

UDK 550.382.7:551.422(497.5):528.41:550.8.08

Prethodno priopćenje

Geomagnetska i GNSS izmjera vrha otočića Jabuke

Mario BRKIĆ, Drago ŠPOLJARIĆ, Danko MARKOVINOVIĆ – Zagreb¹

SAŽETAK. U ožujku 2010. godine uspostavljena je točka Hrvatske geomagnetske mreže za kartiranje polja na vrhu Jabuke. Prvi put određene su pouzdane koordinate vrha otočića statičnom GNSS izmjerom uz primjenu sustava CROPOS. Opaženi totalni intenzitet geomagnetskog polja, kao i pripadni gradijenti, pokazuju veliku i negativnu anomaliju na samome vrhu Jabuke.

Ključne riječi: Jabuka, geomagnetska anomalija, GNSS, CROPOS.

1. Uvod

Gotovo redovito, već od XIV. st., Jabuka je ucrtavana na pomorskim i posebice nautičkim kartama Jadrana preuveličana i nepreciznog položaja (Duplancić 1996, Marković 2004). Premda je danas izvan plovidbenih putova, njezin geoprometni položaj u prošlosti nije bio beznačajan. Naime, svojom osamljenošću i stožastim ili piramidalnim oblikom – gledano iz daljine i različitih smjerova, te visinom služila je kao dobra orijentacijska točka pri plovidbi Jadranom.

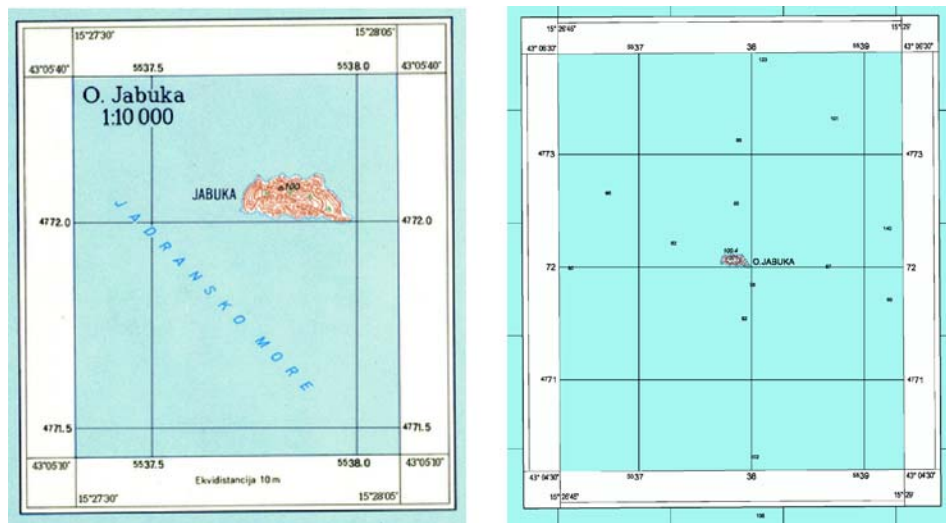
Tijekom XIX. stoljeća provode se u vodećim europskim zemljama sustavne geodetske i hidrografske izmjere na temelju kojih nastaju i prve pouzdane topografske i pomorske karte dijelova Hrvatske (Čolić i dr. 1996, Lovrić i Križovan 1986). Jabuka je prvi put precizno kartirana na temelju treće ili *franciskansko-jozefinske* topografske izmjere Austro-Ugarske Monarhije na list topografske karte *I. S. Andrea* u mjerilu 1:75 000 iz 1884. godine (Pilar 1890, URL 1). Potom više od šezdeset godina nema na području Hrvatske osnovnih geodetskih radova ni detaljnih topografskih izmjera (Čolić i dr. 1996).

