

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET

Dalibor J. Erak

**TEKTONO-TERMALNA EVOLUCIJA
KONTAKTA DINARIDA I KARPATO-
BALKANIDA U PODRUČJU JASTREPCA**

doktorska disertacija

Beograd, 2019

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF MINING AND GEOLOGY

Dalibor J. Erak

**TECTONO-THERMAL EVOLUTION OF
THE CONTACT BETWEEN DINARIDES
AND CARPATHO-BALKANIDES IN THE
AREA OF JASTREBAC**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2019

Mentor:

dr Marinko Toljić

redovni profesor,
uža naučna oblast – Dinamička geologija
Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki
fakultet

Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije:

dr Marinko Toljić

redovni profesor,
uža naučna oblast – Dinamička geologija
Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki
fakultet

dr Uroš Stojadinović

docent,
uža naučna oblast – Dinamička geologija
Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki
fakultet

dr Divna Jovanović

viši naučni saradnik,
uža naučna oblast – Petrologija
Geološki zavod Srbije, Beograd

Datum odbrane: _____

ZAHVALNOST

Ova studija je rezultat saradnje između Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu, u Srbiji i Univerziteta u Utrehtu, u Holandiji i većim delom bila je finansirana od strane Istraživačkog centra za integrisane prirodne nauke (ISES).

Ovom prilikom želeo bih da se zahvalim svom mentoru, prof. dr Marinku Toljiću, pre svega na strpljenju, svim lekcijama i savetima tokom našeg zajedničkog rada u svetu struke i nauke, kao i na velikoj pomoći, smernicama i savetima pri izradi naučnog rada i doktorske disertacije. Veliku zahvalnost dugujem prof. dr Liviu Matencu, svom mentoru na projektu deljenih doktorskih studija na fakultetu geonauka u Utrehtu, u Holandiji, na podršci, nesebičnom deljenju znanja, savetima i velikoj pomoći pri izradi naučnog rada vezanog za izradu doktorske disertacije. Želeo bih da se zahvalim docentu dr Urošu Stojadinoviću na prijateljstvu, podršci i kolegijalnosti, kako tokom osnovnih studija tako i tokom doktorskih studija, a posebno sam mu zahvalan na velikoj pomoći pri izradi naučnog rada i doktorske disertacije. Zahvaljujem se dr Divni Jovanović na korisnim savetima pri finalnom završavanju teksta disertacije i konstruktivnim diskusijama na temu geologije Dinarida. Prof. dr Vladići Cvetkoviću se zahvaljujem na diskusijama na temu dinaridskog magmatizma i pomoći pri razvijanju petroloških interpretacija. Milošu Radonjiću sam zahvalan na prijateljstvu, kolegijalnosti, podršci i pomoći tokom terenskih, fakultetskih i laboratorijskih aktivnosti. Zahvalan sam Milu Đuriću na iskrenoj prijateljskoj i kolegijalnoj podršci, kao i za pomoć i sugestije pri finalnom sređivanju teksta doktorske disertacije.

Želim da se zahvalim svim svojim prijateljima, kako u struci tako i van nje na razumevanju i podršci tokom izrade doktorske disertacije. Veliko hvala mojoj majci, bratu i sestrama na bezgraničnom razumevanju i podršci. Na kraju veliko hvala mojoj Katarini na pomoći pri proveru i sređivanju finalnog teksta, a posebno na iskrenoj podršci, strpljenju i razumevanju za uloženo vreme tokom pisanja i završnog uobličavanja doktorske disertacije.

Dalibor Erak

TEKTONO-TERMALNA EVOLUCIJA KONTAKTA DINARIDA I KARPATO-BALKANIDA U PODRUČJU JASTREPCA

Sažetak

Predmet istraživanja doktorske disertacije je tektonska evolucija područja planine Jastrebac u centralnoj Srbiji, gde višefazna tektonska aktivnost od mezozoika do danas komplikuje rekonstrukciju strukturnih odnosa i geološke evolucije ovog prostora. Kompleksna višefazna evolucija planine Jastrebac u Srbiji je demonstrirana kombinovanjem kinematskih podataka prikupljenih na terenu i mikrostrukturnih opservacija sa dodatnim termohronološkim podacima “fission track” i podacima odredbe starosti metodom U-Pb na cirkonima. Gornjokredna ekshumacija bila je praćena gornjokredno-eocenskim navlačenjem i magmatizmom vezanim za kontinentalnu koliziju, pri čemu je akreciona prizma, koja sadrži turbidite iz dubokomorskog rova, ušla u sastav novoformirane suture. Za razliku od sličnih struktura u drugim oblastima istog strukturnog položaja, ova zona suture je bila naknadno reaktivirana i ekshumirana duž miocenskog ekstenzionog detačmenta, koji je u području Jastrepcu egzistirao duže. Litološki i strukturni podaci prikupljeni iz kompleksa niskometamorfisanih stena Velikog Jastrepcu poslužili su za korelaciju sa njihovim nemetamorfisanim ekvivalentima. Na taj način, paleogeografski afiniteti jedinica, koje izgrađuju područje Jastrepcu, definisani su prisustvom tri različite krupne tektonske jedinice, koje su delom bile uvučene u subdukcionu zonu gde su stenski sadržaji promenjeni u uslovima facije zelenih škriljaca tokom subdukcije Neotetisa, a zatim ekshumirani kasnijom ekstenzijom tokom miocena. Generalno, pravci tektonskog transporta pokazuju značajne razlike na kratkim rastojanjima duž pružanja glavnih struktura, vezanih za ekstenzione zone situirane blizu pola rotacije kontrolisane ekstenzijom. Ove razlike su posledica kasnofazne migracije i smanjenja intenziteta ekstenzije u pravcu povlatnih struktura.

Ključne reči: kinematika, termohronologija, ekstenzioni detačmenti, Dinaridi, Karpato-Balkanidi

Naučna oblast: Geo-nauke

Uža naučna oblast: Dinamička geologija

UDK: 551.24.05(497.11)(043.3)
551.432(497.11)(043.3)

TECTONO-THERMAL EVOLUTION OF THE CONTACT BETWEEN DINARIDES AND CARPATHO-BALKANIDES IN THE AREA OF JASTREBAC

Abstract

Subject of this doctoral thesis is tectonical evolution of the Jastrebac Mountains area located in the Central Serbia, where the multi-phase tectonical activity from the Mesozoik up to date complicates a reconstruction of the structural relations and geological evolution of this area. This complex poly-phase evolution in the key area of the Jastrebac Mountains is demonstrated by combining kinematic data obtained from field and micro-structural observations assisted with fission track thermochronological analysis and U-Pb zircon dating. A Late Cretaceous exhumation was followed by latest Cretaceous – Eocene thrusting and magmatism related to a continental collision that sutured the accretionary wedge containing contractional trench turbidites. When compared with similar structures situated elsewhere in the same structural position, this suture zone was subsequently reactivated and exhumed by a newly observed Miocene extensional detachment that lasted longer in the Jastrebac Mountains. Lithological and structural data collected from low metamorphosed rocks of Veliki Jastrebac are used for correlation with their nonmetamorphosed equivalents. On that way, paleogeographic affinity of units that build area of Jastrebac Mountains is defined by the presence of three different tectonical units which were subducted and where rocks were metamorphosed under the condition of greenschist facies during the subduction of Neotetis and subsequently exhumed during Miocene. In general, directions of tectonic transport show significant differences in short distances across the strike of major structures related to extensional zones situated near the pole of extensional-driven rotation. These differences favour late stage truncations and migration of extension in a hanging-wall direction.

Keywords: kinematics, thermochronology, extensional detachments, Dinarides, Carpatho-Balkanides

Scientific field: Geo-sciences

Scientific subfield: Dynamic geology

UDK: 551.24.05(497.11)(043.3)
551.432(497.11)(043.3)

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
2. OPŠTI DEO	4
2.1. Geografski položaj	4
3. METODE ISTRAŽIVANJA	6
3.1. Terenske metode istraživanja	7
3.1.1. Terenska i mikrostrukturna osmatranja	7
3.2. Laboratorijske metode istraživanja	7
3.2.1. Metodologija U-Pb geohronologije na cirkonima	8
3.2.2. Metodologija "fission track" na cirkonima i apatitima.....	9
3.3. Kabinetske metode istraživanja.....	10
4. PREGLED RANIJIH ISTRAŽIVANJA	12
5. LITOSTRATIGRAFSKA SVOJSTVA GEOLOŠKIH FORMACIJA JASTREPCA SA OKOLINOM.....	20
5.1. Visokometamorfisane stene i hercinski granit-monconiti.....	21
5.2. Metamorfne stene niskog stepena metamorfizma	34
5.3. Ofioliti šireg područja Jastrepca.....	43
5.4. Mezozojske sedimentne stene	45
5.5. Termokontaktne promenjene stene i centralno utisnuti granodiorit	52
5.6. Neogeni basenski sedimenti	60
5.7. Kvartarne naslage	62
6. PALEOGEOGRAFSKI AFINITETI STRATIGRAFSKIH JEDINICA I NJIHOVA GEOTEKTONSKA PRIPADNOST	66
6.1. Geotektonska pripadnost šireg područja Jastrepca prema tradicionalnim konceptima	69
6.2. Tektonska građa Jastrepca prema tradicionalnim i novijim shvatanjima.....	73
6.3. Jastrebac u kontekstu evolucije Dinarida i Karpata	74
6.4. Navlačna struktura i sklop jastrebačke dome	78

