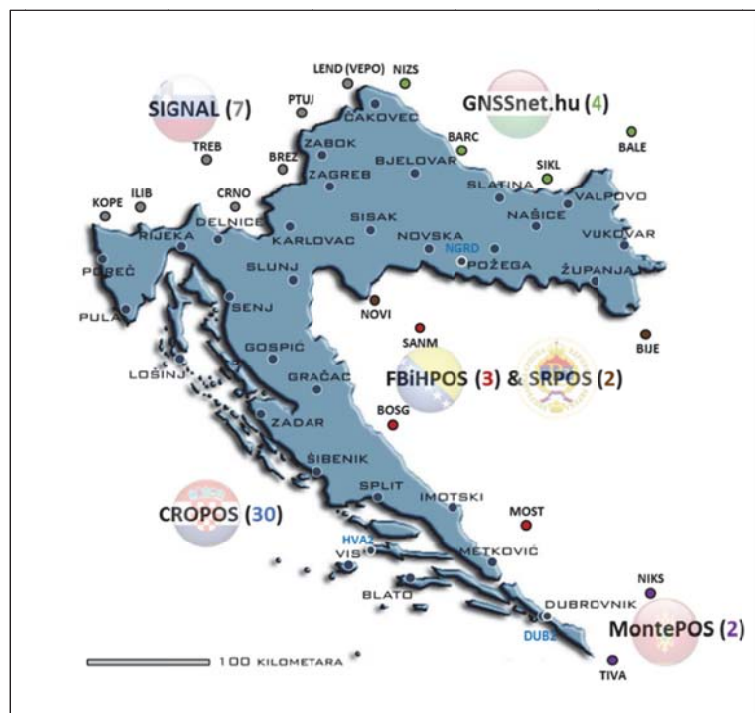
Dr. sc. Marko Pavasović<sup>1</sup>, Dr. sc. Marijan Marjanović<sup>2</sup>, Prof. dr. sc. Tomislav Bašić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska, marko.pavasovic@geof.hr

<sup>1</sup>Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska, tomislav.basic@geof.hr

<sup>2</sup>Državna geodetska uprava, Gruška 20, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska marijan.marjanovic@dgu.hr

**Sažetak.** U studenom 2007. godine, predstavnici Delegacije Europske unije u Zagrebu, Ministarstvo financija Republike Hrvatske (MIFIN) i izvoditelj radova tvrtka *Trimble Europe* potpisuju ugovor o realizaciji nacionalnog pozicijskog sustava Republike Hrvatske s osiguranim financijskim sredstvima iz PHARE-2005 programa Europske unije (75%) te državnog proračuna Republike Hrvatske (25%) (Marjanović i dr., 2009). Državna geodetska uprava (DGU) 9. prosinca 2008. godine pušta u službenu uporabu Hrvatski pozicijski sustav - CROPOS (engl. *CROatian POSitioning System*), mrežu od 30 referentnih GNSS CORS-ova (engl. *Continuously Operating Reference Station*) (slika 1), ravnomjerno raspoređenih teritorijem Republike Hrvatske na međusobnoj udaljenosti od oko 70 km.



Slika 1: CROPOS i susjedni pozicijski sustavi

Sustav je operabilan 365 dana u godini, 7 dana u tjednu, 24 sata dnevno te omogućuje korisniku pozicioniranje u realnom vremenu u obliku diferencijalnog pozicijskog servisa (DPS) i visokopreciznog pozicijskog servisa (VPPS) s deklariranom točnošću od 0,3-0,5 m (DPS) odnosno 0,02 m u položajnom i 0,04 m u visinskom smislu (VPPS). Pored pozicioniranja u realnom vremenu, CROPOS omogućuje korisnicima naknadnu obradu podataka mjerenja (engl. *Post-Processing*) u vidu usluge geodetskog preciznog pozicijskog servisa (GPPS) preuzimanjem ili generiranjem CROPOS CORS ili VRS (engl. *Virtual Reference Station*) datoteka u RINEX (engl. *Receiver INdependent EXchange*) formatu s mogućnošću ostvarivanja subcentimetarske točnosti. Referentni okvir CROPOS-a definiran je obzirom na