Nakon II. svjetskog rata Vojnogeografski institut (VGI) provodi prvu cjelovitu topografsku izmjeru ondašnje Jugoslavije, na temelju koje nastaje osnovna topografska karta u mjerilu 1:25 000 (TK25), a iz nje i karte sitnijih mjerila (Frančula

¹ Prof. dr. sc. Mario Brkić, prof. dr. sc. Drago Špoljarić, dr. sc. Danko Markovinović, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, e-mail: mbrkic@geof.hr, dspoljar@geof.hr, dankom@geof.hr.

i Lapaine 2004). Jedan list topografske karte iz 1969. godine u mjerilu 1:50 000 s naslovom *Biograd 4*, izdanje VGI, sadrži i umetnutu kartu Jabuke u mjerilu 1:10 000 (slika 1 lijevo), izrađenu iz aerofotogrametrijskih snimaka (Peterca i Čolović 1987). Koordinate Jabuke vjerojatno su određene početkom 1960-ih presijecanjem s okolnih trigonometrijskih točaka I. reda na Žirju, Šolti i Visu (Solaric 1995). Geodeti su uglavnom “zaobilazili” Jabuku kao “nevažnu” u osnovnim geodetskim radovima (triangulaciji I. reda) i “neinteresantnu” za topografsku izmjeru (vrlo male površine, nenaseljena, nepristupačna i udaljena od kopna i susjednih naseljenih otoka). No 1978. godine VGI, u suradnji s Geodetskim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu, provodi trilateracijsku izmjeru vanjskih otoka Jadrana radi utvrđivanja njihovih pouzdanih koordinata (Birin 2010).

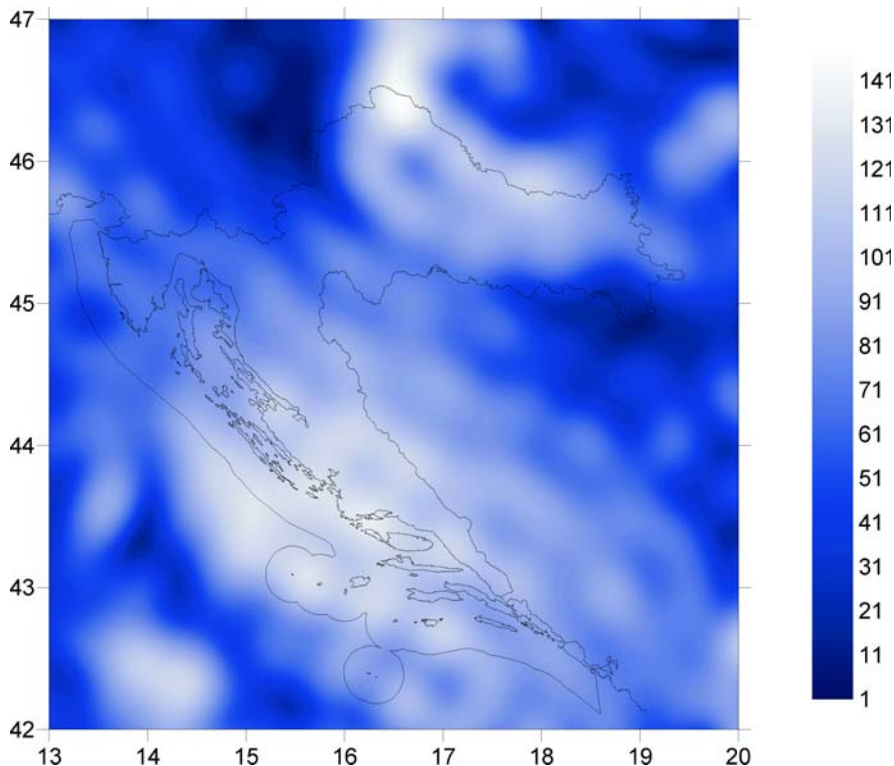
Osamostaljenjem 1991. godine Republika Hrvatska ostaje bez opreme i mogućnosti tiskanja TK25, te zbog toga sredinom 1990-ih godina započinju aerosnimanja radi izrade novih topografskih karata (Frančula i Lapaine 2004). Iz tih je snimaka izrađen i list *Otok Svetac* (Topografska karta (nova), prvo izdanje Državne geodetske uprave, DGU, URL 2) na kojem je umetnuta karta Jabuke (slika 1 desno), preuzeta iz TK25, izdanje DGU, iz 1997., odnosno TK25, izdanje VGI iz 1978. godine (Vilus 2010).



Slika 1. Lijevo: umetnuta karta Jabuke (1:10 000) na list karte *Biograd 4* (VGI 1969). Desno: umetnuta karta Jabuke na list karte *Otok Svetac* (prvo izdanje DGU).