6.4.1.	Gornja metamorfna jedinica	79
6.4.2.	Donja metamorfna jedinica	80
6.4.3.	Ofioliti i sedimentni pokrov	82
7.	KORELACIJA JASTREBAČKE JEDINICE SA TEKTONO-STRATIGRAFSKIM JEDINICAMA U REGIONU	83
8.	TEKTONSKI SKLOP I STRUKTURNA SVOJSTVA PODRUČJA JASTREPCA	86
8.1.	Strukturne karakteristike tektono-stratigrafskih homogenih celina	87
8.1.1.	Rupturni sklop jastrebačke dome	88
8.1.2.	Strukturni sklop zapadnog bloka Moravske jedinice	91
8.1.3.	Strukturni sklop zapadnog bloka Boljevačko-vukanjske jedinice.....	92
8.1.4.	Strukturni sklop centralne Lomničke jedinice.....	94
8.1.5.	Strukturni sklop istočnog bloka Boljevačko-vukanjske jedinice	95
8.1.6.	Strukturni sklop istočnog bloka Moravske jedinice Velikog Jastrepca.	97
8.1.7.	Strukturni sklop istočnog bloka Moravske jedinice Malog Jastrepca ...	99
8.1.8.	Strukturni sklop jedinice Supragetikuma	100
8.2.	Strukturna obeležja deformacionih faza (D1-D5) u području Jastrepca	102
8.2.1.	Smicanje praćeno tektonskim transportom ka istoku (D1)	105
8.2.2.	Kontrakcije deformacije (D2-D4).....	109
8.2.3.	Ekstenzione deformacije (D5).....	114
9.	REZULTATI ODREDBE STAROSTI EKSHUMACIJE.....	119
9.1.	Geohronološki rezultati U-Pb na cirkonu.....	119
9.2.	Termohronološki rezultati "fission track" na apatitima i cirkonima	121
10.	REKONSTRUKCIJA TEKTONO-TERMALNE EVOLUCIJE JASTREBAČKE DOME.....	126
10.1.	Smicanje i gornjokredna ekshumacija u području kontakta između Moravske jedinice i Supragetikuma (D1)	127
10.2.	Mlađe kredno-eocenska kontrakcija i utiskivanje plutona Ravnište (D2-D4).....	128
10.3.	Gornjooligocensko-miocenska ekstenzija i ekshumacija dome (D5)	129
11.	DISKUSIJA	131

11.1. Definisanje gornjokrednog detačmenta na kontaktu između Moravske jedinice i Supragetikuma	132
11.2. Kinematika ekstenzije	135
12. ZAKLJUČAK	137
LITERATURA	140
PRILOG 1: Kompilaciona digitalizovana geološka karta područja Jastrepca	
BIOGRAFIJA AUTORA	

1. UVOD

Područje planine Jastrebac sa svojim širim okruženjem karakteriše se kompleksnom geološkom građom, koja je direktno povezana sa njenim položajem u okviru prelazne zone između jedinica adrijske i evropske ploče. Složena geološka građa i komplikovana evolucija jastrebačke dome može se objasniti prisustvom tri krupne tektonske jedinice, koje su delom bile uvučene u subdukcionu zonu, gde su stenski sadržaji promenjeni u uslovima facije zelenih škriljaca tokom zatvaranja okeanskog domena Neotetisa, a zatim ekshumirani kasnijom ekstenzijom tokom miocena.

Ciljevi istraživanja su bili razumevanje tektonske i depoziciono-stratigrafske evolucije prostora planine Jastrebac. Izvedena su istraživanja koja su za cilj imala definisanje paleogeografskih afiniteta jedinica koje izgrađuju ovo područje. U funkciji rekonstrukcije tektonske evolucije su i različiti stepeni metamorfizma litoloških jedinica koje izgrađuju jastrebačku domu, a koji svedoče o termo-dinamičkim uslovima tokom različitih, vremenski odvojenih, deformacionih faza. Litološki i strukturni podaci prikupljeni iz kompleksa nisko-metamorfisanih stena su značajni za ova istraživanja, zato što je pre svega bilo neophodno izvršiti korelaciju ovih metamorfisanih stena sa njihovim nemetamorfisanim ekvivalentima. Na ovaj način moguće je odrediti koje stene su predstavljale protolit, što je osnova za dalju korelaciju i tektonsku rejonizaciju i izdvajanje značajnijih regionalnih jedinica. Rezultati proučavanja su omogućili bolje razumevanje komplikovane tektonske građe područja. Istraživanja su bila orijentisana i ka prepoznavanju mehanizama tektonskog transporta, vremenskom razgraničavanju glavnih deformacionih faza i izdvajanju struktura po kojima su izvedena značajnija kretanja krupnih tektonskih segmenata litosfere. Kao jedan od krajnjih ciljeva istraživanja, izvedena je rekonstrukcija tektono-termalne evolucije prepoznatih tektono-stratigrafskih jedinica. Dalje, prvi deo istraživanja je bio orijentisan ka proučavanju kompresione tektogeneze područja. Obuhvaćene su i deformacije izvedene tokom ekstenzionih tektonskih događaja. Tokom višefazne složene tektonske evolucije u području kontakta jedinica evropskog i adrijskog afiniteta, formiran je složen tektonski sklop, pri čemu su posebno interesantne strukture i tektonski odnosi konstatovani na planini Jastrebac u centralnoj Srbiji. Jastrebac predstavlja izolovanu planinu izgrađenu pretežno od metamorfnihi stena koju miocenski sedimenti Moravskog rova u potpunosti okružuju. Takođe, u domenu pripadajućem Srpsko-makedonskoj masi, izgrađenom od

visoko metamorfisanih stena, prisutan je tektonski prozor koji otkriva pluton intrudovan u slabo metamorfisane metasedimente i mafite. Zaključak dosadašnjih istraživanja je da nisko do srednje metamorfisan kompleks Velikog Jastrepca sa granitoidom predstavlja metamorfni "core complex", ekshumiran mehanizmima ekstenzione tektonike u paleogenu (Marović et al., 2007). Međutim, imajući u vidu složenost tektonske evolucije područja suture između jedinica evropskog i adrijskog afiniteta, moglo se pretpostaviti da je tektonska evolucija Jastrepca daleko složenija. Iz tih razloga je područje Jastrepca odabrano za detaljna terensko-laboratorijska istraživanja.

Polazne osnove za izvedena istraživanja su rezultati proučavanja procesa formiranja orogena u konvergentno-kolizionim ambijentima i njihove naknadne ekstenzione ekshumacije. Interpretacija kontrakcionih događaja može biti sagledana u kontekstu kredno-eocenskih navlačenja, prateće sedimentacije, ulaska deponata u domen subdukcione zone, zatim pratećeg metamorfizma, kao i naknadnog ekstenzionog eksponiranja Sava zone, kao jedinice u području suture evropske i adrijske ploče, koja se može pratiti duž celog pružanja kontakta, od planine Medvednica u Hrvatskoj do jedinica u Helenidima (npr. Schmid et al., 2008; Ustaszewski et al., 2010; Schefer et al., 2011; Stojadinovic et al., 2013; Toljić et al., 2013; van Gelder et al., 2015). Mehanizmi ekstenzije i evolucije povezanih detačmenta, koji su reaktivirali postojeću zonu suture ili kontakte navlačnih sistema, su veoma dobro proučeni u područjima sa intezivnim ekstenzionim procesima (npr. Brun i Faccenna, 2008; Brun i Sokoutis, 2007; Hall et al., 2011). Za razliku od prethodnih, mehanizmi sporijih i produženih deformacija koje deluju u područjima u neposrednoj blizini pola ekstenzione rotacije su manje poznati (npr. Doglioni et al., 2007). Novija istraživanja su pokazala da je miocenska ekstenzija reaktivirala postojeću kredno–paleogenu suturu Dinarida i Karpato-balkanida, formirajući više detačmenta koji su raspoređeni duž njenog pružanja (npr. Ustaszewski et al., 2010; van Gelder et al., 2015). U ovom kontekstu tektonska evolucija planine Jastrebac je pažljivo analizirana, sa ciljem definisanja efekata miocenske ekstenzije i za potrebe definisanja afiniteta tektonskih jedinica i utvrđivanje njihovog položaja u domenu suture. Deo rezultata ovih proučavanja publikovan je radu Erak et al. (2017). Utvrđeno je da je evolucija dome Jastrepca izvedena kroz sukcesivne procese, počevši od gornjokredne ekshumacije, preko kredno-eocenskog navlačenja, pratećeg magmatizma i ponovne neogene ekshumacije. Kod rekonstrukcije karaktera tektonskog

transporta, istraživanja su pošla od pretpostavke da strukture sa velikim iznosima kretanja kao što su detačmenti, mogu poslužiti za doslednije određivanje pravaca tektonskog transporta, u odnosu na manje disjunktivne strukture. Stoga je osnova rekonstrukcije tektonske mobilnosti bazirana na proučavanju makro i mikrostrukture razvijenih pre svega u domenima prepoznatih krupnih zona duktilnih i pratećih “britl” smicanja.

