

UDK 551.2/3:551.24:528.41(234.422.1)(497.5):528.06:004.4
Izvorni znanstveni članak / Original scientific paper

Geodinamička GPS mjerenja u odabranom test području Dinarida i usporedba s recentnim geološkim tektonskim pokretima

Lidija ŠPIRANEC – Varaždin¹,
Almin ĐAPO, Boško PRIBIČEVIĆ – Zagreb²

SAŽETAK. U području Dinarida, u čijoj građi prevladavaju mezozojske karbonatne stijene, na više mjesta pojavljuju se i znatnije mase paleozojskih stijena, koje su građene od gipsa i anhidrita. U hrvatskom dijelu Dinarskoga gorja takve pojave najzastupljenije su u prostoru Knina, Vrlike, Sinja i Drniša koje je odabrano za test područje. U recentno vrijeme u područjima s kemogenim sedimentima primijećena je veća tektonska aktivnost. Na odabranom test području starije paleozojske stijene nalaze se u dolinama, iako bi se očekivalo da se nalaze na okolnim brdima. Kako bi se detaljnije proučio i empirijski geodetskim metodama doveo u vezu nastanak dolina u reljefu s deformacijama paleozojskih stijena, uspostavljena je geodetska GPS mreža za potrebe određivanja geodinamičkih pomaka na test području. Ovim se radom nastoje prezentirati rezultati dvogodišnjeg istraživanja geodinamičkih pomaka na području od Knina do Sinja. U tri GPS kampanje tijekom dvije godine izvedena su mjerenja na osam geodetskih točaka, koje su stabilizirane u interesnom području tako da se omogući maksimalna točnost mjerenja uz prisilno centriranje GPS antena iznad točaka. Računalna obrada GPS mjerenja izvedena je uz pomoć znanstvenog softvera GAMIT/GLOBK, programskog paketa za analizu GPS mjerenja razvijenog na Massachusetts Institute of Technology (MIT), posebno za određivanje geodinamičkih pomaka, izrađenog u prvom redu za istraživanja deformacija Zemljine kore.

Ključne riječi: geodinamika, anhidrit, Dinaridi, GPS, GAMIT/GLOBK.

1. Uvod

Proučavanjem hrvatskog dijela Dinarida posljednjih godina dobiveni su novi podaci o dinamici strukturnog sklopa. U to su uključeni tektonski pokreti, položaji i odnosi strukturnih jedinica te određivanje ovisnosti djelovanja stresa i deformacija

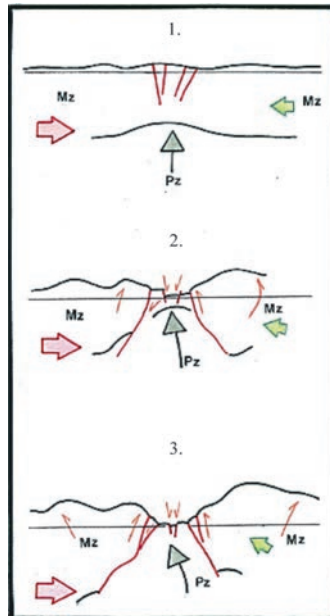
¹ dr. sc. Lidija Špiranec, GEO-DIN d.o.o., Stanka Vraza 15, HR-42000 Varaždin, Hrvatska, e-mail: lidija.spiranec@gmail.com,

² doc. dr. sc. Almin Đapo, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: adapo@geof.hr,

prof. dr. sc. Boško Pribičević, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: bpribic@geof.hr.

struktura. O tome se govori u Pribičević i dr. (2002), Pribičević i dr. (2003), Pribičević i dr. (2004), Medak i dr. (2006), Pribičević i dr. (2006), Bennett i dr. (2008), Marjanović (2009), Vrabc i dr. (2010), Marjanović i dr. (2012), Đapo i dr. (2014).

