

НОВИ ПАЛЕОМАГНЕТСКИ РЕЗУЛТАТИ ИЗ УНУТРАШЊИХ ДИНАРИДА, ЈЗ СРБИЈА

Márton, E.^{1*}, Fodor, L.², Kövér, Sz.², Lesić, V.³, Đerić, N.⁴, Gerzina Spajić, N.⁴

¹ – Mining and Geological Survey of Hungary, ² – MTA-ELTE Geological, Geophysical and Space Research Group, Budapest, Hungary, ³ – Републички геодетски завод, Центар за геомагнетизам и аерономију "Милутин Миланковић", Београд, Србија, ⁴ – Универзитет у Београду - Рударско геолошки факултет, Београд, Србија (*e-mail: paleo@mbfsz.gov.hu)

Кључне речи: Унутрашњи Динариди, Србија, палеомагнетизам, ротација

УВОД

Као резултат сарадње између мађарских и српских стручњака у области палеомагнетизма у последњим деценијама објављен је палеомагнетски рад о Фрушкој Гори (Лесић и др., 2007) и други рад о магнетском склопу интрузивних и екструзивних магматских стена подручја Копаоника (Лесић и др., 2013). Током последњих година испитивано је неколико "overstep" секвенци из западно Вардарске зоне. Циљ нашег садашњег истраживања био је да се сазна да ли су јединице које припадају унутрашњим Динаридима ротирале у истом смислу као "overstep" секвенце или су се одиграле различите ротације. Из тог разлога узорковали смо 12 локалитета у истраживаном подручју. Пет од њих представљају каснокредне седименте у подручју планине Тара, док други географски широко распоређе локалитете тријаске и јурске сукцесије. Узорковани локалитети припадају различитим навлакама.

СТАРОСТ И ТЕКТОНСКА ПОЗИЦИЈА ЛОКАЛИТЕТА ПАЛЕОМАГНЕТСКОГ УЗОРКОВАЊА

Испитивано подручје се налази у југозападној Србији (планина Тара, планина Златибор и околина Сјенице). Током теренских истраживања прикупљено је 127 независно "in situ" оријентисаних језгара. На пет локалитета, у области планине Тара, узорковани су алб-туронски седименти, који пост-датирају главна навлачења на простору Динарида.

Тријаско-јурски седименти који су узорковани на осталим локалитетима, према Schmid et al. (2008), представљају мезозојски стратиграфски покров Дринско-ивањичке или Источнобосанско-дурмиторске јединице. Током тријаса и јуре, обе јединице биле су део маргине Адрије.

Анизијски карбонати узорковани су на локалитетима Перуђачко језеро и каменолом Клисура. Према Porkoláb et al. (2017), локалитет Перуђачко језеро припада Југоисточној тријаској јединици, која не представља стратиграфску повлату палеозоика Дринско-ивањичке јединице, већ је њен данашњи положај преко Дринско-ивањичке јединице резултат СИ-ЈЗ сужења простора, вероватно током најмлађе креде или палеогена.

Хемипелашки седименти тријаско-јурски секвенци узорковани су на три локалитета – Љубиш, Крш Градац и Тријебинска река (околина Сјенице). Према Schmid et al. (2008) узорковани седименти локалитета Љубиш и Крш Градац представљају стратиграфски покров Источнобосанско-дурмиторске јединице и њихова повлата је офиолитски меланж.

Gawlick et al. (2017) наводе да усложени, калцификовани радиоларити са интеркалацијама силицијских турбидита и финозрних редепонованих седимената локалитета Љубиш су наталожени у дубоководном трогу испред Дринско-ивањичке навлаке. Исти аутори сматрају да горњотријаски до средњојурски седименти локалитета Љубиш и локалитета Крш Градац су сличних карактеристика. Према Gawlick et al. (2017), узорковани доњојурски седименти локалитета Крш Градац су депоновани на узвишењима горњотријаске тонуће дахштајнске карбонатне платформе и представљају типичне фације отвореног мора.

Тријаско-јурски седименти локалитета Тријебинска река представљени су усложеним кречњацима са прослојцима лапораца, ретких рожнаца и местимично крупнозрних алодапских слојева. У вишим деловима профила учестилији је пелитски материјал, као и хоризонти бреча и микробреча. Према Schmid et al. (2008), овај локалитет припада Дринско-ивањичкој навлаци.