2. OPŠTI DEO

Ovo poglavlje sadrži prikaz osnovnih podataka o geografskim, geomorfološkim, hidrografskim i saobraćajnim karakteristikama istraživanog područja.

2.1. Geografski položaj

Jastrebac je planina u centralnoj Srbiji, koja se pruža pravcem zapad-istok u dužini od 45 km na prostoru između Niša, Aleksinca, Kruševca, Blaca i Prokuplja (Slika 2-1). Sastoji se od dva masiva, Velikog Jastrepcu u zapadnom delu i Malog Jastrepcu na istoku. Jankova klisura na reci Blatašnici razdvaja planinu Jastrebac od Kopaonika.



Slika 2-1: Geografski položaj istraživanog područja planine Jastrebač na preglednotopografskoj karti 1:300000 za list Niš (Vojnogeografski institut, 1989).

Najviši vrhovi su Velika Đulica (1491 m), Pogled (1481 m), Zmajevac (1313 m) i Bela stena (1257 m) koji predstavljaju prirodnu granicu između Toplice i Pomoravlja. Severno od planine Jastrepcu nalazi se kruševačka (Fotografija 2-1), a južno toplička kotlina (Fotografija 2-2).

Planina Jastrebač je okružena rekama J. Moravom, Rasinom i Toplicom. Reke Zapadna Morava, Rasina i Južna Morava pripadaju slivu Velike Morave, dok tereni južno od razvođa Velikog i Malog Jastrepcu pripadaju slivu Toplice, pri čemu se dreniraju preko njenih manjih levih pritoka Brešničke, Bačanske i Baračke reke.



Fotografija 2-1: Pogled na severne padine Jastrepc iz kruševačke kotline (Kruševac)



Fotografija 2-2: Pogled na južne padine Jastrepc iz topličke kotline

Na širem području Jastrepc najvažnija saobraćajnica je savremeni put prvog reda Beograd—Niš (E—5), dok su saobraćajnice lokalnog značaja sa makadamskom podlogom: Kruševac-Brus, Kruševac-Blace, Aleksandrovac-Brus. Prevojem Grebac, preko Ribarske Banje, između Velikog i Malog Jastrepc, vodi put Prokuplje-Kruševac.

3. METODE ISTRAŽIVANJA

Kompleksnost istraživanog područja, ciljeva istraživanja i očekivanih rezultata uslovlja je primenu različitih metoda istraživanja. Istraživački rad se odvijao kroz više različitih faza.

U geološkom smislu, enigmatično područje planine Jastrebac u centralnoj Srbiji se sa svojim širim okruženjem karakteriše kompleksnom geološkom građom, koja je u vezi sa njenim položajem u okviru tranzitne zone između jedinica adrijske i evropske ploče, kao i sa višefaznom tektonskom aktivnošću od mezozoika do danas.

Istraživanjima je izvršeno utvrđivanje afiniteta jedinica koje izgrađuju planinu Jastrebac, zatim korelacija metamorfisanih stena iz ovog područja sa njihovim nemetamorfisanim ekvivalentima, rejonizacija glavnih regionalnih tektonskih jedinica, dešifrovanje mogućih mehanizama tektonskog transporta, izdvajanje glavnih deformacionih faza i jasno definisanje kako kinematske tako i termalne evolucije svake tektono-stratigrafske jedinice.

Definisana je evolucija jastrebačke dome, koja obuhvata sukcesiju procesa počevši od gornjokredne ekshumacije preko kredno-eocenskog navlačenja i magmatizma do miocenske ekshumacije ekstenzionim detačmentima, pri čemu su proučavanja regionalnih struktura sa velikim iznosom kretanja, kao što su detačmenti, poslužila za preciznije određivanje pravaca tektonskog transporta, u poređenju sa analizom rupturnih struktura nižeg reda koje su manje pouzdane u ovakvim tektonskim ambijentima.

Rezultati izvedenih istraživanja doprinose boljem razumevanju komplikovane geotektonske građe, koja je u širem području izgrađena generalno iz tri krupne tektonske celine. Studijom su definisani mehanizmi tektonskog transporta sa značajnijim kretanjima glavnih tektonskih jedinica, dokazujući višefaznu tektono-termalnu evoluciju istraživanog prostora, pri čemu različiti stepeni metamorfizma litoloških jedinica, koje izgrađuju jastrebačku domu, svedoče o termo-dinamičkim uslovima koji su vladali pri izdvojenim deformacionim fazama.

U postupku realizacije naučnih rezultata primenjene su terenske, laboratorijske i kabinetske metode istraživanja.

3.1. Terenske metode istraživanja

Terenske aktivnosti bile su usmerene na prikupljanje podataka o litostratigrafskim i tektonskim svojstvima formacija u području Jastrepc. U okviru terenskih metoda istraživanja, izvedeno je detaljno geološko kartiranje kontaktnih zona između krupnih tektono-stratigrafskih jedinica. Pri tome, prikupljeni su podaci o litološkim svojstvima i međusobnim odnosima različitih jedinica, kao i podaci o kinematskim svojstvima svih prepoznatih struktura. Proučavane su strukture iz domena “britl” deformacija udružene sa kinematskim indikatorima kretanja i strukture iz domena duktilnih deformacija. Duktilne strukture su analizirane na terenu i mikroskopski u preparatima. Posebna pažnja je bila usmerena ka utvrđivanju hronologije različitih deformacionih događaja.

3.1.1. Terenska i mikrostrukturna osmatranja

Terenska kinematska istraživanja su uključivala merenja folijacije, nabora, analizu duktilnih zona smicanja i asocirane ekstenzione lineacije, “britl” raseda i drugih kataklastičnih deformacija kombinovanih sa opservacijama post-kinematskih pokreta i rotacija. Za određivanje pravaca tektonskog transporta korišćene su informacije o kliznim lineacijama i Ridlove ravni zajedno sa duktilnim kinematskim indikatorima u većim zonama smicanja, kao što su mm-m trake smicanja (“shear-band”) i σ -klasti. Rezultati ovih merenja su statistički analizirani, pri čemu su grupisani u različite deformacione faze, u okviru kojih su predstavljeni reprezentativni primeri struktura, opserviranih na izdancima. Kriterijum superpozicije, kao što su evolucija metamorfnih facija, stratigrafske granice, formiranje neometamorfnih minerala, međusobni odnosi struktura, reaktivacije i inverzije postojećih struktura, proučavanje sin-kinematskih sadržaja akrecione prizme ili post-kinematske depozicije, korišćeni su za određivanje relativne ili apsolutne starosti deformacija. Petrološke i mikrostrukturne opservacije su korišćene za definisanje metamorfnih facija i proučavanje mikrostrukturna.

3.2. Laboratorijske metode istraživanja

Pri istraživanjima, ove aktivnosti su bile usmerene ka proučavanjima mikrostrukturnih svojstava duktilnih i “britl” struktura, zatim ka izotopskim odredbama starosti magmatskih stena i modelovanjima tektono-termalne evolucije. Na pojedinim terenskim tačkama osmatranja uzeti su reprezentativni uzorci stena. Prikupljeni uzorci su zatim bili podvrgnuti odgovarajućim laboratorijskim analizama. Jednim delom uzorci su

pripremljeni kao orijentisani preparati, koji se koriste za mikroskopska proučavanja duktilnih mikrostruktura, kao i asocijacije minerala. Izvršeno je uzorkovanje plutona za određivanje apsolutne starosti U-Pb metodom. Uzorci za “fission track” analize su prošli kroz proces pripreme i izdvajanja apatita i cirkona, zatim zračenja i krajnjeg brojanja traka. Nisko-temperaturna termohronologija je metoda često kombinovana sa kinematskim studijama, sa ciljem da se precizno odrede vremenski okviri deformacionih faza i ustanove iznosi vertikalnih kretanja izazvanih ovim deformacijama. U slučaju studija koje se bave ekshumacijom, pristup sa određivanjem starosti preko “fission track” metode primenjene na uparene cirkone i apatite omogućava rekonstrukciju kritične tačke tokom hlađenja stene (između ~ 250 °C za cirkone i ~ 100 °C za apatite, Tagami, 2005; Laslett et al., 1987). Generalno, ove temperature korespondiraju sa prelaznom zonom između “britl” i duktilnih deformacija. Sa druge strane, tokom korelacije u studiji, kombinovani termohronometri cirkona i apatita povećavaju pouzdanost identifikacije potencijalnih stena protolita. Kako je jedan od značajnijih ciljeva ovih istraživanja ustanoviti iznose ekshumacije jedinica koje predstavljaju metamorfnu osnovu, analizirani su uzorci koji su prikupljeni iz metamorfnih i magmatskih stena jezgra jastrebačke dome.