Prema geološkoj klasifikaciji područje istraživanja nalazi se u dodiru prostora između regionalnih strukturnih jedinica Adriatik (oznaka 1 na slici 4) i Dinarik (oznaka 2 na slici 4). U oblikovanju recentnog strukturnog sklopa bitni su inicijalni tektonski pokreti tzv. Jadranske mikroploče. Pomaci izazivaju kompresiju prostora. Regionalna strukturna jedinica Adriatik dio je Jadranske mikroploče. Nastala je u prostoru sudara mikroploče i Dinarida. Granicama spomenutih jedinica pružaju se najvažniji rasjedi u recentnom strukturnom sklopu. Nastaju reverzne strukture. Najvažnije je istaknuti da se na površini u svim obuhvaćenim uzdignutim strukturama nalaze mezozojske karbonatne stijene te mlađe kenozojske paleogenske i neogenske karbonatne klastične stijene. U spuštenim dijelovima reljefa u krškim poljima prisutne su starije stijene paleozojske starosti i pretežito klastične stijene, anhidriti i gips. Njihov položaj upućuje na kompresiju prostora, boranje i prodore tih stijena na površinu (slika 1). Odredba tektonskih pokreta



Slika 1. Rekonstrukcija nastanka krških polja.

LEGENDA:

Mz pretežito vapnenci i dolomiti

Pz klastiti, škriljavci, anhidriti i gipsevi

→ smjer pomaka Jadranske mikroploče u dubini

← smjer odupiranja pomacima mikroploče na Dinaridima

↑ smjer uzdizanja kompleksa paleozojskih stijena zbog izražene kompresije prostora rasjedi koji nastaju zbog boranja i uzdizanja kompleksa paleozojskih stijena te u graničnom prostoru nastaloga krškog polja

↗ ↘ smjer pomaka u krovinskim krilima rasjeda i u dijelovima nastalih uzdignutih struktura

koji uvjetuju prisutne položaje i odnose stijena bili su razlog postavljanja geodetskih točaka unutar pojedinih polja i u rubnim dijelovima Svilaje (oznaka 3 na slici 4). Usporedba geoloških mjerenja pomaka stijena u krilima rasjeda i geodetskih točaka izravno je poslužila u odredbi prisutne recentne tektonske aktivnosti.

Na odabranom test području starije paleozojske stijene nalaze se u dolinama iako bi se mogle očekivati na okolnim brdima, gdje se u ovom slučaju nalaze mlađe karbonatne stijene iz mezozoika. Kako bi se detaljnije proučio i empirijski geodetskim metodama doveo u vezu nastanak dolina u reljefu, tj. povezanost s deformacijama paleozojskih stijena, uspostavljena je geodetska GPS mreža za potrebe određivanja geodinamičkih pomaka na test području. Precizna GPS mjerenja provode se radi utvrđivanja smjerova i brzina gibanja točaka stabiliziranih u paleozojskim stijenama (gips/anhidriti) u odnosu na točke u mezozojskim stijenama (vapnenci/dolomiti) te utvrđivanja povezanosti s recentnim geološkim tektonskim pokretima.

Konačni rezultat geodetskih mjerenja je model gibanja, koji objašnjava gibanje terena u prošlosti i daje predikciju gibanja u budućnosti.

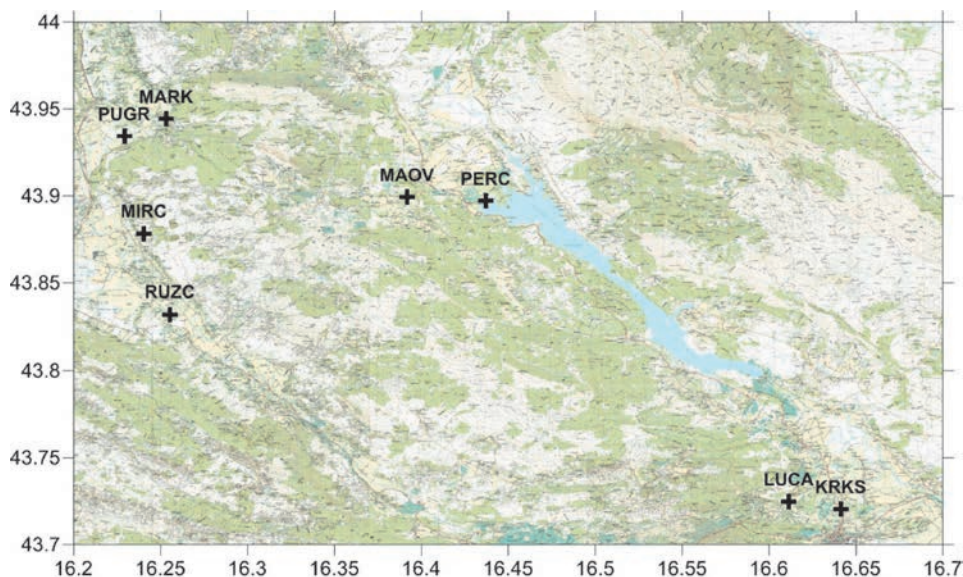
2. Geodinamička mreža u području Dinarida

Metodologija korištena na geodinamičkoj mreži u području Dinarida većim je dijelom preuzeta iz vrlo uspješnoga geodinamičkog istraživanja na širem području Zagreba iz projekta „Geodinamička mreža Grada Zagreba“, o kojem je riječ u Medak i Pribičević (2001), Đapo (2005), Đapo (2009) i Špiranec (2010), koji je rađen po uzoru na metodologiju opisanu u Dong i dr. (1998).

