

## Strukturno-tektonska analiza krednog fliša istočno od Barajeva

---

*Interpretiran je tektonski sklop krednih flišnih sedimenata istočno od Barajeva. Strukturno-tektonskom analizom terena izmereni su elementi pada uočenih elemenata sklopa i urađena je statistička obrada, analiza i interpretacija strukturno-tektonskih podataka o sklopu. Rekonstruisan je nabor koji je klasifikovan kao prevrnut i stisnut sa osom koja blago tone ka jugozapadu. Na osnovu rekonstrukcije tektonskih osa može se zaključiti da je uzrok nastanka ovog nabora dejstvo kompresije u pravcu SI-JZ. Pretpostavlja se da je ovaj kinematski akt započet u gornjoj kredi i nastavljen u kenozoiku. Kompresija je prouzrokovana kontinentalnom kolizijom nakon zatvaranja Vardarskog okeana. S obzirom da orijentacije tektonskih osa rekonstruisanih na osnovu nabora i na osnovu pukotinskih sistema ne odstupaju jedne od drugih, pretpostavlja se da su ove deformacije nastale u istom kinematskom aktu. Uočena je samo jedna rasedna struktura. Rased je klasifikovan kao normalan levi. Nastao je u ekstenzionom tektonskom režimu pravca ekstenzije SSI-JJZ. Pretpostavlja se da je ova ekstenzija imala postkolizionni karakter i dešavala se istovremeno sa otvaranjem Panonskog basena, kao i drugih manjih basena u Dinaridima krajem gornjeg oligocena i početkom donjeg miocena. Vezana je za ekstenziju prouzrokovanu povlačenjem Jadranske mikroploče i ekstenziju u Panonskom basenu.*

---

### Uvod

Područje istraživanja nalazi se u centralnoj Srbiji u okolini Barajeva, na 22 km južno od Beograda i 17 km istočno od Obrenovca. Prostire se istočno od Barajeva. Na slici 1 prikazan je geografski položaj istraživanog područja.

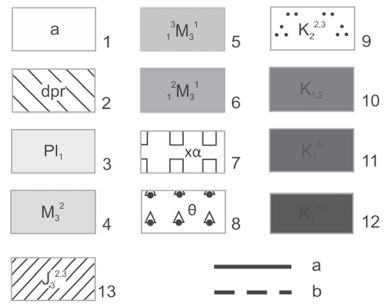
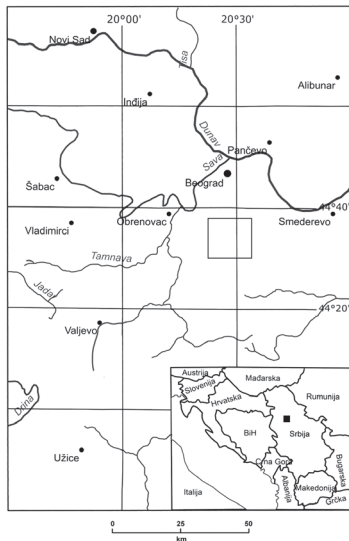
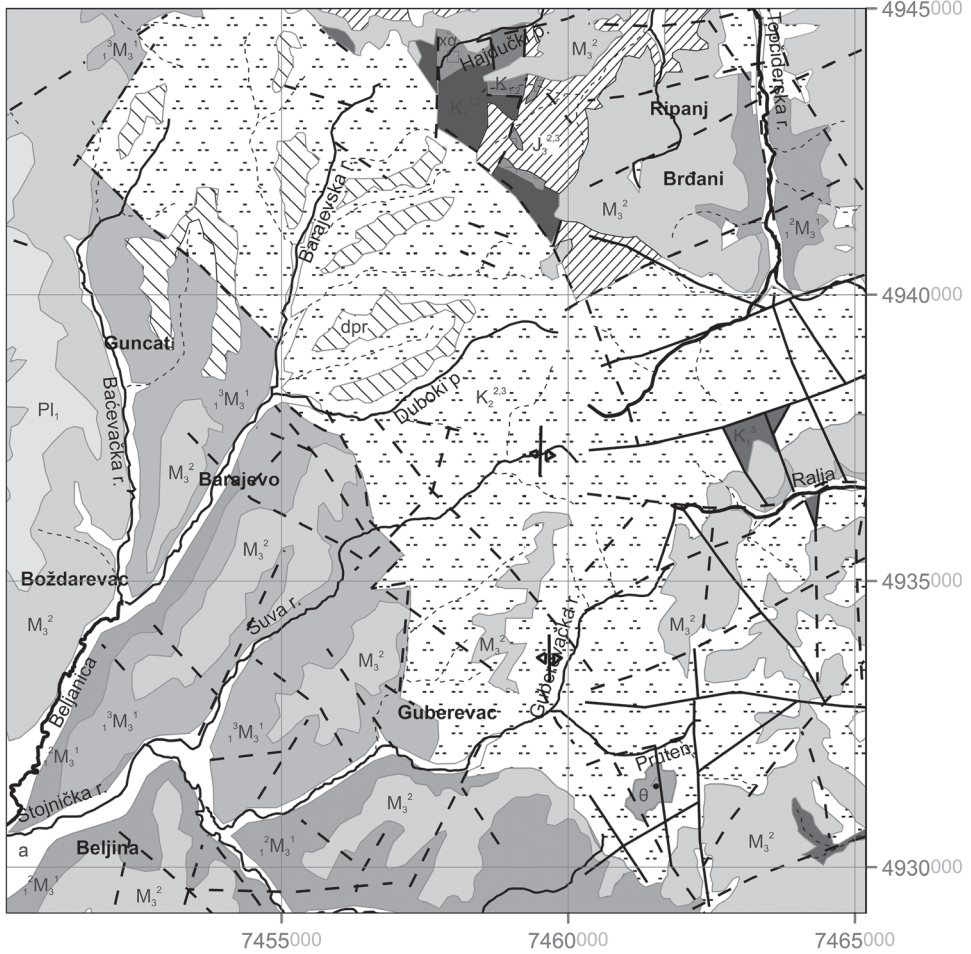
Najranija istraživanja geoloških karakteristika ovog područja izveli su Žujović (1893, 1903) i Cvijić (1909, 1921-1926). Anđelković u svom radu „Geologija mezozoika okoline Beograda” (1973) prikazuje detaljne podatke o rasprostranjenju i tektonskim karakteristikama mezozojskih tvorevina okoline Beograda. Sajić (1987) prikazuje strukturno-tektonski sklop olovo-cinkovog ležišta Babe i ukazuje na složene deformacije ovog