3.2.1. Metodologija U-Pb geohronologije na cirkonima

Nepouzdanost postojeće Rb-Sr starosti plutona Ravnište je korigovana novim LA-ICPMS U-Pb datovanjem cirkona iz jednog uzorka JAS9 na Univerzitetu u Arizoni. Stena je prošla proces drobljenja, prosejavanja na situ 0,2 mm i ispiranja za primarno uklanjanje lakih minerala. Uzorci su zatim sušeni i propušteni kroz Franc (magnet) izodinamički separator na 0,3 A do 1,2 A jačine struje, kako bi se izračunala magnetna susceptibilnost cirkona. Ovo je bilo praćeno razdvajanjem po gustini, pomoću teških organskih tečnosti metilen jodida (MI) sa kontrolisanom gustinom $3,325 \text{ g/cm}^3$ u kojoj kristali cirkona sa gustinama između $4,6\text{--}4,7 \text{ g/cm}^3$ tonu. Cirkoni poreklom iz magmatita su izdvajani pod mikroskopom, postavljani u dvostrane trake i smeštani u epoksi. Pločice sa cirkonima su zatim analizirane na Nu Plazma instrumentu sa multikolektorskim lasersko-ablacijsko-induktivnim uparenim plazma-masa spektrometrom (LA-ICPMS) u LaserChron centru u Arizoni, prema proceduri u Gehrels (2008). Niz analiza fragmenata velikih Šri Lanka cirkonskih kristala (generalno svako

peto merenje) poznate starosti od 564 ± 4 Ma (2σ greška) je korišćen za popravke (Gehrels, 2008). Nepouzdanost rezultata nakon kalibracijske korekcije je uglavnom oko $\sim 1\%$ (2σ) za obe $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ i $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ starosti. Dobijene starosti su određene ponderisanjem srednje vrednosti $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ starosti harmoničnih i preklapajućih analiza (Ludwig, 2005). Dobijena nepouzdanost se zasniva na rasejanju i preciznosti seta $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ili $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ starosti, ponderisanih u skladu sa njihovim greškama merenja. Sistematska greška, koja uključuje udeo standardne kalibracije, starosti kalibracijskog standarda, kompozicije opštih konstanti raspada Pb i U, je generalno $\sim 1\text{--}2\%$ (2σ).

3.2.2. Metodologija "fission track" na cirkonima i apatitima

Za odredbu niskotemperaturnih termohronoloških starosti ("fission track" apatita i cirkona) obavljeno je uzorkovanje po profilu. Ova metodologija je primenjena u proučavanju ekshumacije i hlađenja stena ispod $\sim 250^\circ\text{C}$ (Tagami, 2005; Laslett, 1987). Odabrano je 10 uzoraka, za koje se smatralo da su reprezentativni za diferencijalnu ekshumaciju svih jedinica. Od 10 sakupljenih uzoraka ($\sim 5\text{kg}$ po uzorku), 7 je dalo rezultate za "fission track" apatita (AFT starosti) i/ili cirkona (ZFT starosti) (Slika 9-2). Ovi uzorci su uzeti iz različitih litologija (Slika 6-7, Slika 8-18a), iz gnajseva Moravske jedinice (E17, E18 i E19), iz mikašista Moravske jedinice u podini Vukanjskog raseda (JAS1), iz niskotemperaturnih hloritsko-sericitskih škriljaca Boljevačko-vukanjske subjedinice (JAS3,4), iz metapeščara u faciji zelenih škriljaca turbiditske sekvence iz neposredne okoline plutona (E16) i iz granodiorita ovog plutona (E15). Separacija minerala apatita i cirkona, uključujući drobljenje, prosejavanje, razdvajanje pomoću teških tečnosti i prema magnetičnosti je obavljena u skladu sa standardnim procedurama u laboratorijama Vrije Univerziteta u Amsterdamu (Foeken, 2004). Iako je cilj bio da se dobiju apatitske i cirkonske FT starosti po uzorku, to nije bilo moguće za svaki uzorak, usled slabe zastupljenosti ili lošeg kvaliteta kristala apatita ili cirkona. Dakle, šest od sedam uzoraka sadržali su kristale apatita, dok su šest od sedam uzoraka sadržali kristale cirkona, koji su se mogli koristiti pri daljim analizama. Kristali cirkona i apatita su pripremljeni, brušeni, polirani i tretirani kiselinama. Apatiti na mikroskopskim pločicama su bili tretirani 35 sekundi sa $1,5\text{ N HNO}_3$ na 21°C , dok su cirkoni na mikroskopskim pločicama bili tretirani oko 20 do 60 h smešom KOH i NaOH na 225°C . Tako pripremljene pločice bile su priključene na eksterni detektor liskuna (EDM; Gleadow i Duddy, 1981) i zračene u reaktoru FRMII Garching (Technische Universität

München, Germany). Pločice sa cirkonima su bile podvrgnute zračenju zajedno sa cirkonskim starosnim standardima (Garver, 2003) i referentnim staklenim dozimetrima CN-1, dok su pločice apatita zračene zajedno sa apatitskim starosnim standardima (Green, 1985) i referentnim staklenim dozimetrima CN-5. Trake u kristalima cirkona i apatita i eksternim detektorima su brojane u FT laboratoriji na Vrije Univerzitetu u Amsterdamu (analitičar P.A.M. Andriessen). FT starosti su prikazane sa statističkom nepouzdanosću u rangi od $\pm 1\sigma$, koristeći zeta faktor od 358 ± 10 (apatit, CN5 staklo) i 128 ± 3 (cirkon, CN1 staklo) (pogledati: Slika 9-2, Tabela 2 i Tabela 3). Analiza je takođe uključivala i merenja ograničenih dužina FT apatitskih traka i prečnika svake nagrižene jame (Dpar) sa ciljem da se definišu kinetičke karakteristike kristala apatita (Donelick, 1993; Ketcham et al., 1999). Konačno, FT starosti su izračunate uz pomoć softvera TrackKey (Dunkl, 2002). Homogenost dobijenih starosti pojedinačnih kristala u okviru svakog uzorka je određena pomoću Chi-square (χ^2) testa (Galbraith i Laslett, 1993). Ovaj test potvrđuje $P(\chi^2)$, verovatnoću da starosti pojedinačnih kristala u okviru svakog uzorka pripadaju istoj populaciji. Populacija starosti je homogena kada je $P(\chi^2) > 5\%$. U svim slučajevima, samo limitirana količina ograničenih dužina apatitskih traka je bila merena kako bi se sprečilo dalje povezivanje sa njihovim hlađenjem ili modelovanjem putanja hlađenja.

3.3. Kabinetske metode istraživanja

Ove aktivnosti bile su orijentisane ka generisanju naučno prihvatljivih geodinamičkih modela tektonske evolucije područja suture Dinarida i Karpato-balkanida. Kabinetske metode su uključivale pregled dosadašnjih proučavanja istraživanog prostora i detaljnu analizu dostupne literature vezane za problematiku i idejna rešenja geološke građe, kao i odnosa među različitim litološkim i tektonskim jedinicama, u široj oblasti planine Jastrebac. Izvedena je opsežna analiza potencijalnih geodinamičkih modela primenljivih za istraživano područje. Takođe je primenjena statistička obrada prikupljenih litoloških i kinematskih podataka, kao i termohronoloških podataka dobijenih laboratorijskim analizama. Svi prikupljeni podaci su digitalizovani i uneti u bazu, koja je kreirana u softveru ArcGis. Na osnovu podataka iz tumača i karata OGK Jugoslavije za listove Kruševac (Rakić et al., 1976), Niš (Rakić et al., 1973), Aleksinac (Krstić et al., 1980) i Kuršumlija (Malešević et al., 1980) konstruisana je Kompilaciona digitalizovana

geološka karta šireg područja planine Jastrebac, koja je inovirana na bazi informacija prikupljenih tokom izvedenih terensko-kabinetskih istraživanja (Prilog 1).

4. PREGLED RANIJIH ISTRAŽIVANJA

Područje Jastrepc i njegove bliže okoline izučavali su razni istraživači počev od 19-og veka. Istraživanja su bila usmerena uglavnom na uže stručne oblasti i značajna za rešavanje pojedinačnih geoloških fenomena. Zaključci su bili saglasni sa tadašnjim shvatanjima i idejama na području geoloških nauka.

Istraživanja pri izradi OGK SFRJ u području Jastrepc i njegove neposredne okoline (Rakić et al., 1973, 1976; Krstić et al., 1980 i Malešević et al., 1980) dala su veliki doprinos tadašnjem poznavanju i razumevanju geološke građe ovih prostora. Ovim istraživanjima, izdvojene su osnovne tektono-stratigrafske jedinice, utvrđene su njihove starosti i odnosi, a istaknuta nerešena pitanja i nedoumice u vezi sa starostima, afinitetima i tektonskim položajem pojedinih jedinica.