Unutar interesnog područja određena su četiri segmenta, unutar kojih su stabilizirani parovi geodetskih točaka. Riječ je o mjestima na kojima se nalaze gipsevi i anhidriti, a približno ih možemo locirati u okolici Knina, Drniša, Vrlike i Sinja. Prvi korak prije stabilizacije točaka bio je približno odrediti granice koje odvajaju područja s gipsom/anhidritom od karbonatnih područja. Nakon toga na četiri lokacije postavljeni su parovi točaka, tako da je jedna točka uvijek u području evaporitnih stijena (najčešće gips), a druga u području karbonatnih stijena (krš) blizu prve, ali izvan granice evaporitnih sedimenata. Na taj način omogućeno je praćenje apsolutnih pomaka točaka te relativno prema parovima.

Geodetske točke stabilizirane su betonskim stupovima s ugrađenom prokrom bolcnom, koja u sebi ima navoje za pripadajuće nastavke na koje se postavi antena. Na bolcne se prilikom izvođenja GPS mjernih kampanja pomoću posebnih nastavaka prisilno centriraju GPS antene, čime se eliminiraju pogreške centriranja i visine antene, prilikom višekratnog postavljanja u dužem vremenskom razdoblju (slika 3).

U sklopu ovog istraživanja izvedene su tri GPS mjerne kampanje. Nulta kampanja bila je 9. siječnja 2014., prva 2. srpnja 2014., a druga 9. travnja 2015. godine. Tijekom svih triju kampanja nastojalo se jednakom metodom prikupljanja podataka osigurati što manja odstupanja u mjerenju. Prije izvođenja kampanja obavljeno je detaljno planiranje te su intervali opažanja birani prema PDOP-u i ostalim parametrima. Kampanje su trajale po 12 sati, GPS mjerenja koja su izvedena s intervalom opažanja od 10 sekundi, tj. tijekom svake kampanje prikupljeno je 4320 epoha mjerenja. Položaj točaka na digitalnoj ortofoto karti jasno je vidljiv na slici 2.



Slika 2. Položaj točaka mreže na TK25.

U tablici 1 nalazi se popis točaka i njihovih kratica korištenih u obradi na kojima su izvedene GPS mjerne kampanje.

Tablica 1. Popis točaka mreže.

Kratica	Naziv točke	Opis točke
KRKS	Karakašica	točka u gipsu
LUCA	Lučani	točka u kršu
MAOV	Maovice	točka u kršu
MARK	Markovac	točka u kršu
MIRC	Mirčetići	točka u kršu
PERC	Peruća	točka u gipsu
PUGR	Pusto Groblje	točka u gipsu
RUZC	Ružić	točka u gipsu
GRAC	Gračac	CROPOS točka
SIBE	Šibenik	CROPOS točka
ZADA	Zadar	CROPOS točka
GRAZ	Graz	EUREF točka
MATE	Matera	EUREF točka



Slika 3. Prisilno centriranje na točkama Karakašica i Lučani.

Računalna obrada GPS mjerenja izvedena je uz pomoć znanstvenog softvera GAMIT/GLOBK, programskog paketa za analizu GPS mjerenja razvijenog na Massachusetts Institute of Technology (MIT), posebno za određivanje geodinamičkih pomaka, izrađenog u prvom redu za istraživanja deformacija Zemljine kore. O programu se govori u Herring i dr. (2015a) te Herring i dr. (2015b). Za obradu geodinamičke mreže na Dinaridima korištena je inačica programa 10.65 na OS Ubuntu Linux 14.0.

GAMIT je kolekcija programa za obradu podataka faznih mjerenja, za procjenu trodimenzionalnih relativnih položaja baznih stanica i satelitskih orbita, atmosferskih zenitnih kašnjenja i Zemljinih orijentacijskih parametara. Ulazni podaci za GAMIT sirovi su podaci u RINEX formatu. Primarni rezultat obrade mjerenja „labava“ su rješenja u obliku H-datoteke, u kojoj su procijenjeni parametri pripadajuće kovarijance, koja se prosljeđuje u GLOBK program.