---

*Katarina Kovačević (1998), Beograd, Zvezdarskih jelki 12, učenica 2. razreda Treće beogradske gimnazije*

*Nemanja Cvetković (1996), Novi Beograd, Jurija Gagarina 275/76, učenik 4. razreda Devete gimnazije „Mihailo Petrović Alas” u Beogradu*

*MENTOR: dr Ana Mladenović, Departman za regionalnu geologiju Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu*



područja. Toljić i Trivić (1996) su proučavali gornjokredne deponate šire okoline Beograda, a Toljić (2006) se u svojoj doktorskoj disertaciji bavi geološkom građom Vardarske zone na području između Avale i Kosmaja. On govori o pet faza formiranja sklopa područja istraživanja (kompresija pravca SZ-JI krajem donje krede, kompresija pravca SSZ-JJI početkom paleogena, tenzija pravca SI-JZ i SZ-JI tokom gornjeg oligocena, kompresija pravca SI-JZ početkom miocena i ekstenzija S-J i I-Z početkom badena).

Na području istraživanja zastupljene su stene jurske, kredne, neogene i kvartarne starosti (slika 1) (Filipović i Rodin 1980; Pavlović 1980).

Najstarije tvorevine na ovom području su stene gornjejurskog ofiolit-skog melanža ( $J_3^{2,3}$ ). Tvorevine neokomskog fliša ( $K_1^{1,2}$ ) predstavljene su peščarima, alevrolitima, laporcima, glincima, brečastim krečnjacima i kalkarenitima. Tvorevine alba ( $K_1^5$ ) predstavljene su crvenkastim, gvožđevitim peščarima, ređe sitnozrnim konglomeratima, laporovitim peščarima i peskovitim krečnjacima i laporcima. Peskoviti krečnjaci alb-cenomana ( $K_{1,2}$ ) javljaju se u severnom delu istraživanog područja i po svom izgledu podsećaju na gornjejurske krečnjake. U odnosu na ostale tvorevine, najrasprostranjeniji je turon-senonski fliš ( $K_2^{2,3}$ ). Razlikuju se dve facije – preflišna i flišna (Filipović i Rodin 1980). Preflišna facija izgrađena je od vapnovitih, peskovitih laporaca, dok je flišna facija izgrađena od krupnozrnih peščara, sitnozrnih peščara, vapnovitih sitnozrnih subpeščara i alevrolita. Piroklastiti kvarclatitnog sastava ( $\theta$ ) izgrađeni su od nesortiranih fragmenata krednih sedimenata, vezanih vulkanskim materijalom kvarclatitnog sastava. Kvarclatiti ( $x\alpha$ ) imaju jako malo rasprostranjenje. U sarmatskim sedimentima izdvajaju se dva horizonta (Stevanović 1949): peskoviti ( $1^2M_3^1$ ) i krečnjački horizont ( $1^3M_3^1$ ). U najnižim delovima pa-

Slika 1 (naspramna strana). Geološka karta područja istraživanja sa legendom kartiranih jedinica (prema OGK SFRJ 1:100000 L34-125 Obrenovac i L34-126 Smederevo)

1 – aluvijum; 2 – deluvijalno-proluvijalni sedimenti; 3 – laporovite gline, ugljevit gline, dijatomejske zemlje, pesak (pont); 4 – aglomerat, šljunak, peskovi, peskovite gline, peščari (panon); 5 – krečnjaci, laporoviti peščari i pesak (donji sarmat); 6 – pesak, gline, laporci, organogeni – oolitski i peskoviti krečnjaci (donji sarmat); 7 – kvarclatiti; 8 – piroklastiti; 9 – fliš: peskoviti laporci, peščari, krečnjaci, alevroliti, glinci (turon – senon); 10 – peskoviti krečnjaci (alb-cenoman); 11 – peskoviti laporci, laporoviti krečnjaci, krečnjaci, gvožđeviti peščari sa amonitima (alb); 12 – peščari, alevroliti, laporci, glinci, krečnjaci (neokom); 13 – ofiolitski melanž: olistoliti, alevroliti, blokovi i klasti krečnjaka, rožnaca i peščara (kimeridž – portland);

a – rased, utvrđen; b – rased, pretpostavljen; c – osa antiklinale.