Tektonsko rejonizovanje ovih terena vršeno je u okviru razmatranja većih oblasti ili geotektonskih celina, pri čemu su se shvatanja o tektonskom sklopu razmatranih terena saglasno evoluciji geotektonskih ideja u svetu tokom vremena menjala sa tendencijom približavanja više ili manje jedinstvenom gledištu. Za terene Jastrepc i šireg područja, najznačajnija su izučavanja koja su se bavila problematikom jedinice Srpsko-makedonske mase onako kako je izdvojio i definisao Dimitrijević (1959), kao rigidnog zasebnog objekta između Dinarida i Karpato-balkanida. Ovom tematikom bavili su se mnogi istraživači, među kojima su Anđelković et al. (1967) koji su ih priključili Karpato-balkanidima, zatim Dimitrijević (1974) koji je krajnji zapadni deo ove mase uključio u Vardarsku zonu i Karamata (1996) koji je gornji kompleks pomenute mase uvrstio u Karpato-balkanide.

Grubić (1999) pri proučavanju geološke građe Jastrepc daje nove elemente, koji su bitni za definisanje tektonskih odnosa u ovim terenima. Pri tome, utvrđeno je da jastrebačku domu izgrađuju lomnička serija (crni kredno-paleogeni filiti), boljevačka serija (donji deo škriljaca nižeg kristaliniteta), vukanjska serija (gornji deo škriljaca niskog kristaliniteta) i gnajnsni metamorfikum. Autor navodi da se u jezgru dome nalaze najmlađe kredno-paleogene tvorevine, preko kojih leže paleozojske i mezozojske stene (škriljci nižeg stepena metamorfizma), a da je na krilima (uslovno) prisutan gnajnsni kristalin proterozojske starosti, što ukazuje na tektonsko-navlačne kontakte izdvojenih jedinica. Takođe, ističe da je u prethodno opisan paket navlaka intrudovan granitoid

Jastrepcia oligocenske starosti, što upućuje na tektonski prozor, zbog čega dovodi u sumnju postojanje Srpsko-makedonske mase kao jedinstvenog kristalastog homogenog "masiva". Iznosi i mišljenje da je Srpsko-makedonska masa kompozitne građe, odnosno paket navlaka izgrađen od tvorevina proterozojske, paleozojske do mezozojske starosti, koje kao celina pripadaju najinternijim delovima Karpato-balkanida.

Marović (2001) pri razmatranju geološke građe Jastrepcia i neposredne okoline ukazuje da u prilog tradicionalnog prikaza geološke građe Srpsko-makedonske mase ide činjenica, da je jasno prostorno i litološki artikulisana, tj. situirana između Vardarske zone i karpato-balkanskih planinskih venaca i izgrađena generalno od kristalastih škriljaca, za razliku od susednih terena koji se odlikuju bogatim mezozojskim sekvencama.

Marović et al. (2007) u okviru jastrebačke dome definišu dva krupna navlačno-naborna entiteta koja se, u vertikalnoj sukcesiji, nalaze u invertnom položaju. Pritom, ističu da je donji entitet izgrađen od gornjokrednih i kredno-paleogenih nisko do srednje metamorfisanih stena Jastrebačke jedinice u koje je utisnut paleogeni granitoid (verovatno Vardarska zona), a da je gornji predstavljen krupnom navlakom, kristalina Srpsko-makedonske mase, izdvojene kao Moravska jedinica. Prema istim autorima, nisko do srednje metamorfisan kompleks Velikog Jastrepcia sa granitoidom predstavlja metamorfni "core complex", ekshumiran mehanizmima ekstenzione tektonike u paleogenu. Takođe, navodi da bi ekstenzija mogla biti najverovatnije vezana za desna transtenziona kretanja duž Naupare-Jošanica raseda, gde bi vukanjska zona smicanja predstavljala detačment.

Schmid et al. (2008) razmatraju evoluciju i korelišu tektonske jedinice Alpsko-Karpatsko-Dinaridskog sistema. Pri regionalnoj geotektonskoj rejonizaciji korelišu terene Srbije i definišu nove tektonske okvire pripadnosti njenih pojedinih jedinica. U okviru šireg područja Jastrepcia definišu jedinice Adrije (subdukovana ploča) i Evrope (povlatna ploča). U okviru Adrije (Dinarida) definišu Zapadne Vardarske ofiolite obdukovane preko eksterne jedinice Drinsko-Ivanjičkog elementa (Ofiolitski pojas prema Dimitrijević (1997)) i interne jedinice Drinsko-Ivanjičkog elementa (Drinsko-Ivanjički element prema Dimitrijević (1997)). Schmid et al. (2008) u okviru evropske ploče izdvajaju Istočne Vardarske ofiolite (ekvivalent Centralnoj Vardarskoj zoni prema

Dimitrijević (1997)) koji leže preko Srpsko-makedonske mase (Dakija) i zaključuju da su pozicionirani u strukturno višem položaju u odnosu na Srpsko-makedonsku masu. Schmid et al. (2008) ističu činjenicu da ovi najistočniji delovi Vardarskih ofiolita, koji su na karti povezani sa Južnim Apusenima i Transilvanijskim ofiolitima, tektonski leže preko Getikum-Supragetikum navlačne sekvence (evropska ploča). Izdvajaju i Sava zonu između Jadar-Kopaonik jedinice i preko njih obdukovanih Zapadno Vardarskih ofiolita s jedne strane i Istočnih Vardarskih ofiolita obdukovanih preko sadržaja evropske ploče. U ovoj sintezi Sava zona predstavlja suturu između Dinarida i Tisijsko-dakijske mega jedinice, kao margine evropske ploče. Internu Vardarsku zonu i Srpsko-makedonsku masu (definisano prema Dimitrijević, 1997) priključuju Dakija mega jedinici (margina evropske ploče), a Supragetikum i Getikum priključuju Karpato-balkanidima kao delu evropske ploče. Schmid et al. (2008) interpretiraju pre-mezozojsku starost kontakta između visoko metamorfoisanog kristalina Srpsko-makedonske mase i niskotemperaturnog metamorfikuma. Definišu kompletnu Getikum-Supragetikum navlačnu sekvencu, formiranu krajem donje krede, kao sadržaj gornje tektonske ploče subdukcionog sistema, reorganizovanu u vreme kredno-paleogenog formiranja Sava zone, koja predstavlja suturu tokom kolizije sa Dinaridima, koji uključuju obdukovane ofiolite Zapadne Vardarske jedinice i sadržaje Jadar-Kopaonik jedinice na pozicijama donje ploče.

Veliki doprinos razumevanju geodinamičke evolucije terena Srbije i paleogeografskih afiniteta krupnih tektonskih jedinica dala su najnovija istraživanja geodinamičke evolucije Dinarida, Karpato-balkanida i njihove kontakne zone.

Matenco et al. (2010) ističu da Jastrebac predstavlja antiformnu strukturu koja u jezgru sadrži metamorfisane kredne sedimente Sava zone, metamorfisane ofiolite Zapadnih Vardarskih Ofiolita sa metamorfoisanim sedimentima Adrije u njihovoj podini. Pri tome, ukazuju da su ove jedinice ekshumirane mehanizmima donjomiocenske ekstenzije i intenzivnim deformacijama na istočnom krilu jastrebačke strukture, gde se nalaze dva glavna detačmenta sa kretanjem ka istoku, jedan u okviru Moravske jedinice i drugi istočnije na kontaktu sa jedinicom Supragetikuma.

Ustaszewski et al. (2010) izučavajući evoluciju kontakta između adrijske i evropske ploče u severnim Dinaridima, zaključuju da Sava zona predstavlja suturu između ove

dve ploče, koja sadrži ostatke Meliata-Vardarskog okeana koji su deformisani formiranjem akrecione prizme i navučeni na marginu Adrije tokom mastrihta. Takođe, sugerišu na ekstenzionu reaktivaciju subdukovanih navlačnih kontakta mastrihtske starosti, pri čemu je formiran detačment malih padnih uglova kojim su jedinice adrijske ploče ekshumirane iz podine evropske ploče. Ovu ekstenziju povezuju sa formiranjem Panonskog izalučnog basena i interpretiraju kao odgovor na subdukciju u domenu Karpata.