GLOBK je Kalmanov filtar, kojega je primarna svrha kombiniranje nekoliko geodetskih rješenja za dobivanje rezultata. Uloga GLOBK programa je kombiniranje podataka iz više sesija radi dobivanja položaja i brzina opažanih točaka, matrica kovarijance, Zemljinih orijentacijskih i orbitalnih parametara.

Izjednačenje mreže izvedeno je na dva načina: u odnosu na CROPOS i EUREF mrežu, kao što je spomenuto u Marjanović i Link (2009), Bruyninx (2011). Budući da je geodinamička mreža na Dinaridima lokalnoga karaktera, pouzdanije je izjednačenje u odnosu na CROPOS točke (Gračac, Šibenik i Zadar). EUREF izjednačenje (točke Matera i Graz) korišteno je da se potvrdi trend gibanja dobiven CROPOS izjednačenjem.

3. Rezultati obrade i usporedba s recentnim geološkim tektonskim pokretima

Rezultati obrade, tj. brzine dobivene na točkama mreže, prikazani su u tablici 2, a njihov statistički prikaz u tablici 3.

Tablica 2. Rezultati obrade GPS kampanja – brzine na točkama geodinamičke mreže.

	E iznos [mm/god]	N iznos [mm/god]	H iznos [mm/god]	σ [mm]
KRKS	-11,39	-4,28	0,73	0,84
LUCA	10,91	-5,83	-7,78	0,82
PERC	-6,33	-9,24	28,42	0,90
MAOV	13,18	4,12	-0,05	0,62
RUZC	-0,32	-1,77	6,65	0,82
MARK	-0,14	-0,91	-20,35	0,83
MIRC	-0,50	-0,49	-0,59	0,60
PUGR	0,93	-3,93	8,28	0,55

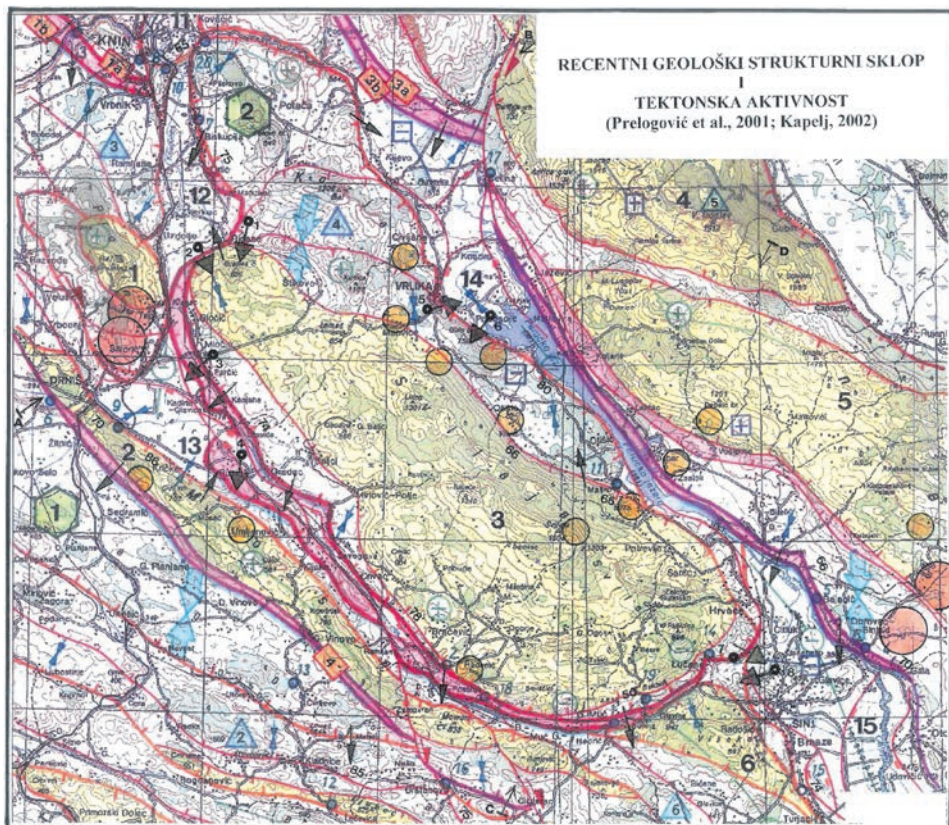
Tablica 3. Statistički prikaz brzina dobivenih na točkama geodinamičke mreže.