Figure 1 (opposite page). Geological map of investigated area with a legend of mapped units (OGK SFRJ 1:100000 L34-125 Obrenovac and L34-126 Smederevo)

1 – alluvium; 2 – deluvial-proluvial sediments; 3 – marl clays, coal clays, diatomaceous earth, sands; 4 – agglomerates, gravels, sands, sand clays, sandstones; 5 – limestones, marl sandstones and sand; 6 – sands, clays, marls, limestones; 7 – quartz latites; 8 – pyroclastics; 9 – flysch: sand marls, sandstones, limestones, alevrolytes, slates; 10 – sand limestones; 11 – sand marls, marl limestones, limestones, ferruginous sandstones with amonites; 12 – sandstones, alevrolytes, marls, slates, limestones; 13 – ophiolite melange: olistolytes, alevrolytes, limestones, hornfels and sandstones;

a – fault, certain; b – fault, covered; c – anticline axis.

nona ( $M_3^2$ ) javljaju se beli slojeviti laporci, preko kojih leže nevezani kvarcni peskovi. Pontski sedimenti ( $PI_1$ ) leže konkordantno preko panonskih naslaga, od kojih se u litološkom pogledu ne razlikuju. Kvarterni deluvijalno-proluvijalni sedimenti (dpr) su izgrađeni od peskovitih glina sa karbonatnim manganskim konkrecijama, glinovitim peskova i šljunkovitog materijala. Aluvijum (a) je izgrađen od sitnozrnih peskova, alevrita i alevro-pelita.

Po svom regionalnom geotektonskom položaju područje istraživanja pripada Vardarskoj zoni (Dimitrijević 1995).

Plikativni (naborni) sklop u krednim sedimentima istraživanog područja odlikuje se nabornim strukturama, među kojima su najzastupljeniji necilindrični nabori sa vergencama koje tonu prema istoku ili zapadu. Naborne strukture najčešće su formirane frikcionim smicanjem (Toljić 2006).

Disjunktivni (rupturni, razlomni) sklop područja karakteriše se postojanjem raseda na zapadnoj periferiji širokog rasednog koridora razvijenog od okoline Beograda do kontakta Vardarske zone sa Srpsko-makedonskom masom (Toljić 2006). Dominantan normalni rased je Barajevsko-guberevački rased kod kog su sedimenti sarmata i panona relativno spuštenu u odnosu na turon-senonski fliš. Manji rasedi, kao i glavne dislokacije, imaju pravac pružanja SZ-JI. Drugi sistem raseda ima pravac pružanja S-J ili SSI-JJZ (SI-JZ) i uglavnom je duž ova dva sistema raseda izvršeno horizontalno pomeranje i dijagonalno normalno spuštavanje blokova i stvaranje parketne strukture ovog područja.

Strukturalni oblici proučavani su u okviru turon-senonskog fliša (Filipović i Rodin 1980, Pavlović 1980).

Cilj ovog istraživanja je interpretacija tektonskih karakteristika flišnih sedimenata terena istočno od Barajeva korišćenjem metode strukturalno-tektonske analize terena.

## Materijal i metode

Istraživanje je izvedeno tokom jula i avgusta 2015. godine strukturalno-tektonskom analizom terena (Dimitrijević 1964). Terenski rad obuhvatao je merenje elemenata pada uočenih plikativnih i disjunktivnih elemenata sklopa. Podaci prikupljeni na terenu su statistički obrađeni, analizirani i interpretirani i izrađeni su odgovarajući strukturalni dijagrami.

Metodološki postupak se sastojao iz dva dela: (1) strukturalne analize plikativnog sklopa i (2) strukturalne analize disjunktivnog sklopa.

### Strukturalna analiza plikativnog (nabornog) sklopa

Na terenu su određeni elementi pada slojevitosti na 74 izdanka područja istraživanja. Prikupljeno je ukupno 545 podataka o elementima pada slojevitosti.