ПАЛЕОМАГНЕТСКИ РЕЗУЛТАТИ

Палеомагнетски узорци стандардне величине припремљени су од оријентисаних избушених језгара. Природна реманентна магнетизација (НРМ) и магнетска суцептибилност сваког узорка измерени су у природном стању. Следила је термална демагнетизација или демагнетизација наизменичним пољем корак по корак док се сигнал НРМ-а није изгубио. Криве демагнетизације анализиране су линеарном анализом, а компоненте НРМ-а одвојене када је НРМ била композитана. За већину група било је могуће дефинисати статистички добре палеомагнетске правце. Била су само два горња кредна локалитета гдје је угао поузданости за средњи правац нешто већи од идеалног. У палеомагнетској популацији две групе могу бити препознате. Љубиш и Тријебинска река припадају првој, показујући умерену СК ротацију. Остатак изгледа да припада групи која је могла претрпети умерену ССК ротацију. Стицање магнетизације за обе групе је пост-наборне старости.

Табела 1. Преглед средњих правца на нивоу локалитета на основу резултата линеарне анализе компонената (Kirschvink 1980). Кључ: Lat.N, Lon.E: географске координате (WGS84) мерене GPS-ом (Garmin GPSmap 60CSx); n/no: број коришћених/узоркованих узорака (узорци су независно оријентисана језгра); D, I (Dc, Ic): деклинација, инклинација пре (после) корекције за слој; k и α_{95} : статистички параметри (Fisher 1953).

	Locality	Lat.N Lon.E	n/no	D°	I°	k	α_{95} °	Dc°	Ic°	k	α_{95} °	dip
1	Zaovina lake Z1-10, Ce-Tu	43.90 19.39	7/10	305.8	67.9	66	7	354.4	38.1	66	7	22/43
2	Zaovina lake Z11-24, Ce-Tu	43.90 19.38	10/14	354.8	57.8	95	5	357.5	30.9	55	5	2/27
3	Perućac lake Z25- 33 Anisian	43.96 19.38	9/9	347.4	46.1	44	8	295.4	65.9	44	8	204/37
4	Klisura quarry Z34-52, Anisian	43.70 19.87	19/19	348.7	56.9	76	4	310.5	33.0	76	4	271/42
5	Ljubiš Z53-64 Upper Triassic	43.62 19.85	9/12	34.5	49.4	13	15	20.5	23.1	16	13	336/23 6/53
6	Trijebinska reka Z79-90 Late Triassic-Early Jurassic	43.25 19.99	9/12	32.6	41.8	38	9	318.0	59.8	38	9	251/54
7-9	Krš Gradac Z91-104, Lower Jurassic-Aalenian	43.29 19.94	13/14	329.3	58.2	30	8	271.9	50.2	28	8	variable
10	Mokra Gora Z105-112, Ce-Tu	43.80 19.50	5/8	325.1	53.5	12	23	302.0	72.7	12	23	165/22
11	Mokra Gora Z113-119, Upper Cretaceous	43.77 19.47	5/7	328.5	49.6	16	20	330.1	4.6	16	20	333/45
12	Mokra Gora Z120-127, Upper Cretaceous	43.78 19.48	7/8	28.3	78.3	299	3	333.3	34.9	299	3	320/30
	overall mean (1, 2, 3, 4, 7-9, 10, 11)		8/10	338.1	59.8	32.4	9.9	325.2	44.6	7.5	21.6	

ДИСКУСИЈА И ЗАКЉУЧАК

За горњокредне локалитете магнетизација пост-наборне старости јасно значи пост-туронску старост. Пре-касно кредни локалитети који показују ССК ротацију вероватно су били

ремагнетисани током истог тектонског режима. Укупна средња реманентна магнетизација дефинисана од њих је $D=338^\circ$, $I=60^\circ$, $k=32$, $\alpha_{95}=9.9^\circ$. Овај правац савршено се слаже са касно еоценским палеомагнетским правцем за стабилну Адрију (Márton и др., 2017). Иако коинциденција не може бити потпуно искључена, вероватније је да се бавимо елементом који потиче од Адрије. Локалитети са СК ротацијом, такође са магнетизацијама пост-наборне старости, припадају другој навлаци. Могуће је да је деформација у овој навлаци била старија од фазе која је одговорна за секундарне магнетизације са ССК ротацијом. Изузетно је што су палеомагнетски правци који су запажени за ова два локалитета у савршеној сагласности са већином СК ротираним палеомагнетским правцима из Западне Вардарске зоне, запаженим на касно кредним седиментима и млађим магматским стенама. Ипак, да би се доказала директна веза, морамо добити више података, наиме са источне стране палеозојске осе јединице Дрина-Ивањица.