	v_p [mm/god]	v_λ [mm/god]	v_H [mm/god]	v_{2D} [mm/god]	v_{3D} [mm/god]
Min	0,49	0,14	0,05	0,70	0,92
Max	9,24	13,18	28,42	13,81	30,55
Avg	3,82	5,46	9,11	7,13	13,57

Nakon izvedenih mjerenja na geodetskim točkama i utvrđivanja smjera i kuta njihovih pomaka bilo je potrebno dobivene podatke usporediti s geološkim mjerenjima izvedenima u izdancima rasjeda. Iz tablice 2 je vidljivo da dobiveni geodetski podaci pokazuju ambiguitete recentnih terestričkih pokreta u razdobljima izvedenih mjerenja.

U lokalnom strukturnom sklopu (slika 4) obuhvaćene su uzdignute strukture Promine (1), Moseća (2), Svilaje (3) te dijelovi struktura Troglava (4) i Kamešnice (5). Osim najvažnijih rasjeda sklopova: Knin–Muć–Sinj (1), Kaldrma–Strmica–Vrlika–Sinj (3) i Novigrad–Drniš (4) izdvojeni su i rasjedi koji graniče s većim lokalnim strukturama nizovima reversnih struktura, zatim pojedini prateći rasjedi i rasjedi duž čijih krila prevladavaju horizontalni pomaci, te važniji rasjedi unutar struktura.

Važno je istaknuti da se pojedine strukture i rasjedi izravno odražavaju u reljefu. To je znak prisutne recentne tektonske aktivnosti, koja bitno utječe na oblikovanje



Slika 4. Recentni geološki strukturalni sklop i tektonska aktivnost na zadanom području sa smjerovima pomaka geodetskih točaka; izvorna karta iz Prelogović i dr. (2001), Kapelj (2002).


LEGENDA:

A. STRUKTURE

- 1 Regionalne strukturalne jedinice:
 - 1 – Adriatik; 2 – Dinarik
- Strukturalne jedinice:
 - 1 2 – Ravni kotari – Šibenska i Kaštelanska zagora; 3 – Bukovica – Promina – Moseć; 4 – Plavno – Svilaja; 5 – Ilica – Dinara – Kamešnica – Zavelin; 6 – Mosorska i Biokovska zagora
- 1** Veće lokalne uzdignute strukture ograničene duž krila reversnim rasjedima suprotne vergencije:
 - 1 – Promina; 2 – Moseć; 3 – Svilaja; 4 – Troglav; 5 – Kamešnica (4 i 5 dijelovi velike strukture Dinara); 6 – Visoka
- 11** Veće lokalne spuštene strukture smještene između uzdignutih strukturala:
 - 11 – Kninsko polje; 12 – Kosovo polje; 13 – Petrovo polje; 14 – Vrlika; 15 – Sinjsko polje
- Najistaknutiji dijelovi lokalnih uzdignutih strukturala
- + Osi minimuma i maksimuma izostatskih gravimetrijskih anomalija
- Osi minimuma i maksimuma rezidualnih gravimetrijskih anomalija


B. RASJEDI


najvažniji rasjedi strukturnog sklopa (a, b – trase glavnih rasjeda iz zona)

 1 – rasjed Knin – Muć – Sinj označava granicu između regionalnih strukturnih jedinica

 Rasjedi koji označavaju granicu između strukturnih jedinica: 3 – rasjed Kaldurma – Strmica – Vrlika – Sinj; 4 – rasjed Novigrad – Drniš

ostali važni rasjedi strukturnog sklopa


 Rasjedi koji označavaju granicu između većih lokalnih struktura i rasjedi vergencije prema JJZ (jug–jugozapad) koji označavaju granicu između nizova reversnih struktura unutar obuhvaćenog dijela regionalne strukturne jedinice Adriatik (1)

 Rasjedi unutar većih struktura i pojedinih zona rasjeda, zatim prateći rasjedi i ogranci najvažnijih rasjeda sklopa, te rasjedi koji upućuju na položaje i pružanja relativno manjih lokalnih struktura i rasjedi s prevladavajućom horizontalnom komponentom pomaka krila


oznake za:

 Reversne rasjede

 Normalne rasjede

 Rasjede neodređenoga karaktera

76 Kut nagiba rasjeda

 Rasjede s prevladavajućom horizontalnom komponentom pomaka krila


 Zone rasjeda


C. TEKTONSKA DINAMIKA STRUKTURNOG SKLOPA

 Orijehtacija maksimalnoga kompresijskog stresa

 Orijehtacija lokalnoga kompresijskog stresa

 Epicentri potresa magnitude 5.1 – 6.0 po Richterovoj ljestvici

 Epicentri potresa magnitude do 4.0 po Richterovoj ljestvici koji su se dogodili u razdoblju 1997. – 2016.