Statistička analiza je izvršena korišćenjem programa SpheriStat v3.2 (1990-2010 Pangea Scientific, [www.pangeasci.com](http://www.pangeasci.com)). Metodološki po-

stupak korišćen za izradu dijagrama pomoću računarskog softvera predstavljen je kod Banjca i Marovića (1990). Analizom slojevitosti izrađeni su konturni dijagrami, a njihovom daljom interpretacijom rekonstruisan je nabor. Za utvrđivanje nabornih oblika na osnovu proučavanih slojnih površi i rekonstrukciju tektonskih osa iskorišćen je standardni postupak (Dimitrijević 1964). Na osnovu dva najizraženija maksimuma gustine slojevitosti rekonstruisana su krila nabora. Nabor je klasifikovan prema Fleuty (1964) i Marshak i Mitra (1988). Na osnovu nabora rekonstruisane su tektonske ose  $a$ ,  $b$  i  $c$ , kao i sistemi tenzionih, kompresionih i pukotina smicanja.

## Strukturalna analiza disjunktivnog (razlomnog) sklopa

Na terenu je prikupljeno ukupno 110 podataka na 23 izdanka o elementima pada pukotina i uočen je jedan rased. Izvršena je genetska klasifikacija pukotina u tri osnovne grupe – tenzione, kompresione i pukotine smicanja.

Analiza pukotina je izvršena standardnim metodom (Dimitrijević 1964) uz izmene Banjca i Marovića (1990) korišćenjem programa Spheri-Stat v3.2 (1990-2010 Pangea Scientific, [www.pangeasci.com](http://www.pangeasci.com)). Analitičkim postupkom (Dimitrijević 1964; Petrović 1991) na osnovu tenzionih longitudinalnih pukotina i izraženijeg sistema pukotina smicanja rekonstruisane su tektonske koordinatne ose  $a$ ,  $b$  i  $c$  (Dimitrijević 1964; Dimitrijević 1978).

Kinematska analiza raseda izvršena je primenom postupka inverzije napona, Simple Shear Tensor Average (Spang 1974; Delavux i Sperner 2003). Ovaj metod radi po teorijskim principima Angeliera i Goguela (1979) i Angeliera (1989). Korišćen je računarski program MyFault v1.05 (2005-2013 Pangea Scientific, [www.pangeasci.com](http://www.pangeasci.com); Sperner *et al.* 1993). Inverzijom napona na osnovu izmerenih elemenata pada rasedne površi i  $a$ -lineacije određene su glavne ose napona  $\sigma_1$  (najveći),  $\sigma_2$  (srednji) i  $\sigma_3$  (najmanji) i izračunat je linearni odnos njihovih magnituda  $R = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$ , gde  $R$  ima vrednosti između 0 i 1 (Sperner *et al.* 1993). Izrađen je Šmitov dijagram (Van der Pluijm i Marshak 2004) ovog raseda Anželijerovim metodom (Angelier i Goguel 1979) i Morov krug napona (Scheidegger 1963). Dijagrami predstavljaju rezultat inverzije tenzora napona. Na Šmitovom dijagramu prikazane su aktivirane rasedne površi. Rezultati dinamičke analize raseda prikazani su na Morovim krugovima napona, koji predstavlja grafički prikaz odnosa magnituda glavnih osa napona. Morovi dijagrami se koriste u cilju određivanja komponenti napona koje su izazvale nastanak raseda.

## Rezultati i diskusija

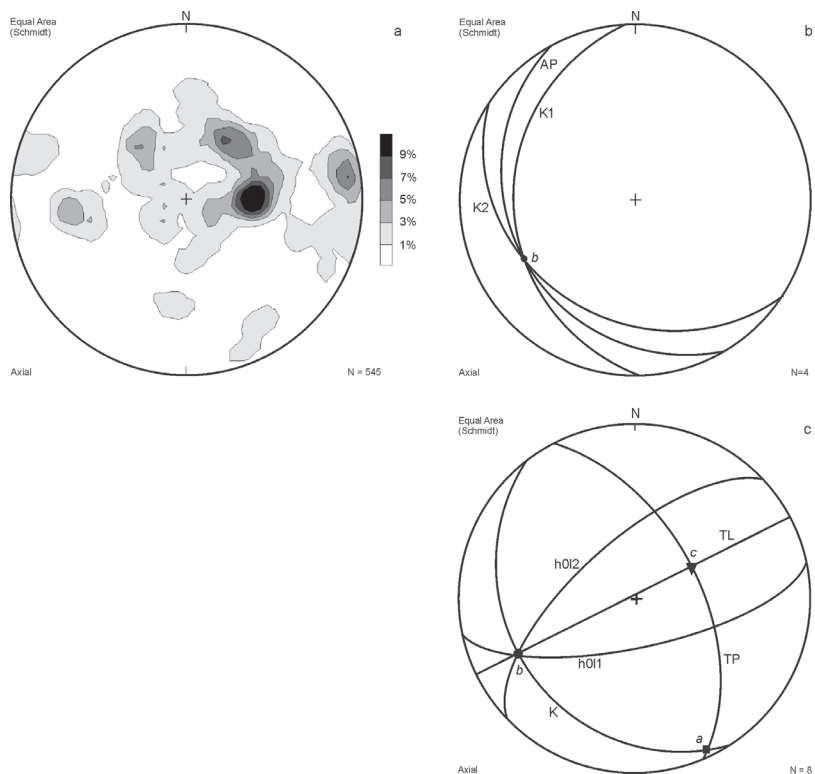
Statističkom analizom prostornog položaja slojnih površi izrađen je konturni dijagram (slika 2a). Na dijagramu se uočavaju maksimum (sa elementima pada 88/59) i podmaksimum gustine (sa elementima pada 33/57), koji markiraju krila nabora. Izraženo jugozapadno krilo nabora

(K1) ima elemente pada 268/31. Manje izraženo krilo nabora (K2) pada prema jugozapadu i ima elemente pada 213/29. Aksijalna površ nabora (AP) ima elemente pada 238/29 (slika 2b).