Otežana navigacija zbog dobro poznatog “divljanja” igle kompasu u blizini vulkanskog otočića Jabuke, povijesni podaci geomagnetskih izmjera, kao i suvremena saznanja o magnetskom polju Zemljine litosfere (slika 2), potaknuli su istraživanje geomagnetske anomalije na otočiću.

Iako su prva geomagnetska mjerenja na prostoru Hrvatske, početkom XIX. stoljeća, poduzeta baš na prostoru Jadrana (vidi npr. Brkić i dr. 2003), najstariji raspo-



Slika 2. NGDC-720 Ver. 3.0 (URL 3) anomalije totalnog intenziteta [nT].

loživi podaci geomagnetskih izmjera na Jabuci odnose se na opažanja deklinacije 1869., 1870. i 1907. godine (Mokrović 1928). Ta mjerenja Jabuke reducirana na epohu 1927,5 dala su vrijednost geomagnetske deklinacije $-3^{\circ}7'$ (Mokrović 1928). Sljedeći raspoloživi podaci dobiveni su tijekom ljeta 1949. godine, kada je izvedena izmjera geomagnetske deklinacije i vertikalnog intenziteta u primorju, obali i otocima (Goldberg i dr. 1952). Reducirana vrijednost deklinacije za Jabuku i epohu 1950,0 iznosi $-0^{\circ}24,5'$, a o vertikalnom intenzitetu Jabuke nema objavljenih podataka. Nepoznati su i rezultati geomagnetske izmjere Jadrana koju je od 1960. do 1965. godine proveo Geomagnetski institut Grocka.

Suvremena geomagnetska izmjera vrha Jabuke poduzeta je 2008. godine s GEM Systems GSM-19G Overhauser protonsko-precесиjskim magnetometrom, nažalost bez uspjeha (Pavasović i dr. 2009). U ožujku 2010. godine, uz pomoć GEM Systems GSMP-35 kalijeva gradiometra, ljubazno posuđenog za tu priliku od dr. Ivana Hrvoića, GEM Systems Canada, provedeno je opažanje totalnog intenziteta i gradijenata na vrhu Jabuke. Istraživanje je izvedeno u okviru projekata “Osnovna geomagnetska mreža Republike Hrvatske – za potrebe službene kartografije” i “Obnova geomagnetske informacije” Geodetskog fakulteta za Državnu geodetsku upravu odnosno Institut za istraživanje i razvoj obrambenih sustava Ministarstva obrane Republike Hrvatske (Brkić i dr. 2009).



Slika 3. *Otočić Jabuka.*

2. GNSS izmjera vrha otočića Jabuke

Uspostava geomagnetske točke za kartiranje polja na vrhu otočića Jabuke (slika 3) pretpostavljala je pouzdano određivanje njezinih koordinata. U posljednja dva desetljeća Jabuku su uglavnom posjećivali nautičari i avanturisti, a povremeno i istraživači, određujući pritom njezine koordinate ručnim GPS uređajima. Primjere, tako dobivene WGS84 koordinate iznose 43-05-30,8; 15-27-35,5; 96 m (Pavašević i dr. 2009).

U ožujku 2010. godine provedena je GNSS izmjera novostabilizirane točke – bolne u živoj stijeni na najvišem vrhu otočića. Mjerenja su obavljena pomoću GNSS prijamnika Topcon HiperPro (slika 4). Novouspostavljena točka nalazi se najvjerojatnije unutar kružnice promjera 1 m u odnosu na uništenu stabilizaciju “vrh otoka Jabuka; Z-uklesan križ na kamenu” (Ministarstvo obrane RH 1995) iz posljednje trilateracijske izmjere u 1978. godini.