ЗАХВАЛНОСТ

Овај рад је подржан од стране Мађарског Научног Истраживачког Фонда ОТКА пројекат бр. K113013 и K105245 и од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја, Пројекат бр. 176015.

РЕФЕРЕНЦЕ

- Fisher, R.A., 1953. Dispersion on a sphere. *Proceedings of the Royal Society London*, 217, 295-305.
- Gawlick, H.-J., Sudar, M.N., Missoni, S., Suzuki, H., Lein, R., Jovanović, D., 2017. Triassic-Jurassic geodynamic history of the Dinaridic Ophiolite Belt (Inner Dinarides, SW Serbia). *Field Trip Guide, 13th Workshop on Alpine Geological Studies (Zlatibor, Serbia 2017)*. *Journal of Alpine Geology*, 55, 1–167.
- Kirschvink, J.L., 1980. The least-squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 62, 699-718.
- Lesić, V., Márton, E., Cvetkov, V., 2007. Paleomagnetic detection of Tertiary rotations in the Southern Pannonian Basin (Fruška Gora). *Geologica Carpathica*, 58, 185-193.
- Lesić, V., Márton, E., Cvetkov, V., Tomić, D., 2013. Magnetic anisotropy of Cenozoic igneous rocks from the Vardar zone (Kopaonik area, Serbia). *Geophysical Journal International*, 193, 1182-1197.
- Márton, E., Zampieri, D., Čosović, V., Moro, A., Drobne, K., 2017. Apparent Polar Wander Path for Adria extended by new Jurassic paleomagnetic results from its stable core: tectonic implications. *Tectonophysics* 700-701, 1-18.
- Porkoláb, K., Kövér, Sz., Fodor, L., Benkó, Zs., Soós, B., Héja, G., Spajić, G., Đerić, N., 2017. Syn and post-obduction deformation of the Dinaric margin revealed by structural studies of the Drina block, Western Serbia. In: Šarić, K., Prelević, D., Sudar, M., Cvetković, V. (eds.), 13th Workshop on Alpine Geological Studies, Zlatibor, Serbia, Abstract Volume, University of Belgrade, 85.
- Schmid, S.M., Bernoulli, D., Fugenschuh, B., Matenco, L., Schefer, S., Schuster, R., Tischler, M., Ustaszewski, K., 2008. The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. *Swiss Journal of Geosciences*, 101, 138-183.

NEW PALEOMAGNETIC RESULTS FROM THE INNER DINARIDES, SW SERBIA

Márton, E.^{1*}, Fodor, L.², Kövér, Sz.², Lesić, V.³, Đerić, N.⁴, Gerzina Spajić, N.⁴

¹ – Mining and Geological Survey of Hungary, ² – MTA-ELTE Geological, Geophysical and Space Research Group, Budapest, Hungary, ³ – Republic Geodetic Authority, Department of Geomagnetism and Aeronomy, Belgrade, Serbia, ⁴ – University of Belgrade - Faculty of Mining and Geology, Belgrade, Serbia (*e-mail: paleo@mbfsz.gov.hu)

Key words: Inner Dinarides, Serbia, paleomagnetism, rotation

INTRODUCTION

As a result of the paleomagnetic co-operation between Hungarian and Serbian specialists in the last decades a paleomagnetic paper was published about the Fruška Gora (Lesić et al., 2007) and another one about the magnetic fabrics of the intrusive and extrusive magmatic rocks of the Kopaonik area (Lesić et al., 2013). During more recent years several overstep sequences were tested from the Western Vardar zone. The aim of our present study was to find out if the units belonging to the Inner Dinarides rotated in the same sense as the overstep sequences or different rotations occurred. For that reason we sampled 12 localities within the research area. Five of which represent Late Cretaceous sediments in the area of Tara Mt., while the others geographically distributed Triassic and Jurassic succession. The sampled localities belong to different thrust sheets.