Statistički nabor se karakteriše kao prevrnut i stisnut sa osom koja blago tone ka jugozapadu. Osa ima elemente pada 244/28. Raspon krila je  $28^\circ$ , a ugao vergence je  $61^\circ$  i tone ka severoistoku.

Na osnovu statističkog nabora određene su tektonske ose i rekonstruisani sistemi pukotina (tabele 1a i 1b). Osa *a* nalazi se u jugoistočnom kvadrantu, osa *b* nalazi se u jugozapadnom kvadrantu, dok se osa *c* nalazi u severoistočnom kvadrantu (slika 2c). Iako se na dijagramu slojevitosti nazire  $\pi$ -pojas koji je jedan od indikatora prenabiranja, on u ovom radu nije diskutovano.

Na osnovu nabora su rekonstruisana i sva tri sistema pukotina – kompresione, tenziona (poprečne i longitudinalne) i pukotine smicanja (slika 2c).



Slika 2. Strukturni dijagrami dobijeni statističkom analizom slojevitosti: a – konturni dijagram slojevitosti; b – statistički nabor rekonstruisan na osnovu merenih slojevitosti; c – dijagram položaja tektonskih osa i rekonstruisanih sistema pukotina statističkog nabora.

Figure 2. Structural diagrams as result of statistical analysis of bedding: a – contour diagram of bedding; b – statistical fold reconstructed according to measured bedding orientations; c – diagram of tectonic axis and reconstructed joint systems based on orientation of statistical fold.

Tabela 1a. Statističke vrednosti tektonskih osa

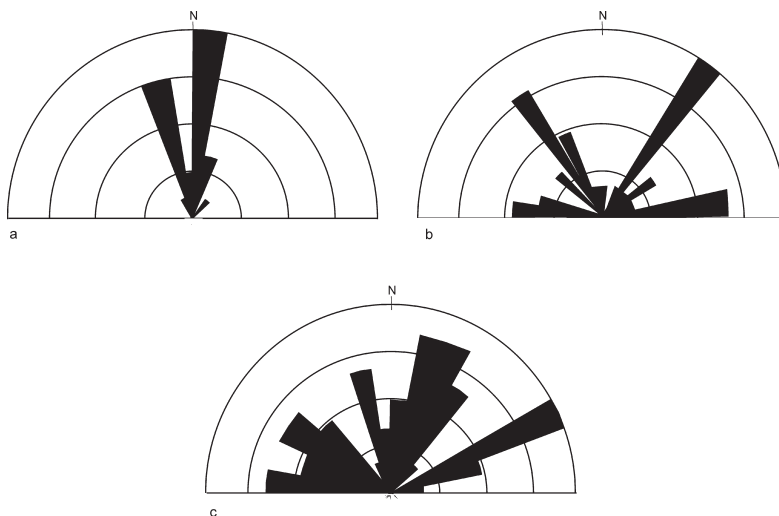
Tektonske ose	Elementi pada
a	150/3
b	244/28
c	58/62

Tabela 1b. Statističke vrednosti rekonstruisanih pukotinskih sistema

Rekonstruisani pukotinski sistemi	Elementi pada
Kompresione pukotine	238/29
Tenzione poprečne pukotine	63/31
Tenzione longitudinalne pukotine	333/88
Pukotine smicanja	168/66 i 317/62

Na osnovu rekonstrukcije tektonskih osa može se zaključiti da je nabor nastao pod dejstvom kompresije pravca SI-JZ. Pretpostavlja se da je kompresija započeta u gornjoj kredi i nastavljena u kenozoiku. Prouzrokovana je kontinentalnom kolizijom nakon zatvaranja Vardarskog okeana (Schmid *et al.* 2008).

Na terenu su uočena tri genetska sistema pukotina – kompresione, tenziona (poprečne i longitudinalne) i pukotine smicanja (tabela 2). Pružanje kompresionih pukotina je SSI-JJZ (slika 3a). Tenziona pukotine se javljaju u dva sistema. Tenziona poprečne pukotine (TP) imaju pravac pružanja SZ-JI, a tenziona longitudinalne (TL) imaju pravac pružanja ISI-ZJZ (slika 3b). Pukotine smicanja (h011 i h012) imaju pružanje ISI-ZJZ i ZSZ-IJI (slika 3c).