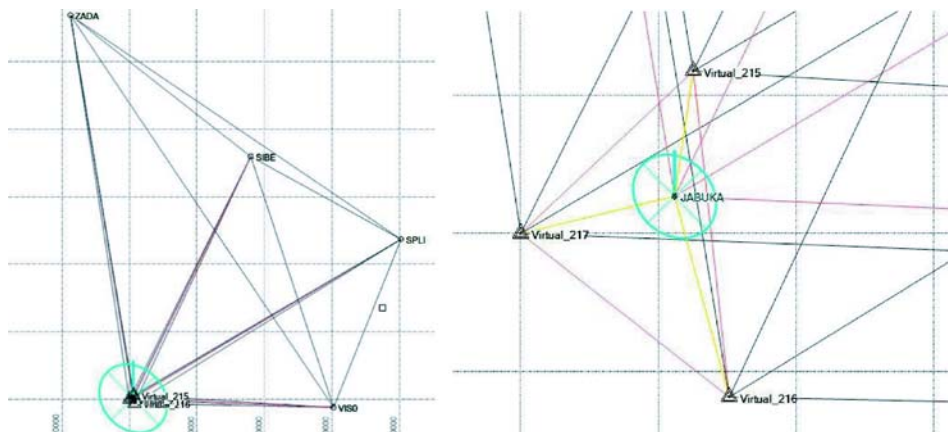


Slika 4. GNSS izmjera vrha otočića Jabuke.

U svrhu određivanja koordinata korištena je statička metoda, s osloncem na hrvatski pozicijski sustav *CROatian POsytioning System* (CROPOS), uspostavljen 2008. godine na teritoriju Republike Hrvatske (Marjanović 2010). Pri GNSS mjerenjima i naknadnoj obradi uporabljen je GPPS (geodetski precizni pozicijski servis). S obzirom na to da je udaljenost otočića Jabuke i najbližih referentnih postaja CROPOS-a znatna (od 60 do 150 km), za određivanje položaja primijenjena je metoda *Virtual Reference Station* (VRS). Odabir VRS metode omogućio je uspostavu kratkih baznih linija, smanjenje utjecaja troposfere i ionosfere te pouzdaniju obradu vektora. Koordinate VRS postaja određene su temeljem približnih koordinata otočića Jabuke, a generirane su s četiri permanentne postaje CROPOS-a: Zadar, Šibenik, Split i Vis (slika 5).

Podaci su obrađeni softverom *Trimble Buisness Centre*. Ulazni podaci VRS postaja bili su u *rinex* formatu, a *tps* podaci s prijammnika Topcon prethodno su konvertirani u *rinex* format. Nakon izjednačenja dobivene su koordinate novouspostavljene točke na otočiću Jabuci, u datumu ETRS89, epoha 1989.0. Tako dobivene koordinate transformirane su u ravninske koordinate na Besselovu elipsoidu uz pomoć programskog paketa T7D (Šljivarić 2010). Visina dobivena transformacijom odnosi se na HVRS71 (tablica 1).

Ostvarena prostorna rms točnost koordinata novouspostavljene točke od $\pm 0,002$ m pokazuje pouzdano provedena GNSS mjerenja.



Slika 5. Lijevo: prikaz uporabljenih permanentnih postaja CROPOS-a u računanju VRS-a. Desno: prikaz VRS-a oko otočića Jabuke.

Tablica 1. Koordinate novouspostavljene točke na otočiću Jabuci u ETRS89 i ravninske koordinate na Besselovu elipsoidu.

| Lat (° ' ") | Lon (° ' ") | h (m) | izvor |
|---------------|---------------|---------|------------------|
| 43-05-30,807 | 15-27-35,588 | 140,321 | ново изједначење |
| y (m) | x (m) | H (m) | извор |
| 5 537 826,136 | 4 772 077,139 | 99,333 | ново изједначење |

3. Geomagnetska izmjera vrha Jabuke

Iako suvremena geomagnetska izmjera na teritoriju Republike Hrvatske uključuje terestričko određivanje svih geomagnetskih elemenata, prethodna saznanja o vulkanskoj građi otočića (Juračić 2005) te nepristupačnost otočića i organizacijska ograničenja uvjetovali su odbacivanje zamisli o opažanju geomagnetske deklinacije i inklinacije.

Opažanje totalnog intenziteta geomagnetskog polja i njegova gradijenta provedeno je 13. ožujka 2010. godine na novouspostavljenoj točki na vrhu Jabuke uz pomoć GEM Systems GSMP-35 kalijeva gradiometra (slika 6). Zapisi opažanja pokazali su izrazitu promjenjivost i totalnog intenziteta i gradijenta; razlog tomu treba potražiti u induktivnim efektima te nestabilnim sondama gradiometra pri uvjetima golemo gradijenta.