THE AGE AND THE TECTONIC POSITION OF THE PALEOMAGNETIC SAMPLING LOCALITIES

The investigated area is located in the SW Serbia (Tara Mt.-Zlatibor Mt.-Sjenica area), where we collected a total of 127 independently oriented samples, which were drilled in the field and oriented in situ. Some represent the Albian - Turonian sedimentary succession (five localities, on Tara Mt.) which post-dates the major nappe emplacement of the Dinarides. The other localities are of Triassic and Jurassic age. They represent either the Mesozoic cover of the Drina-Ivanjica unit or East Bosnian Durmitor Unit (Schmid et al., 2008). During Triassic and Jurassic, both these units (DI and EBD) were parts of the Adriatic margin.

The Anisian carbonates, which we sampled at Perućac lake (Tara) and in the Klisura quarry (Zlatibor) belong to the first group. According to Porkoláb et al. (2017), the Perućac locality belongs to the Southeastern Triassic Unit, which was not the original cover of the Drina-Ivanjica Paleozoic, but was enplaced on top of the Drina-Ivanjica as a result of the NE-SW shortening, probably in the latest Cretaceous or Paleogene times.

Hemipelagic deposits of the Triassic-Jurassic sequences were sampled at three localities – Ljubiš, Krš Gradac and Trijebinska reka (near Sjenica). According to Schmid et al. (2008), the sampled sediments at localities Ljubiš and Krš Gradac represent the stratigraphic cover of the East Bosnian Durmitor unit, overlain by the mélangé formation. Gawlick et al. (2017) suggested that thin bedded calcareous radiolarite with intercalated silicified turbidites and fine-grained mass transport deposits at locality Ljubiš were deposited in a trench-like basin (Ljubiš Basin) in front of the advancing Drina-Ivanjica nappe. The same group of authors considered that the Late Triassic to Middle Jurassic sedimentary sequence of the Ljubiš is similar to the preserved succession at the Krš Gradac locality. According to Gawlick et al. (2017), the studied Lower Jurassic sediments at the Krš Gradac locality are typical open-marine facies deposited on topographic highs of the drowned Late Triassic Dachstein Carbonate Platform. The section Trijebinska reka is represented by a thick Triassic-Jurassic succession of bedded limestone intercalated with marl and rare chert, in parts with coarser-grained allodapic layers. Pelitic material, breccia and microbreccia horizons become more abundant up-section. This locality, according to Schmid et al. (2008) belong to the Drina-Ivanjica thrust sheet.

PALEOMAGNETIC RESULTS

Standard-size paleomagnetic specimens were prepared from the oriented drill cores. The natural remanent magnetization (NRM) and the magnetic susceptibility of each specimen was measured in

the natural state. It was followed by stepwise thermal or alternating field demagnetization till the NRM signal was lost. The demagnetization curves were analyzed for linear segment and the components of the NRM separated when the NRM was composite. For most groups it was possible to define statistically good paleomagnetic directions. It was only two Upper Cretaceous localities where the confidence angle for the mean direction is somewhat larger than ideal. In the paleomagnetic population two groups could be recognized. Ljubiš and Trijebinska reka belong to the first, exhibiting moderate CW rotation. The rest seems to belong to a group which could have suffered moderate CCW rotation. The acquisition of the magnetization for both groups is of post-tilting age.

Table 1. Summary of locality mean directions based on the results of principal component analysis (Kirschvink 1980). Key: Lat.N, Lon.E: Geographic coordinates (WGS84) measured by GPS (Garmin GPSmap 60CSx); n/no: number of used/collected samples (the samples are independently oriented cores); D, I (Dc, Ic): declination, inclination before (after) tilt correction; k and α_{95} : statistical parameters (Fisher 1953).