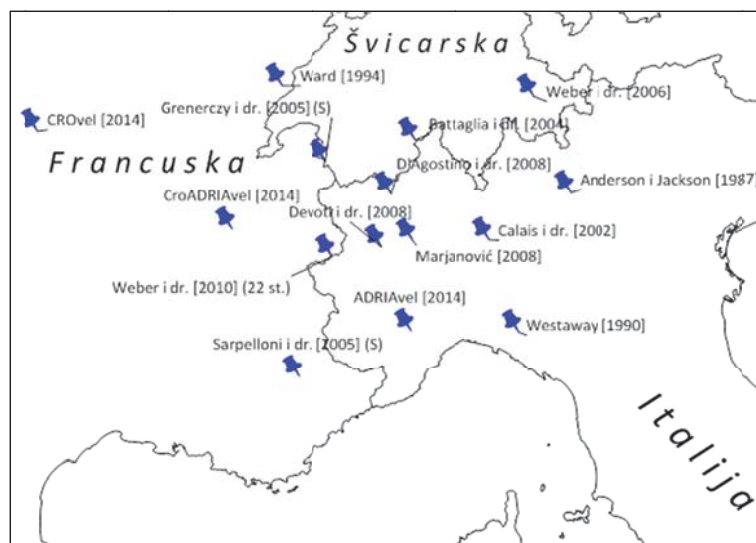
ETRF2000 (R05) naknadnom obradom podataka mjerenja referentnih GNSS stanica u ITRF2005 za 24 satne sesije u GPS tjednu 1503 za epohu 2008,83 sa srednjim standardnim odstupanjem koordinata referentnih stanica od 1,2 mm u smjeru S-J (po geodetskoj širini), 1,1 mm u smjeru I-Z (po geodetskoj dužini) te 3,4 mm po elipsoidnoj visini (Marjanović, 2008; Marjanović i dr., 2009). U lipnju 2009. godine na 1. CROPOS konferenciji održanoj u Zagrebu (8.-9. lipnja 2009.) potpisan je sporazum između Državne geodetske uprave, Geodetske uprave Republike Slovenije, Mađarskog Instituta za geodeziju, kartografiju i daljinska istraživanja (FÖMI) i Uprave za nekretnine Vlade Republike Crne Gore o razmjeni podataka pograničnih referentnih stanica pozicijskih sustava CROPOS-a, SIGNAL-a, GNSSnet.hu-a i MontePOS-a.

Ovim sporazumom je CROPOS nadopunjen s još 13 referentnih GNSS stanica i to (slika 1): 7 SIGNAL stanica - Koper (KOPE), Ilirska Bistrica (ILIB), Trebnje (TREB), Črnomelj (CRNO), Brežice (BREZ), Ptuj (PTUJ) i Velika Polana/Lendava (VELP/LEND), 4 stanice GNSSnet.hu mreže - Nagykanisza (NIZS), Barcs (BARC), Siklós (SIKL) i Baja (BALE) i 2 stanice MontePOS mreže - Tivat (TIVA) i Nikšić (NIKS), što trenutno čini ukupnu brojku od 43 stanice uključene u mrežno rješenje. Uspostavom GNSS referentnih mreža u susjednoj Federaciji Bosne i Hercegovine (FBiHPOS) i Republici Srpskoj (SRPOS), Državna geodetska uprava u prosincu 2013. godine potpisuje sporazum s Federalnom upravom za geodetske i imovinsko-pravne poslove Federacije Bosne i Hercegovine i Republičkom upravom za geodetske i imovinsko-pravne poslove Republike Srpske o razmjeni podataka 5 (3+2) pograničnih GNSS stanica i to: FBiHPOS mreža - Sanski Most (SANM), Bosanko Grahovo (BOSG) i Mostar (MOST) i SRPOS mreža - Novi Grad (NOVI) i Bijeljina (BIJE). Isključenjem iz rada IGS stanice Dubrovnik (DUBI), odnosno uspostavom i puštanjem u rad nove IGS/EPN stanice Dubrovnik (DUB2) dana 13.11.2011. (GPS tjedan 1662, DOY 317), svega 22 m udaljenoj od stare lokacije te uspostavom i puštanjem u rad nove referentne stanice na otoku Hvaru (HVA2) dana 29.10.2012. (GPS tjedan 1712, DOY 303) u sklopu astronomskog Opservatorija Hvar Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Državna geodetska uprava uključila je iste u travnju 2015. godine u umreženo rješenje CROPOS-a. IGS stanica Osijek (OSJE), premještena je u Novu Gradišku (NGRD) i započela je s radom 14.07.2013. (GPS tjedan 1749, DOY 195) i također je uključena u umreženo rješenje tijekom travnja 2015. godine.

Tijekom 2011. godine Državna geodetska uprava predložila je EUREF EPN centru da se 5 CROPOS stanica (CAKO, DUB2, PORE, POZE i ZADA) uključe u EUREF EPN. Nakon razdoblja kontrole i analize podataka te zadovoljavanja kriterija definiranih u Bruyninx i dr. (2012), 16. lipnja 2013. godine navedene stanice uključene su u EUREF EPN kao *class B* stanice (Marjanović, 2013). S obzirom na dvojnost položajnih i visinskih datuma Republike Hrvatske, naslijeđenog položajnog (HDKS/HR1901) i visinskog (HVRS1875), odnosno novog (službenog) položajnog (HTRS96) i visinskog (HVRS71) datuma, 2011. godine transformacijski modeli T7D (s uključenom plohom geoida HRG2009) (Bašić, 2009) i HTMV08 v.1 (Rožić, 2009) (implementirani u računalni program „T7D“), također su implementirani u CROPOS omogućavajući svojim korisnicima izmjeru u naslijeđenim i novim datumima Republike Hrvatske u vidu VPPS VRS usluga: CROPOS\_VRS\_HTRS96 (HTRS96/ETRS89 > HTRS96/TM) i CROPOS\_VRS\_HDKS (HTRS96/ETRS89 > HDKS), uvažavajući 1 na 1 reverzibilnost transformacije između naslijeđenih i novih datuma, T7D transformacijskim modelom (Marjanović i dr., 2009).