Reprezentativne vrijednosti totalnog intenziteta od 43081 nT, odnosno gradijenta od 3186 nT/m, dobivene su kao sredine odabranih vremenskih nizova opažanja s malim promjenama. Sama opažanja preostaje još i reducirati na epohu 2010.5, u odnosu na obližnje referentne geomagnetske opservatorije.

Reprezentativna vrijednost opaženog totalnog intenziteta znatno je manjeg iznosa u odnosu na iznose 46944 nT, 46830 nT odnosno 46849 nT, izračunane za dan 13. 03. 2010. god. uz pomoć *Enhanced Magnetic Modela* EMM2010 (URL 3),

International Geomagnetic Reference Field modela IGRF-11 (URL 4), odnosno *World Magnetic Model* WMM2010 (URL 5). Prema tomu, izmjerom na samome vrhu Jabuke pronađena je velika i negativna anomalija, nasuprot očekivanoj pozitivnoj anomaliji mnogo manjeg iznosa. O sličnim, znatnim negativnim anomalijama postoje izvješća izmjera provedenih na vrhu vulkana (vidi npr. Loera i Fucugauchi 1999). Međutim, provedena izmjera nedovoljna je za interpretaciju geomagnetske anomalije na Jabuci; ona zahtijeva izmjeru u mnogo gušćoj mreži točaka, a s obzirom na nepristupačnost terena poželjna je aeromagnetska izmjera visoke razlučivosti.



Slika 6. Opažanja totalnog intenziteta i njegova gradijenta na vrhu Jabuke.

4. Zaključak

Zbog svoje udaljenosti, nedostupnosti i nepristupačnosti, kao i osobitosti građe, otočić Jabuka poseban je izazov i za geodetsku i geomagnetsku izmjeru. U ožujku 2010. godine provedena su precizna određivanja koordinata vrha Jabuke suvremenim satelitskim mjernim sustavom u okviru CROPOS-a. Prvi put u povijesti geodetskih mjerenja na otočiću određene su njegove točne koordinate, unutar $\pm 0,002$ m, što je rezultiralo, danas osobito važnim, točnijim poznavanjem granice teritorijalnog mora. Točna ortometrijska visina vrha otočića Jabuke odredit će se naknadnom gravimetrijskom izmjerom otočića.

Istodobno provedena geomagnetska izmjera pokazala je veliku negativnu anomaliju totalnog intenziteta, nedetektiranu globalnim modelima grubljih rezolucija. Takve negativne anomalije tipične su za vulkanske otoke magnetizirane u doba hlađenja nakon erupcije, a preostaje istražiti je li erupcija doista nastupila dok je polje bilo obrnutog smjera. Opaženi gradijent totalnog intenziteta od 3186 nT/m također pokazuje golemu nehomogenost geomagnetskog polja Jabuke. Provedena izmjera potvrđuje potrebu daljnjeg detaljnijeg istraživanja prostornih i vremenskih geomagnetskih anomalija te strukture i sastava Zemljine kore na području srednjeg Jadrana.

ZAHVALA. Istraživanje ne bi bilo moguće provesti bez velikodušne potpore dr. Ivana Hrvoića, na čemu mu autori od srca zahvaljuju. Rad je izveden uz potporu Instituta za istraživanje i razvoj obrambenih sustava Ministarstva obrane Republike Hrvatske te Državne geodetske uprave Republike Hrvatske.

Literatura

- Birin, I. (2010): Osobni razgovori i dopisivanje.
- Brkić, M., Bašić, T., Verbanac, G. (2003): Geomagnetism in Croatia – a Historical Overview, Geodetski list, 3, 183–194.
- Brkić, M., Šugar, D., Pavasović, M., Rezo, M. (2009): Osnovna geomagnetska mreža Republike Hrvatske, Državna geodetska uprava RH, Izvješća o znanstveno-stručnim projektima iz 2006.–2008. godine, Zagreb.
- Čolić, K., Bašić, T., Špoljarić, D., Pribičević, B., Solarić, R., Čolić, N. (1996): Stara i nova geodetska mjerenja na Palagruži, Zbornik radova sa simpozija Palagruža – jadranski dragulj, Split–Kaštela, 123–138.
- Duplanić, A. (1996): Palagruža na starim kartama do sredine 19. stoljeća, Zbornik radova sa simpozija Palagruža – jadranski dragulj, Split–Kaštela, 31–38.
- Goldberg, J., Baturić, J., Mokrović, J., Kasumović, M. (1952): Određivanje magnetske deklinacije u jugoslavenskom području Jadranskog mora 1949. Rasprava građa Inst. pov. prir.-matem. med. nauka Jugosl. akad. znan. umjetn., Zagreb, 1/2, 13–43.
- Juračić, M. (2005): Jabuka u moru, Priroda, 11 (940), 6–8.
- Loera, H. L., Fucugauchi, J. U. (1999): Spatial and temporal magnetic anomalies of Colima volcano, western Mexico, Geofisica Internacional, Vol. 38, No. 1, 3–16.