 Tektonske najaktivnije dionice najvažnijih rasjeda strukturnog sklopa

 Geodetske točke s naznakom smjera pomaka

 Točke izdanka rasjeda

 Seizmotektonski profil

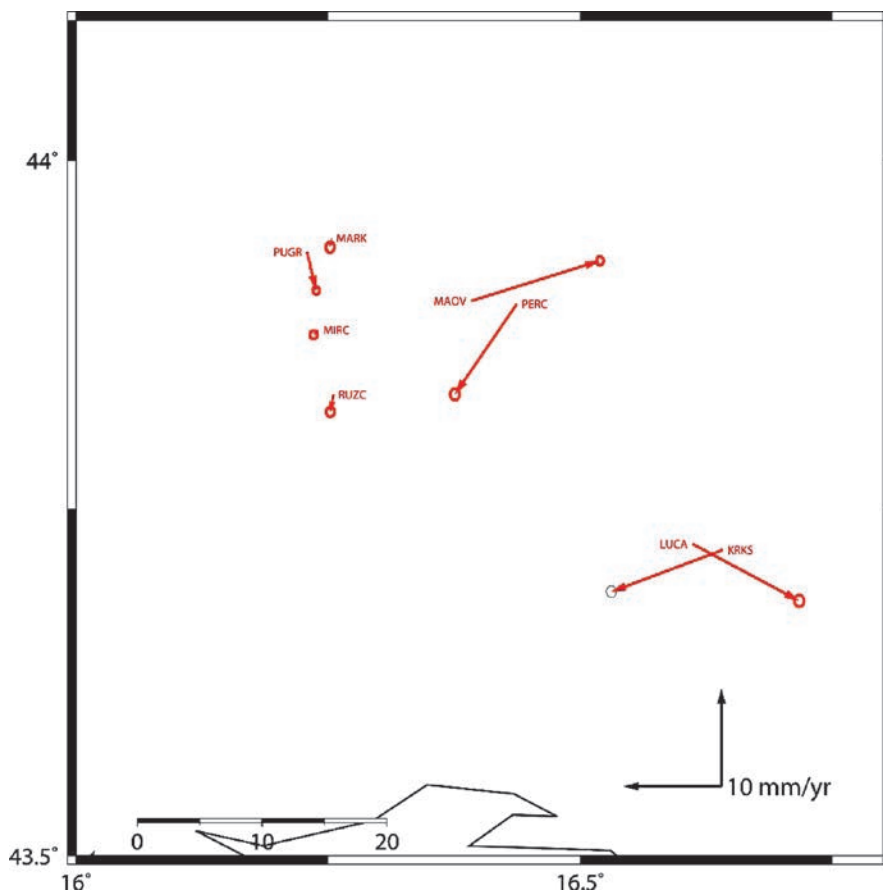
reljefa. Kompresija prostora reversne strukture prikazana je istaknutim brdima ili nizovima manjih brda. Osobito su u reljefu uočljivi rasjedi. U krovinskim krilima najvažnijih rasjeda sklopa, zbog reversnih pomaka, nastaju strmi i odsječeni obronci i strmci u reljefu. Pojedine jaruge (doline) uvijek nastaju u zonama rasjeda.

Na slici 4 nalaze se geodetske točke s naznakama smjerova pomaka na karti na kojoj je prikazan recentni geološki strukturni sklop i tektonska aktivnost. S druge strane, geodetski izmjereni smjerovi pomaka parova točaka Markovac–Pusto groblje i Mirčetići–Ružić posve odgovaraju smjerovima pomaka podinskih i krovinskih krila te orijentacijama stresa. Geodetski pomaci na parovima točaka Maovice–Peruća i Lučani–Karakasića vrlo su slični dosadašnjim geološkim podacima i predstavljaju tektonske promjene, o kojima će se voditi računa u sljedećim istraživanjima.