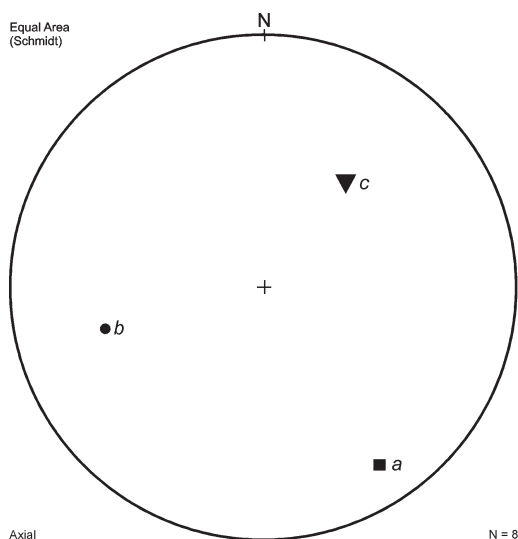


Slika 3. Strukturni dijagrami pukotinskih sistema:

a – rozeta pružanja kompresionih pukotina; b – rozeta pružanja tenzionih pukotina; c – rozeta pružanja pukotina smicanja.

Figure 3. Structural diagrams of joint systems:

a – roset of compressional joints; b – roset of tensional joints; c – roset of shear joints.



Slika 4. Dijagram položaja tektonskih osa *a*, *b* i *c* rekonstruisanih na osnovu merenih tenzionih longitudinalnih pukotina i pukotina smicanja

Figure 4. Diagram of tectonic axis *a*, *b* and *c* based on measuring the orientation of tensional longitudinal joints and shear joints

Na osnovu položaja tenzionih longitudinalnih i izraženijeg sistema pukotina smicanja rekonstruisane su tektonske ose. Tektonska osa *a* nalazi se u jugoistočnom kvadrantu, tektonska osa *b* u jugozapadnom, dok se tektonska osa *c* nalazi u severoistočnom kvadrantu (tabela 3, slika 4).

Tabela 2. Statističke vrednosti merenih pukotinskih sistema

Pukotinski sistem	Elementi pada
Kompresione pukotine	168/12
Tenzione poprečne pukotine	280/19
Tenzione longitudinalne pukotine	148/20
Pukotine smicanja	347/3 i 21/56

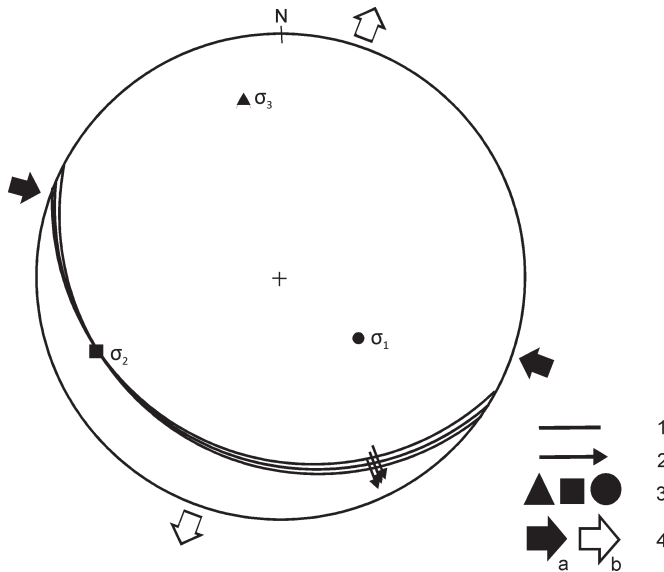
S obzirom da položaj tektonskih osa rekonstruisanih na osnovu nabora ne odstupa od položaja tektonskih osa rekonstruisanih na osnovu pukotinskih sistema (slika 2c i slika 4), pretpostavlja se da su ove deformacije nastale u istom kinematskom aktu.

Tabela 3. Statističke vrednosti tektonskih koordinatnih osa

Tektonske ose	Elementi pada
<i>a</i>	148/20
<i>b</i>	255/38
<i>c</i>	37/45

Na terenu je uočena jedna rasedna struktura. Pružanje ovog raseda je ZSZ-IJJ. Kretanje po rasedu je normalno levo, što je određeno na osnovu a-lineacije. Rasedna površ je blagog pada (Dimitrijević 1978). Metodom





Slika 5.

Rezultati analize napona

- 1 – rasedna površ
- 2 – a-lineacija
- 3 – ose napona  $\sigma_3$ ,  $\sigma_2$  i  $\sigma_1$ , redom
- 4a – kompresija
- 4b – tenzija

Figure 5.