- Lovrić, P., Križovan, Z. (1986): I Palagruža je Jugoslavija – o prikazu Jugoslavije na kartama sitnijih mjerila, 5. Jugosl. savjetovanje o kartografiji, Zbornik, knjiga I, Novi Sad, 207–216.
- Marjanović, M. (2010): CROPOS hrvatski pozicijski sustav, Ekscentar, 12, 28–34.
- Marković, M. (2004): Hrvatski otoci na Jadranu, Naklada Jesenski i Turk, Zagreb.
- Ministarstvo obrane RH (1995): Katalog trigonometrijskih točaka po listovima, Biograd 519-1,2,4.
- Mokrović, J. (1928): Razdioba glavnih elemenata Zemaljskog magnetizma u Kraljevini SHS, Rad Geofizičkog Zavoda u Zagrebu, Zagreb, 3–14.
- Mokrović, J. (1955): Približne vrijednosti magnetske deklinacije u FNRJ početkom 1955. Almanah “Bošković”, Zagreb, 184–191.
- Pavasović, M., Pilić, M., Brkić, M. (2009): Dvije crtice o Jabuci, Ekscentar, 11, 18–19.
- Peterca, M., Čolović, G. (1987): Geodetska služba JNA, Monografija, Vojnoizdavački i novinski centar, Beograd.
- Pilar, G. (1890): Geografske koordinate ili položaji glavnijih tačaka Dalmacije, Hrvatske, Slavonije i dielomice susjednih zemalja, imenito Bosne i Hercegovine, Istre, Kranjske itd. na temelju nove specijalne karte austrougarske monarkije u mjerilu 1:75 000, Jugosl. akademija znanosti i umjetnosti, Djela, Knjiga X., Zagreb.
- Solarić, R. (1995): Kopija karte (plana) Palagruže (1:10 000) iz 1964., kopija zapisnika računanja koordinata i popisa koordinata.
- Šljivarić, M. (2010): Optimizacija metodologije 3D transformacija koordinata u Hrvatskoj, doktorska disertacija, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Vilus, I. (2010): Osobni razgovori i dopisivanje.
- URL 1: NYPL Digital Gallery, http://digitalgallery.nypl.org/nypldigital/dgkeysearchdetail.cfm?trg=1&strucID=574747&imageID=1227017&parent_id=487154&word=&snum=&s=¬word=&d=&c=&f=&k=0&sScope=&sLevel=&sLabel=&total=773&num=740&imgs=20&pNum=&pos=753, (25.5.2010.).
- URL 2: DGU, <http://www.dgu.hr/UserDocsImages/tk25nove.pdf>, (24.3.2010.).
- URL 3: NOAA, <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/EMM/index.html>, (25.5.2010.).
- URL 4: NOAA, <http://www.ngdc.noaa.gov/IGA/vmod/igrf.html>, (25.5.2010.).
- URL 5: NOAA, <http://ngdc.noaa.gov/geomag/WMM/DoDWMM.shtml>, (25.5.2010.).

Geomagnetic and GNSS Survey of the Island Jabuka Peak

ABSTRACT. A station of the Croatian Geomagnetic Network for Field Mapping was setup on Jabuka peak in March 2010. For the first time reliable coordinates of the island peak were determined using static GNSS measurements and applying CROPOS. Observed geomagnetic field total intensity, as well as its corresponding gradients, point to large and negative anomaly on the very peak of Jabuka.

Keywords: Jabuka, geomagnetic anomaly, GNSS, CROPOS.

Prihvaćeno: 2011-08-31