Važno je istaknuti da prikupljeni podaci pokazuju kako je tektonska aktivnost stalno prisutna. Podudaranje smjerova pomaka utvrđenih geološkim i geodetskim

mjerenjima te osobito uzdizanje točaka u Kosovu polju, Petrovu polju i Vrlici pozudano upućuju na daljnje deformacije geoloških struktura i prodiranje paleozojskih stijena na površinu u uvjetima kompresije prostora. Posljedice tektonske aktivnosti jesu i pojave potresa koji se stalno događaju (slika 4).

Na slici 5 prikazani su vektori brzina pomaka na točkama geodinamičke mreže s pripadajućim elipsama pogrešaka u zadanom mjerilu.



Slika 5. Vektorski prikaz brzina s elipsama pogrešaka na točkama.

4. Zaključak

Dinaridi su geološki vrlo specifičan prostor zbog položaja na granici strukturalnih jedinica Jadranske mikroploče: Adriatik i Dinarik. Stoga već dugi niz godina predstavljaju interesno područje za mnoga interdisciplinarna znanstvena istraživanja, među ostalim i geološko-geodetska.

Cilj je ovog istraživanja bio da se tijekom dvogodišnjih geodetskih mjerenja u tri izvedene GPS kampanje izradi model gibanja paleozojskih stijena u odnosu na mezozojske na odabranom test području Dinarida, u prostoru Knina, Drniša, Vrlike i Sinja, kako bi se detaljnije proučio i geodetskim metodama doveo u vezu nastanak dolina u reljefu s deformacijama paleozojskih stijena. Preciznim GPS mjerenjima utvrđeni su smjerovi i brzine gibanja točaka stabiliziranih u paleozojskim stijenama (gips/anhidriti) u odnosu na točke u mezozojskim stijenama (vapnenci/dolomiti) te povezanost s recentnim geološkim tektonskim pokretima.

Obradom provedenih GPS mjerenja na geodinamičkoj mreži u znanstvenom softveru GAMIT/GLOBK dobivene su horizontalne brzine pomaka u iznosima od 0,7 do 13,8 mm/god te prostorne brzine pomaka od 0,9 do 30,6 mm/god. Potvrđeno je da točke stabilizirane u područjima s kemogenim sedimentima imaju veće iznose pomaka u odnosu na točke stabilizirane u krovinskim stijenama te da se uzdižu u odnosu na njih.

Na kraju treba naglasiti da su tektonski pokreti u promatranom području stalno prisutni. Tu je također prisutna kompresija prostora s različitim pomacima te rotacija i uzdizanje stijena koje prate pojave potresa. Podaci dobiveni u sklopu predmetnog istraživanja izravno pokazuju najaktivnije dijelove reversnih struktura i najvažnijih rasjeda obuhvaćenoga geološkog strukturnog sklopa. Kao jedan od najvrjednijih rezultata možemo smatrati postignutu mogućnost korelacije geodetskih i geoloških podataka.

ZAHVALA. Veliko hvala prof. dr. sc. Eduardu Prelogoviću, koji je dao veliki doprinos ovom radu svojim sudjelovanjem te nesebičnim dijeljenjem svoga ogromnog znanja i iskustva.

Literatura

- Bennett, A. R., Hreinsdottir, S., Buble, G., Bašić, T., Bačić, Ž., Marjanović, M., Casale, G., Gendaszek, A., Cowan, D. (2008): Eocene to present subduction of southern Adria mantle lithosphere beneath the Dinarides, *Geology*, 36, 1, 3–6.
- Bruyninx, C. B. Q. (2011): The EUREF Permanent Network (EPN): Recent Developments and Key Issues, Moldova, May 25–28, Presented at EUREF symposium.
- Dong, D., Herring, T., King, R. (1998): Estimating regional deformation from a combination of space and terrestrial geodetic data, *Journal of Geodesy*, 72, 4, 200–214.
- Đapo, A. (2005): Obrada i interpretacija geodetskih mjerenja na Geodinamičkoj mreži Grada Zagreba, magistarski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Đapo, A. (2009): Korelacija geodetskog i geološkog modela tektonskih pomaka na primjeru šireg područja Grada Zagreba, doktorski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Đapo, A., Pribičević, B., Špiranec, L. (2014): Determination of recent movements of lithosphere in regions with chemogenic sediments on the surface in the Dinarides region, *Reports on geodesy*, 96, 20–26.
- Herring, T., Floyd, M., King, R., McClusky, S. (2015a): GPS Analysis at MIT – Release 10.6, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.