Kvaliteta nekog pozicijskog sustava mjerljiva je kvalitetom pružanja usluga njegovim korisnicima, koja se prvenstveno manifestira kroz osnovni preduvjet - stabilnost referentnog koordinatnog okvira realiziranog CORS-ovima samog pozicijskog sustava. Na temelju kombinacije 1741 dnevnog rješenja za vremenski period rada CROPOS-a i pozicijskih sustava susjednih zemalja (s kojima Republika Hrvatska ima sporazum o razmjeni podataka) od 16. studenog 2008. do 30. rujna 2013. godine, odnosno 4,87 godina, izračunano je prvo kombinirano rješenje koordinata 51 permanentne GNSS stanice u odnosu na aktualnu ITRF2008 realizaciju za srednju epohu mjerenja 2011,31 (Pavasović, 2014). Usporedba

koordinata 30 prvobitnih referentnih stanica CROPOS mreže izračunatih u Marjanović (2008) (ETRF2000 (R05) e2008,83), odnosno koordinata dobivenih prvim i do sada jednim izjednačenjem, koje su unesene u sam sustav i koordinata dobivenih kombiniranim rješenjem u ovom radu (ETRF2000 (R08) e2011,31) ukazuju na postojanost dugoperiodične stabilnosti referentnog koordinatnog okvira reprezentiranog referentnim GNSS stanicama CROPOS mreže sa subcentimetarskim razlikama koordinata po svim komponentama (N, E, U) (Pavasović, 2014). Ocjena točnosti pojedine komponente koordinata (N, E, U) kombiniranog rješenja ne prelazi granicu od 5 mm postavljenu kao standard za položajne točnosti geodetske osnove I. reda, kojoj pripada CROPOS, propisanoj *Pravilnikom o načinu izvođenju osnovnih geodetskih radova Državne geodetske uprave*. Kombinirano rješenje CROPOS-a za period od 4,87 godina u kinematičkom smislu rezultirao je dvama kinematičkim modelima: relativnim kinematičkim modelom Jadranske tektonske ploče - *CROvel* (slika 2) te apsolutnim kinematičkim modelom područja istraživanja kao dijela Euroazijske tektonske ploče - *CRO-2014*. (Pavasović, 2014) Koordinate Eulerovog pola Jadranske tektonske mikroploče relativnog kinematičkog modela *CROvel* ne ukazuje na suglasje s koordinatama dobivenim u dosadašnjim modelima što je direktna posljedica relativnog kratkog vremenskog okvira za koji je kinematički model izračunan kao i geometrijom mreže CORS-ova. Apsolutni kinematički model CRO-2014 ukazuje na dobru podudarnost s globalnim kinematičkim modelima, posebice s NNR-NUVEL-1A i APKIM2000 modelima ali i dobru podudarnost s apsolutnim kinematičkim modelima MODEL-2008 (Marjanović, 2008) i CRODYN-2014 (Pavasović, 2014) te po potrebi također može poslužiti za računanje brzina točaka na teritoriju Republike Hrvatske.



Slika 2: Eulerovi polovi Jadranske tektonske mikroploče (Pavasović, 2014)

## Literatura

- Bašić, T. (2009): Novi model geoida Republike Hrvatske i poboljšanje T7D modela transformacije. Elaborat za Državnu geodetsku upravu Republike Hrvatske, str. 1-68, Zagreb.
- Bruyninx, C., Altamimi, Z., Caporali, A., Kenyeres, A., Lidberg, M., Stangl, G., Torres, J. A. (2012): Guidelines for EUREF Densifications. IAG sub-commission for the European Reference Frame - EUREF. Version 4 (13.06.2012.)
- Marjanović, M. (2013): CROPOS - status i razvoj sustava. Zbornik radova 3. CROPOS konferencije, Opatija, 24. - 25. listopada 2013. Marjanović, M., Bašić, T. (ur.). Zagreb: Državna geodetska uprava Republike Hrvatske, Sveučilište u Zagrebu Geodetski fakultet, Hrvatska komora ovlaštenih inženjera geodezije. pp. 16-20.

Marjanović, M., Miletić, I., Vičić, V. (2009): CROPOS - prvih šest mjeseci rada sustava. Zbornik radova 1. CROPOS konferencije, 8. - 9. lipnja 2009. Marjanović, Marijan (ur.). Zagreb: Državna geodetska uprava Republike Hrvatske, Hrvatsko geodetsko društvo. pp. 15-21.

Marjanović, M. (2008): Primjena GPS mjerenja za određivanje horizontalnih i vertikalnih pomaka Jadranske mikroploče. Doktorska disertacija. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Pavasović, M. (2014): CROPOS kao Hrvatski terestrički referentni okvir i njegova primjena u geodinamičkim istraživanjima. Doktorska disertacija. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Rožić, N. (2009): Hrvatski transformacijski model visina - HTMV08-v.1. Izvješća Državne geodetske uprave o znanstveno-stručnim projektima 2006.-2008. godine. Urednik: Bosiljevac, M. str., 23-46, Zagreb.