Schefer et al. (2010, 2011) proučavaju tektono-metamorfnu i magmatsku evoluciju internih Dinarida u području Kopaoničkog i Studeničkog tektonskog prozora. Ispitivanjem stratigrafske i tektonske evolucije različitih kontinentalnih jedinica i proučavanjem njihovih odnosa sa obdukovanim ofiolitskim pojasevima, dolaze do zaključka da preovlađujući koncept, koji podrazumeva nekoliko terana i nekoliko okeana, nije u skladu sa dobijenim rezultatima i predlažu teoriju jednog okeanskog prostora. Kontinentalne terane priključuju pasivnoj margini Adrije koja je otkrivena u tektonskim prozorima ispod ofiolita obdukovanih u gornjoj juri. Intenzivno deformisane i metamorfisane metasedimente iz doline Studenice i oblasti Kopaonika definišu kao najistočnije pojave trijaskih sedimenata u Dinaridima. Ističu da su gornjopaleozojski terigeni sedimenti pokriveni donjotrijaskim siliciklastičnim stenama i krečnjacima koji se dalje nastavljaju u anizijske plitkovodne karbonate. Takođe, navode da promene facija iz plitkovodnih karbonata u hemipelaške facije i facije distalnih turbidita, reprezentovane rožnačko-krečnjačkim tvorevinama Kopaoničke formacije, svedoče o subsidenciji plitkovodne karbonatne platforme formirane tokom trijasa. Definišu i dve starosne grupe kenozojskih granita u Dinaridima južne Srbije na osnovu visoko precizne U-Pb metode određivanja starosti na cirkonima: oligocenske granite (Kopaonik, Drenje, Željin) i miocenske granite (Golija i Polumir). Apatit "fission track" starosti i modelovanje kombinuju sa strukturnim opservacijama na terenu, pri čemu ukazuju na naknadnu ekshumaciju magmatskih stena i na hlađenje koje je uzrokovano ekstenzionom ekshumacijom plutona, koji se nalaze u jezgru "core-complex". Prema istim autorima, miocenski magmatizam i formiranje "core-complexes", uzrokovani su ekstenzijom po pravcu S-J, koja je povezana sa otvaranjem Panonskog basena, ali i sa generisanjem dela unutar planinskih neogenih basena područja unutrašnjih Dinarida.

Matenco i Radivojević (2012) su izučavali evoluciju Panonskog basena u jugoistočnom području koje po njima povezuje Dinaride, Južne Karpate i Apusenske planine. U radu demonstriraju ekstenziono otvaranje Panonskog basena po modelu asimetričnog jednostavnog smicanja ("simple-shear"). Seriju regionalnih listričnih detačmenta, koji su migrirali u vremenu i prostoru, interpretiraju na osnovu njihove geometrije prepoznate u rotiranim povlatnim blokovima i ekshumaciji podinskih blokova, a na većim dubinama povezuju ih u glavnu ekstenzionu zonu smicanja kao strukture po kojima je akomodirano istanjenje kontinentalne kore u ovim prostorima. Zaključuju da je ekstenzija tokom miocena bila povezana sa rotacijom u smeru kazaljke na satu i da intenzitet ekstenzije južno u Moravskom rovu opada sa približavanjem polu rotacije koji se nalazio u blizini sadašnje granice Srbije i Makedonije. Ukazuju na činjenicu da evropske jedinice nisu razdvojene mezozojsko-kenozojskom strukturom, što ističu spajanjem jedinica Biharije, Srpsko-makedonske mase i Supragetikuma u jednu tektonsku jedinicu.

Robertson et al. (2013) pri istraživanju tektonike Vardarskog okeana i njegovih margina iznose gledište po kojem je Istočna Vardarska zona bila navučena prema istoku, preko Srpsko-makedonske mase, a zatim ponovo navučena prema zapadu tokom najmlađe jure.

Toljić et al. (2013) kombinovanjem kinematske studije sa biostratigrafskom i odredbom apsolutne starosti sedimenata kao i njihovog metamorfizma proučavaju kompleksnu evoluciju planine Fruške Gore, koja se nalazi u kontaktnom području između Dinarida i jedinica evropskog afiniteta. Ova evolucija je prema navedenim autorima vezana za kredno-paleogenu koliziju između evropskih i adrijskih tektonskih jedinica, zatim miocensku subsidenciju Panonskog basena i njegovu naknadnu inverziju. Pri analiziranju stena metamorfnog jezgra Fruške Gore, utvrđuju da protoliti sadrže tipične trijasko-jurske sekvence distalne margine Adrije koje korelišu sa stenama jedinice Jadar-Kopaonika (prema Schmidt et al., 2008) iz područja internih Dinarida, kao i gornjokredno-paleogene sedimente, taložene u Sava (Neotetis) subdukcionalnoj zoni, koji leže preko prvih. Na osnovu utvrđene gornjojurske starosti metamorfizma u faciji zelenih škriljaca zaključuju da je jedna od mogućnosti da je i deo sadržaja evropske gornje ploče ušao u sastav ovog metamorfnog jezgra tokom kredno-eocenske kolizije.

Takođe, interpretiraju naknadnu ekshumaciju metamorfnog jezgra Fruške Gore koja je započela u gornjem oligocenu u podini regionalnog detačmenta i nastavila se početkom gornjeg miocena mehanizmom normalnog rasedanja. Zaključuju da se ekstenzija regionalnih razmera odvijala tokom subsidencije Panonskog basena i da je bila povezana sa istovremenom rotacijom Fruške Gore u smeru kazaljke na satu.

Stojadinović et al. (2013) pri nisko-temperaturnim termohronološkim istraživanjima severoistočnih Dinarida na kontaktu sa Panonskim basenom u srpskom delu Dinarida u području tri ključne oblasti Cera, Bukulje i Fruške Gore demonstriraju da je formiranje Panonskog basena u ovom delu orogenog pojasa bilo povezano sa istovremenom ekshumacijom regionalnih razmera u podini regionalnih ekstenzionih detačmenta. Takođe, ukazuju da su ovim strukturama ekshumirane stene koje su prethodno bile uvučene u intermedijarne nivoe litosfere, pri subdukciji i koliziji Sava okeana i pasivne kontinentalne margine Adrije, gde se ekshumacija odvila u kratkom vremenskom periodu tokom donjeg do početka gornjeg miocena kao odgovor na asimetrično istezanje kore pri čemu su formirani jugoistočni deo Panonskog basena i njegov južni produžetak duž doline reke Morave.

Radivojević (2014) interpretacijom regionalnih profila, definiše otvaranje jugoistočnog dela Panonskog basena pomoću mehanizma asimetrične kontinentalne riftogeneze. Ističe da normalno rasedanje migrira u vremenu i prostoru zauzimajući široki vremenski raspon u okviru miocena (20–5,5 miliona godina) i da je nakon faze ekstenzije i formiranja grabena, usledilo pontsko-kvartarno termalno tonjenje značajno istanjene kontinentalne litosfere, a da je efekat pliocensko-kvartarne inverzije u srpskom delu Panonskog basena redukovan, u poređenju sa deformacijama velikih razmera, zabeleženim u centru ili na marginama Velike mađarske ravnice.

Mladenović et al. (2015) izučavaju tektono-magmatsku evoluciju prostora planine Kopaonika u području između Dinarida i Karpato-balkanida. Kombinujući podatke paleostres analize sa podacima o kenozojskom magmatizmu definišu četiri “britl” deformacione faze i dva krupnija tektono-magmatska događaja. Na taj način definišu gornjoeocensko-donjomiocenski tektono-magmatski događaj koji karakteriše transpresiona tektonika sa generisanjem magme I-tipa i donjo-srednjomiocenski događaj

koji su obeležili ekstenzioni uslovi pri čemu su formirani graniti S-tipa, a koji predstavljaju krajnju završnu fazu magmatizma u ovom delu Balkana.

Petrović (2015) izučavanjem prostornog položaja Ofiolita Istočne Vardarske zone dolazi do zaključka da su ofioliti najverovatnije vezani za procese prirastanja, što je u suprotnosti sa ostalim ofiolitima Balkanskog poluostrva, koji su po svemu sudeći uniformno obdukovani prema zapadu. Međutim, ne isključuje mogućnost da su u nekim područjima delovi Istočne Vardarske zone navučeni preko Srpsko-makedonske mase.

Antić et al. (2016a, b) na osnovu termohronoloških istraživanja južno od istraživanog područja zaključuju da je vrhunac metamorfizma u jedinici Srpsko-makedonske mase dostignut za vreme variscijske epohe i da magmatizam opserviran u ovim jedinicama ima dugu paleozojsku evoluciju. Njihova istraživanja interpretiraju fazu ekshumacije mlađe donjokredne do starije gornjokredne starosti (približno 110-90 Ma), nakon koje su usledile naknadne faze lokalne ekshumacije, kao što je formiranje susednih eocenskih "core-complexes".