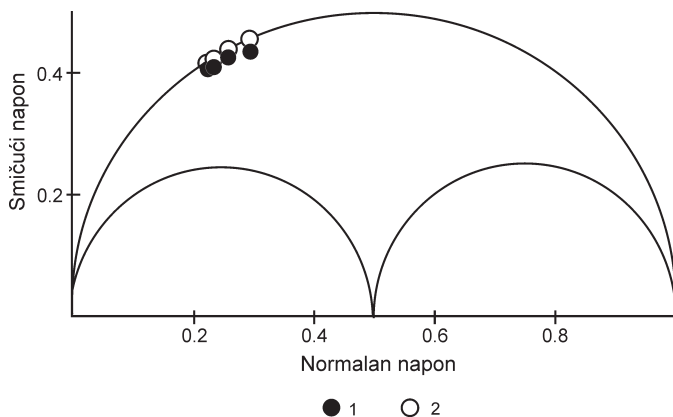
Results of stress analysis

- 1 – fault plane
- 2 – a-lineation
- 3 – stress axis  $\sigma_3$ ,  $\sigma_2$  and  $\sigma_1$ , respectively
- 4a – compression
- 4b – tension

inverzne analize napona definisane su orijentacije glavnih osa napona ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  i  $\sigma_3$ ), na osnovu čega su pretpostavljeni uslovi nastanka napona tokom kog je rased formiran. Osa minimalnog napona ( $\sigma_3$ ) nalazi se u severozapadnom kvadrantu i ima elemente pada 355/39. Osa srednjeg napona ( $\sigma_2$ ) se nalazi u jugozapadnom kvadrantu i ima elemente pada 248/19. Osa najvećeg napona ( $\sigma_1$ ) nalazi se u jugoistočnom kvadrantu i ima elemente pada 139/45. Odnos magnituda osa napona ( $R$ ) iznosi 0.49. Dominantan pravac kompresije je ZSZ-IJJ, a tenzije SSI-JJZ (slika 5).

Analizom Morovog kruga napona utvrđeno je da je kretanje po rasedu imalo normalni karakter, sa jakim uticajem smičuće komponente (slika 6).

Pod pretpostavkom da je normalan rased nastao u ekstenzionom tektonskom režimu pravca ekstenzije približno SSI-JJZ, ta ekstenzija se dešavala krajem oligocena i početkom miocena i bila je povezana sa početnom fazom otvaranja Panonskog basena i manjih sedimentnih basena u Di-



Slika 6.

Morov krug napona

- 1 – rešeni napon
- 2 – maksimalni napon

Figure 6.

Mohr's circle of stress

- 1 – resolved stress
- 2 – maximum stress

naridima. Pretpostavlja se da je ekstenzija u ovom području vezana za ekstenziju uslovljenu delaminacijom i povlačenjem Jadranske mikroploče, kao i za ekstenziju u Panonskom basenu (Mladenović 2015). Ova ekstenzija je postkolizionog karaktera (Zelić *et al.* 2010; Schmid *et al.* 2008).

## Zaključak

Ovim istraživanjem interpretiran je tektonski sklop krednih flišnih sedimenata područja u okolini Barajeva. Strukturno-tektonskom analizom terena izmereni su elementi pada uočenih elemenata sklopa i urađena je statistička obrada, analiza i interpretacija strukturno-tektonskih podataka o sklopu terena.

Rekonstrukcijom tektonskih osa na osnovu morfoloških elemenata nabora utvrđeno je da je ova naborna struktura formirana u kompresionom tektonskom režimu. Pravac kompresije je SI-JZ. Pretpostavlja se da je kompresija započeta u gornjoj kredi i nastavljena u kenozoiku. Prouzrokovana je kontinentalnom kolizijom nakon zatvaranja Vardarskog okeana u gornjoj kredi.

Kako se tektonske ose rekonstruisane na osnovu pukotinskih sistema poklapaju se sa osama rekonstruisanih na osnovu statističkog nabora, pretpostavlja se da su pukotine nastale u istom kinematskom aktu kao rekonstruisani nabor.

Uočena je jedna rasedna struktura, pa je bilo moguće uraditi samo opštu analizu napona i mehanizma stvaranja. Rased je klasifikovan kao normalan levi. Nastao je u ekstenzionom tektonskom režimu pravca ekstenzije SSI-JJZ. Pretpostavlja se da je ova ekstenzija imala postkolizioni karakter i da je vezana za ekstenziju uslovljenu delaminacijom i povlačenjem Jadranske mikroploče, kao i za ekstenziju u Panonskom basenu. Ova ekstenzija se dešavala od gornjeg oligocena do sredine donjeg miocena, istovremeno sa početnom fazom otvaranja Panonskog basena i drugih basena u Dinaridima.

S obzirom da su uočeni neki od indikatora prenapiranja, dalja istraživanja trebalo bi posvetiti detaljnijem proučavanju plikativnog sklopa radi potvrđivanja postojanja prenapiranja.

**Zahvalnost.** Autori upućuju veliku zahvalnost mentoru dr Ani Mladenović na savetima i sugestijama za vreme izvođenja istraživanja i tokom izrade samog rada. Takođe se zahvaljuju Dušici Petrašinović i Oliveri Josimović, profesorkama u Geološkoj i hidrometeorološkoj školi „Milutin Milanković“ u Beogradu, kao i dr Ani Černok, Open University London, na brojnim korisnim komentarima, savetima i idejama tokom pisanja rada.