- Herring, T., Floyd, M., King, R., McClusky, S. (2015b): Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program – Release 10.6, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- Kapelj, J. (2002): Strukturni sklop šireg područja Promine u sjevernoj Dalmaciji i odraz na hidrogeološke odnose, doktorski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Marjanović, M. (2009): Primjena GPS mjerenja za određivanje horizontalnih i vertikalnih pomaka Jadranske mikroploče, doktorski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Marjanović, M., Link, P. H. (2009): CROPOS – priručnik za korisnike, Državna geodetska uprava Republike Hrvatske, Zagreb.
- Marjanović, M., Bačić, Ž., Bašić, T. (2012): Determination of Horizontal and Vertical Movements of the Adriatic Microplate on the Basis of GPS Measurements, International Association of Geodesy Symposia, 136, 683–688.
- Medak, D., Pribičević, B. (2001): Geodynamics GPS-Network of the City of Zagreb, The Stephan Mueller topical conference of the European Geophysical Society: Quantitative neotectonic and seismic hazard assessment: new integrated approaches for environmental management, Balatonfüred, Hungary.
- Medak, D., Pribičević, B., Prelogović, E. (2006): Geodesy, tectonics and geodynamics of Dinarides, Reports on geodesy, 76, 1, 85–90.
- Prelogović, E., Pribičević, B., Dragičević, I. (2001): Recentni strukturni sklop Dinarida, elaborat.
- Pribičević, B., Medak, D., Prelogović, E. (2002): Determination of the recent structural fabric in the Alps-Dinarides area by combination of geodetic and geologic methods, Raziskave s področja geodezije in geofizike 2002, zbornik predavanja, Kuhar, M., Brilly, M. (eds.), Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani, 57–64.
- Pribičević, B., Medak, D., Prelogović, E. (2003): Investigation of Geodynamics of Adriatic Micro-Plate by means of Geodetic, Geophysical and Geologic Methods, Reports on Geodesy, 64, 1, 85–92.
- Pribičević, B., Medak, D., Prelogović, E. (2004): Geodetic and geologic research of recent tectonic activity in Dinarides, Reports on geodesy, 69, 2, 125–131.
- Pribičević, B., Medak, D., Prelogović, E. (2006): Geodetic and geologic research of recent tectonic activity in Dinarides, Reports on geodesy, 79, 4, 173–180.
- Špiranec, L. (2010): Obrada i interpretacija geodetskih GPS mjerenja na Geodinamičkoj mreži Grada Zagreba za period 2008.–2009. godine, diplomski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Vrabec, M., Tomljenović, B., Sterle, O., Bačić, Ž., Bašić, T., Marjanović, M., Stopar, B. (2010): Adria microplate motion and active deformation of the Dinarides – inferences from Global Positioning System (GPS) data, 4. hrvatski geološki kongres, Hrvatski geološki institut, Zagreb.

Geodynamic GPS Measurements in the Dinarides Test Area and Comparison to Recent Geological Tectonic Movements

ABSTRACT. In the area of carbonate or karst Dinarides, besides the dominant Mesozoic carbonate rocks, in many places more significant mass of Paleozoic sediments can be found, represented by gypsum and anhydrite. In the Croatian part of the Dinara Mountains such phenomena are most frequent in the area of Knin, Vrlika, Sinj and Drniš which was selected for the test area. Recently, in areas with chemogenic sediments, a larger tectonic activity has been noted. At the selected test area older Paleozoic rocks are located in the valleys, although it is expected to be located on the surrounding hills. For a detailed study and empirical correlation of valley formation in the relief with deformations of Paleozoic rock formations using geodetic methods, a geodetic GPS network for the purpose of determination of geodynamic movements in the test area has been established. The goal of this article is to present the results of a 2-year research of geodynamic shifts in the area between Knin and Sinj. The measurements were carried out through 3 GPS campaigns (every 6 months) on 8 geodetic points, which were stabilized in the area of interest with forced centring of GPS antenna above points, in order to enable maximum measurement accuracy. Computer processing of GPS measurements was made with scientific software GAMIT/GLOBK, the software package for analysis of GPS measurements developed at the Massachusetts Institute of Technology (MIT), particularly for the determination of geodynamic movements, designed primarily for research of the Earth's crust deformation.

Keywords: geodynamics, anhydrite, Dinarides, GPS, GAMIT/GLOBK.

Primljeno / Received: 2016-03-20

Prihvaćeno / Accepted: 2016-04-25