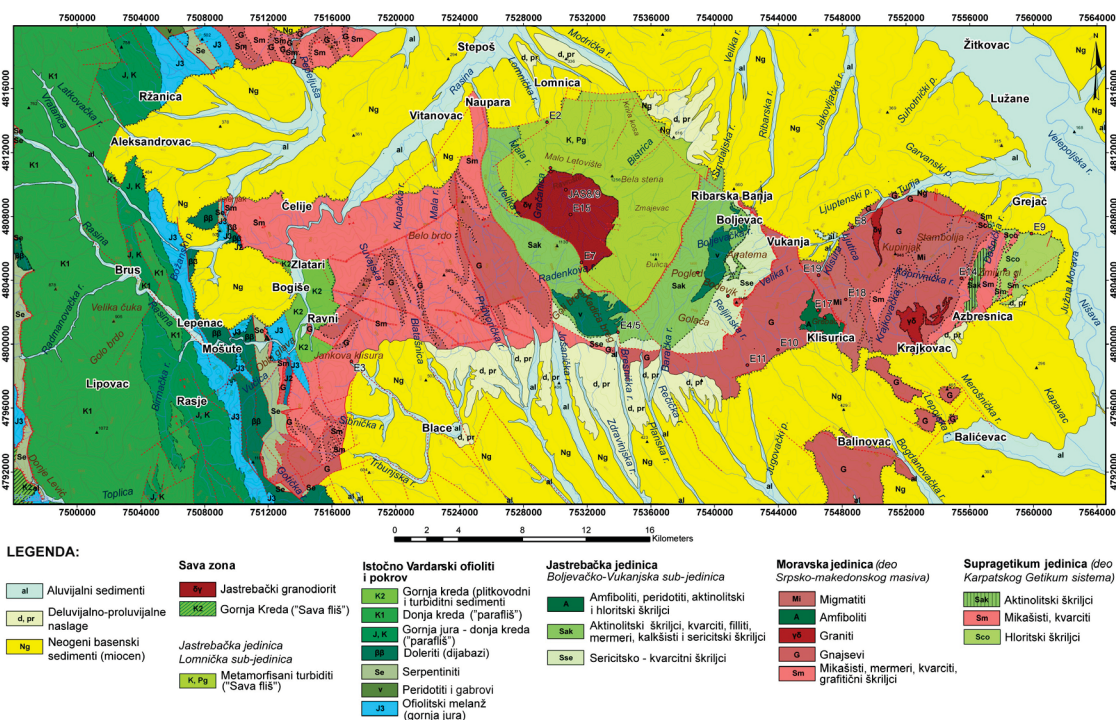
Stojadinović et al. (2017) pomoću niskotemperaturnih termohronoloških istraživanja, kombinovanih sa geohronologijom, postojećim kinematskim analizama i studijama ekshumacije, proučava sedimentne basene vezane za subdukciju i koliziju prilikom zatvaranja okeana Neotetis, čiji su sedimenti još uvek sačuvani u području severoistočnih Dinarida i u blizini njihovog kontakta sa Karpato-balkanidima. Ova istraživanja demonstriraju sedimentaciju u području tektonskog rova i ispredlučnog basena u domenu gornje evropske tektonske ploče. Dobijene gornjokredno-donjopaleocenske starosti na uzorcima magmatogenog porekla ukazale su da se područje magmatske aktivnosti, koje je i izvor materijala magmatogenog porekla, nalazi u domenu gornjokrednog područja magmatske aktivnosti, vezane za subdukciju. Takođe, ističu da je kolizija bila praćena gornjooligocensko-miocenskom ekshumacijom donje adrijske ploče duž ekstenzionih detačmenta, koji su reaktivirali prethodno formirane kolizione kontakte duž celokupnog pružanja margine Dinarida.

Toljić et al. (2018) pri najnovijim istraživanjima kredno-paleogenog zatvaranja okeana Neotetis, smeštenog između evropskih i adrijskih kontinentalnih jedinica, kombinuju strukturnu, litostratigrafsku i sedimentološku analizu, sa ciljem rekonstrukcije facijalno

različite kredne depozicije u ispredlučnom basenu situiranom na periferiji evropske aktivne margine. Depoziciju u ispredlučnom basenu korelišu sa plitkovodnom do dubokovodnom sedimentacijom koja se odvijala u basenima razvijenim iznad subdukujuće adrijske ploče. Prema izvedenim istraživanjima, ispredlučni basen je bio izložen donjokredno-cenomanskom periodu kontrakcije, koji je bio praćen turonsko-senonskom ekstenzijom i na kraju ekshumiran kontrakcijom tokom gornjokredno-donjopaleogene kolizije.

5. LITOSTRATIGRAFSKA SVOJSTVA GEOLOŠKIH FORMACIJA JASTREPCA SA OKOLINOM

U ovom poglavlju dati su opisi stena koje izgrađuju Jastrebac i njegovu neposrednu okolinu. Klasifikacija stena izvršena je prvenstveno na osnovu litoloških karakteristika i njihovih međusobnih stratigrafskih odnosa. Za izradu poglavlja i pratećih potpoglavlja korišćene su informacije prikupljene tokom izvedenih terensko-kabinetskih istraživanja kombinovane sa podacima iz tumača Osnovne Geološke Karte SFR Jugoslavije za listove Kruševac (Rakić et al., 1976), Niš (Rakić et al., 1973), Aleksinac (Krstić et al., 1980) i Kuršumljia (Malešević et al., 1980). Generalno, planina Jastrebac sa neposrednom okolinom (Slika 5-1, Prilog 1) se karakteriše složenom geološkom građom. Izgrađena je od metamornih, magmatskih i sedimentnih stena.



Slika 5-1: Opšti prikaz geološke građe područja planine Jastrebac (Kompilaciona digitalizovana geološka karta, izrađena na osnovu terenski prikupljenih i podataka OGK SFRJ 1:100 000, za listove Kruševac (Rakić et al., 1976), Niš (Rakić et al., 1973), Aleksinac (Krstić et al., 1980) i Kuršumljia (Malešević et al., 1980).

Na Jastrepcu preovlađuju tvorevine visokokristalastog metamorfikuma. Za područje Velikog Jastrepcu, pored značajnog rasprostranjenja ovih stena, karakteristično je da jezgro dome izgrađuju metamorfiti facije zelenih škriljaca i metasedimenti koji su kontaktno promenjeni centralnom intruzijom granodiorita. Na Malom Jastrepcu, pored dominantnog prisustva metamornih stena visokog kristaliniteta sa probojima

granitoidskih stena i njihovih žičnih ekvivalenata, značajno je i prisustvo metamorfita iz facije zelenih škriljaca u istočnom obodnom delu planine. Jastrebac je generalno okružen basenskim sedimentima neogene starosti, dok na zapadu njegovo neposredno okruženje izgrađuju ofiolitske i sedimentne tvorevine mezozojske starosti.

5.1. Visokometamorfisane stene i hercinski granit-monconiti

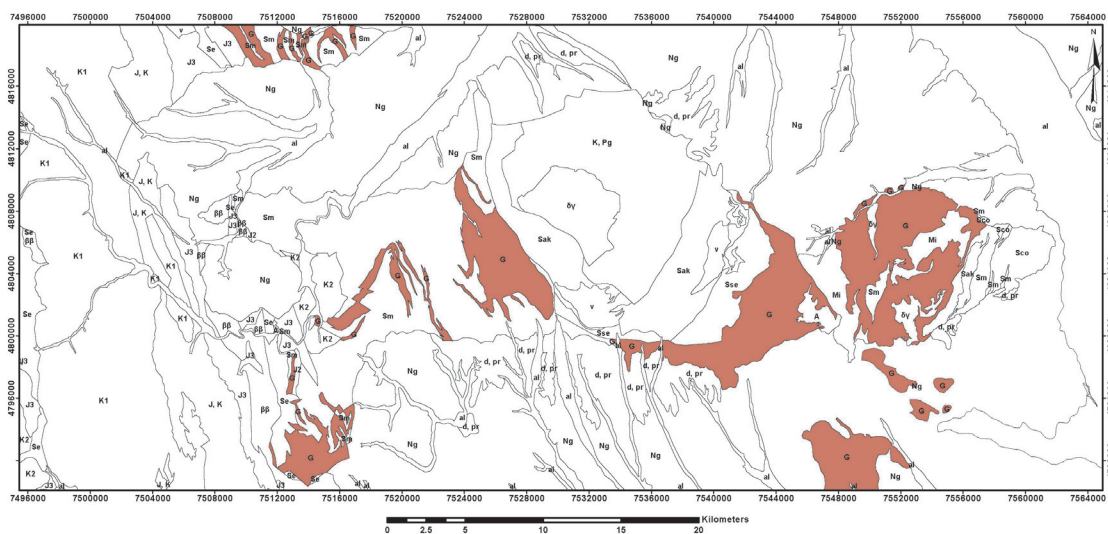
Metamorfne stene zauzimaju najznačajnije mesto u geološkoj građi planine Jastrebac, a najveće rasprostranjenje među njima imaju različiti tipovi metamorfnih stena visokog kristaliniteta u koje su u području Malog Jastrepc intrudovani granitoidi hercinske starosti, prema Krstić et al. (1980). U području Jastrepc, metamorfne stene visokog kristaliniteta izgrađuju zapadne i istočne delove Velikog Jastrepc i zapadne delove Malog Jastrepc. Mineralni sastav i sklop ovih metamorfnih stena ukazuju da su najvećim delom nastale metamorfizmom peskovito-glinovitih sedimenata u uslovima amfibolitske facije (Rakić et al., 1976) do granat-amfibolitske facije (staurolit almandinske podfacije), mestimično i eklogitske facije, često sa jako naglašenom kalijskom metasomatozom (Krstić et al., 1980).