	Locality	Lat.N Lon.E	n/no	D°	I°	k	α_{95} °	Dc°	Ic°	k	α_{95} °	dip
1	Zaovina lake Z1-10, Ce-Tu	43.90 19.39	7/10	305.8	67.9	66	7	354.4	38.1	66	7	22/43
2	Zaovina lake Z11-24, Ce-Tu	43.90 19.38	10/14	354.8	57.8	95	5	357.5	30.9	55	5	2/27
3	Perućac lake Z25- 33 Anisian	43.96 19.38	9/9	347.4	46.1	44	8	295.4	65.9	44	8	204/37
4	Klisura quarry Z34-52, Anisian	43.70 19.87	19/19	348.7	56.9	76	4	310.5	33.0	76	4	271/42
5	Ljubiš Z53-64 Upper Triassic	43.62 19.85	9/12	34.5	49.4	13	15	20.5	23.1	16	13	336/23 6/53
6	Trijebinska reka Z79-90 Late Triassic-Early Jurassic	43.25 19.99	9/12	32.6	41.8	38	9	318.0	59.8	38	9	251/54
7-9	Krš Gradac Z91-104, Lower Jurassic-Aalenian	43.29 19.94	13/14	329.3	58.2	30	8	271.9	50.2	28	8	variable
10	Mokra Gora Z105-112, Ce-Tu	43.80 19.50	5/8	325.1	53.5	12	23	302.0	72.7	12	23	165/22
11	Mokra Gora Z113-119, Upper Cretaceous	43.77 19.47	5/7	328.5	49.6	16	20	330.1	4.6	16	20	333/45
12	Mokra Gora Z120-127, Upper Cretaceous	43.78 19.48	7/8	28.3	78.3	299	3	333.3	34.9	299	3	320/30
	overall mean (1, 2, 3, 4, 7-9, 10, 11)		8/10	338.1	59.8	32.4	9.9	325.2	44.6	7.5	21.6	

DISCUSSION AND CONCLUSION

For the Upper Cretaceous localities the post-tilting age of the magnetization clearly means of post-Turonian age. The pre-late Cretaceous localities exhibiting CCW rotation are likely to have been remagnetized during the same tectonic regime. The overall-mean remanent magnetization defined by them is $D=338^\circ$, $I=60^\circ$, $k=32$, $\alpha_{95}=9.9^\circ$. This direction perfectly agrees with the late Eocene paleomagnetic direction for stable Adria (Márton et al., 2017). Although coincidence can not be completely ruled out, it is more likely that we are dealing with an Adria derived element. The CW rotated localities, also with magnetizations of post-tilting ages, belong to a different thrust sheet. It

is possible that the deformation in this thrust sheet was older than the phase responsible for the CCW rotated secondary magnetizations. It is remarkable that the paleomagnetic directions observed for these two localities are in perfect harmony with the mostly CW rotated paleomagnetic directions from the Western Vardar Zone, observed on latest Cretaceous sediments and younger magmatic rocks. Nevertheless, to prove direct connection, we have to obtain more data, namely from the eastern side of the Paleozoic axis of the Drina-Ivanjica unit.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Hungarian Scientific Research Fund OTKA project no. K113013 and K105245 and by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia, Project No. 176015.

REFERENCES

- Fisher, R.A., 1953. Dispersion on a sphere. *Proceedings of the Royal Society London*, 217, 295-305.
- Gawlick, H.-J., Sudar, M.N., Missoni, S., Suzuki, H., Lein, R., Jovanović, D., 2017. Triassic-Jurassic geodynamic history of the Dinaridic Ophiolite Belt (Inner Dinarides, SW Serbia). *Field Trip Guide, 13th Workshop on Alpine Geological Studies (Zlatibor, Serbia 2017)*. *Journal of Alpine Geology*, 55, 1–167.
- Kirschvink, J.L., 1980. The least-squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 62, 699-718.
- Lesić, V., Márton, E., Cvetkov, V., 2007. Paleomagnetic detection of Tertiary rotations in the Southern Pannonian Basin (Fruška Gora). *Geologica Carpathica*, 58, 185-193.
- Lesić, V., Márton, E., Cvetkov, V., Tomić, D., 2013. Magnetic anisotropy of Cenozoic igneous rocks from the Vardar zone (Kopaonik area, Serbia). *Geophysical Journal International*, 193, 1182-1197.
- Márton, E., Zampieri, D., Čosović, V., Moro, A., Drobne, K., 2017. Apparent Polar Wander Path for Adria extended by new Jurassic paleomagnetic results from its stable core: tectonic implications. *Tectonophysics* 700-701, 1-18.
- Porkoláb, K., Kövér, Sz., Fodor, L., Benkó, Zs., Soós, B., Héja, G., Spajić, G., Đerić, N., 2017. Syn and post-obduction deformation of the Dinaric margin revealed by structural studies of the Drina block, Western Serbia. In: Šarić, K., Prelević, D., Sudar, M., Cvetković, V. (eds.), 13th Workshop on Alpine Geological Studies, Zlatibor, Serbia, Abstract Volume, University of Belgrade, 85.
- Schmid, S.M., Bernoulli, D., Fugenschuh, B., Matenco, L., Schefer, S., Schuster, R., Tischler, M., Ustaszewski, K., 2008. The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. *Swiss Journal of Geosciences*, 101, 138-183.