## Literatura

- Angelier J., Goguel J. 1979. Sur une méthode simple de détermination des axes principaux des contraintes pour une population de failles. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, **288**: 307.
- Angelier J. 1989. From orientation to magnitudes in paleostress determinations using fault slip data. *Journal of Structural Geology*, **11**: 37.
- Angelier J. 2002. Inversion of earthquake focal mechanisms to obtain the seismotectonic stress IV – a new method free of choice among nodal planes. *Geophysical Journal International*, **150**: 558.
- Banjac N., Marović M. 1990. O jednom metodu izrade konturnih i prstenastih dijagrama pomoću računara. *Geološki anali Balkanskog poluostrva*, **54**: 173.
- Delvaux D., and Sperner B. 2003. New aspects of tectonic stress inversion with reference to the TENSOR program. U *New Insights into Structural Interpretation and Modelling* (ur. D. Nieuwland). Geological Society, London, Special Publications, **212**, str. 75-100.
- Dimitrijević M. 1964. *Strukturna geologija – skripta*. Beograd: Rudarsko-geološki fakultet
- Dimitrijević M. 1978. *Geološko kartiranje*. Beograd: ICS
- Dimitrijević M. 1995. *Geologija Jugoslavije*. Beograd: Geoinstitut
- Filipović I., Rodin V. 1980. *Tumač za list Obrenovac L34-125 OGK SFRJ*. Beograd: Savezni geološki zavod
- Fleuty M. J. 1964. The description of folds. *Proceedings of the Geologists' Association*, **75**: 461.
- Fossen H. 2010. *Structural Geology*. New York: Cambridge University Press
- Marshak S., Mitra G. 1988. *Basic Methods of Structural Geology*. New York: Prentice Hall
- Mladenović A. 2015. Evolucija naponskog polja područja Internih Dinarida u Srbiji tokom Alpske orogeneze. Doktorska teza, Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Đušina 7, 11000 Beograd
- Pavlović Z. 1980. *Tumač za list Smederevo L34-126 OGK SFRJ*. Beograd: Savezni geološki zavod
- Petrović B. 1991. *Strukturna geologija – praktikum*. Beograd: LMGK RGF
- Scheidegger A.E. 1963. *Principles of Geodynamics*. Berlin: Springer-Verlag

- Schmid S., Bernoulli D., Fügenschuh B., Matenco L., Schefer S., Schuster R., Tischler M., Ustaszewski K. 2008. The Alpine-Carpathian-Dinaride orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. *Swiss Journal of Geosciences*, **101**: 139.
- Spang J. H. 1974. Numerical dynamic analysis of calcite twin lamellae in the Greenport Center Syncline. *American Journal of Science*, **274**: 1044.
- Sperner B., Ratschbacher L., Ott R. 1993. Fault-Stress analysis: a Turbo Pascal program package for graphical presentation and reduces stress tensor calculation. *Comp & Geosci*, **19** (9): 1361.
- Stevanović P. 1949. *O geološkim ispitivanjima u Šumadiji između reke Jasenice i Ralje*. Beograd: Glasnik SAN
- Van der Pluijm B. A., Marshak S. 2004. *Earth Structure: An Introduction to Structural Geology and Tectonics*. New York: Norton
- Toljić M. 2006. Geološka građa centralne Vardarske zone između Avale i Kosmaja. Doktorska teza, Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Đušina 7, 11000 Beograd
- Zelić M., Marroni M., Pandolfi L., Trivić B. 2010. Tectonic setting of the Vardar suture zone (Dinaric-Hellenic belt): the example of the Kopaonik area (southern Serbia). *Ofioliti*, **35** (1): 49.

---

*Katarina Kovačević and Nemanja Cvetković*

## Structural Analysis of Cretaceous Flysch East of Barajevo

Our investigation area is located in Central Serbia near Belgrade and Obrenovac. The rock units in our investigation area are of Jurassic, Cretaceous, Neogene and Quaternary age, but our research was focused on Upper Cretaceous flysch. According to its regional geotectonic position, this area is part of the Vardar Zone.

The tectonic setting of Cretaceous flysch and the conditions of generating tectonic structures are determined by the interpretation of structural data. The method of structural-tectonic analysis is used for analyzing basic elements of ductile and fracture structures. The method includes field observations, statistical analysis and interpretation of structural data.

The fold is reconstructed according to bedding orientation and it is classified as tight and gently inclined with a gently plunging axis toward SW. Based on the reconstruction of the tectonic axis, it is concluded that the fold is formed under the influence of NE-SW compression. It is assumed that this kinematic event happened at the end of Upper Cretaceous and con-

tinued during the Cenozoic. The compression was caused by continental collision after the closure of the Vardar ocean in Upper Cretaceous.

Based on the reconstruction of the tectonic axis, according to the statistical fold and joint systems, it is assumed that these deformations are formed during the same kinematic event.

The observed fault is classified as normal left. It was activated under the influence of NNE-SSW extension. It is assumed that this extension had a postcollisional character and that it was related to an extension in the Pannonian basin, as well as an extension caused by the retreat of the Adriatic microplate. This kinematic event happened during Upper Oligocene and Lower Miocene, probably at the same time as the forming of the Pannonian basin and other smaller basins in the Dinarides.