Stene ovog kompleksa predstavljaju najstarije tvorevine u području Jastrepc. Prema autorima OGK, ove stene su u području Velikog Jastrepc najverovatnije proterozojske starosti, dok su na prostoru Malog Jastrepc verovatno rifej-kambrijumske starosti i pod uticajem mlađih tektonskih pokreta pretrpele su ekstenzivne postkristalizacione deformacije, čiji je intenzitet različit (Rakić et al., 1976; Krstić et al., 1980). U područjima većih rasednih struktura fenomeni kataklaze jače su izraženi i praćeni su pojavama kataklazita i milonita sa intenzivnim retrogradnim promenama. (Rakić et al., 1976).

Stene višeg stepena metamorfizma na prostoru malog Jastrepc nastale su progresivnim metamorfizmom niskokristalastih stena (facije zelenih škriljaca), najverovatnije kao posledica regionalnog kontaktnog metamorfizma oko jedne neotkrivene granitske intruzije znatnijih razmera (Krstić et al., 1980). Prema ovim autorima, na značajnu ulogu kontaktno metasomatskih procesa ukazuju postupno opadanje stepena metamorfizma sa udaljavanjem od područja učestalog pojavljivanja manjih tela granitoida i mikrofiziografske karakteristike gnajnskih stena, kao što su česte korozone

strukture, mikropoikilitiska prorastanja, turmalinizacije, biotitizacije, muskovitizacije i sporadične pojave granata.

Gnajsevi različitih tipova zauzimaju značajno rasprostranjenje među visokometamornim stenama u području Velikog i Malog Jastrepcu (Slika 5-2). U neposrednoj okolini Jastrepcu, gnajsevi se rasprostiru severoistočno u području Laćisleda, kao i jugoistočno u području Stražave odakle se preko Prokuplja nastavlja njihovo rasprostranjenje dalje na jug (Prilog 1).



Slika 5-2: Prikaz rasprostranjenja gnajseva na Jastrepcu i u njegovom neposrednom okruženju.

Dominantni su sitnozrni do srednjozrni gnajsevi sa dobro izraženom folijacijom, granoblastične do granolepidoblastične strukture. Oba varijeteta ovih stena karakteriše identičan mineralni sastav. Od primarnih minerala (Fotografija 5-1) prisutni su kvarc, feldspati (plagioklasi, mikroklin) i liskuni (muskovit, biotit i sericit). Među akcesornim mineralima uočavaju se granat, sfen, amfibol, turmalin, cojsit, epidot i metalni minerali.

Na pojedinim izdancima gnajseva u području južnih padina Velikog Jastrepcu, zapažene su retrogradne promene, zbog čega su ove stene intenzivno izbeljene (Fotografija 5-2). U području dislokacione zone severno od sela Gornje Rečice zapažene su postkristalizacione deformacije sa zamenjivanjem plagioklasa sericitom i albitom, dok su biotit i granat potpuno sericitisani i hloritisani, što upućuje da su stene obrazovane pod uslovima primarne almandin-amfibolitske facije prilagođene uslovima facije

zelenih škriljaca, dok su sericitizacija i piritizacija najverovatnije genetski vezane za hidrotermalno dejstvo granodioritporfira (Rakić et al., 1976).

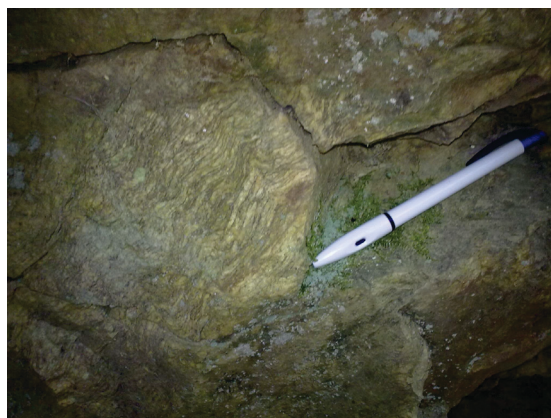


Fotografija 5-1: Mineralna asocijacija izdvojena na petrološkom preparatu dobijenom iz uzorka E8, uzorkovanog u intenzivno izmenjenim i izbeljenim gnajsevima u području sela Porodin (Prilog 1).

U mikroskopskom preparatu potvrđeno je prisustvo sericita i metaličnih minerala u ovim stenama (Fotografija 5-1). U ovom području na izdancima su opservirani, kako sitnozrni trakasti varijeteti (Fotografija 5-3), tako i srednjozrni gnajsevi (Fotografija 5-4).



Fotografija 5-2: Izdanak belih gnajseva kod Mikulovca.



Fotografija 5-3: Sitnozrni trakasti gnajsevi kod G. Jošanice.

Na zapadnim padinama Velikog Jastrepc, u odnosu na rasprostranjenje mikašista, gnajsevi imaju znatno manje rasprostranjenje i na izdancima su opservirani različiti varijeteti, od sitnozrnih trakastih (Fotografija 5-5) do srednjozrnih uškriljenih varijeteta (Fotografija 5-6).



Fotografija 5-4: Srednjozrni gnajsevi kod sela G. Jošanica.



Fotografija 5-5: Trakasti gnajsevi u okolini sela Pridvorice.

U istočnim i jugoistočnim delovima Velikog Jastrepcu, sitnozrni trakasti gnajsevi (Fotografija 5-2) se karakterišu trakastom teksturom i lepidoblastičnom strukturom, a u izdanačkim zonama nalaze se zajedno sa sitnozrnim i srednjozrnim gnajsevima (Fotografija 5-7) u vidu slojeva manje debljine sa identičnim mineralnim sastavom kao kod sitnozrnih gnajseva. Trakasta tekstura je posledica načina pojavljivanja mikroklina u vidu traka (Fotografija 5-1).



Fotografija 5-6: Gnajsevi u dolini Kupačke reke.



Fotografija 5-7: Srednjozrni gnajsevi kod Klisurice.

Među ovim stenama na Malom Jastrepku, terenski su proučavani sitnozrni dvoliskunski gnajsevi sa lepidoblastičnom strukturom (Fotografija 5-8) i srednjozrni dvoliskunski gnajsevi sa heteroblastičnom strukturom (Fotografija 5-9, Fotografija 5-10), kao i porfiroblastični gnajsevi sa granatom (Fotografija 5-11). Petrografskom analizom uzorka E8 iz belih gnajseva (Fotografija 5-1, Fotografija 5-8) opserviranih u okolini sela Porodin (Prilog 1) utvrđeno je da su ove stene nastale regionalnim metamorfizmom pešćara.



Fotografija 5-8: Trakasti beli gnajsevi kod Kuline.



Fotografija 5-9: Okcasti dvoliskunski gnajsevi kod Golešnice.



Fotografija 5-10: Srednjozrni gnajsevi kod Kupinjaka.

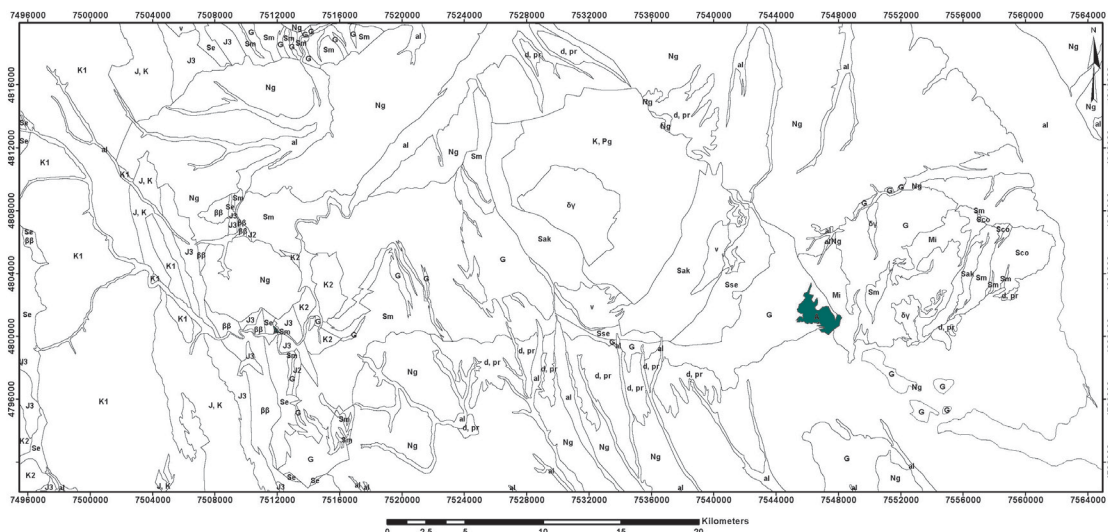


Fotografija 5-11: Gnajsevi sa granatima iz okoline Kupinjaka.

Amfiboliti u području planine Jastrebac izgrađuju brojne sočivaste interkalacije malih dimenzija, kao i veće mase (Slika 5-3) koje su izdvojene u području severno od Klisurice (Prilog 1). Na Velikom Jastrepcu dominiraju amfiboliti i amfibolski škriljci (Rakić et al., 1976), dok su na Malom Jastrepcu prisutni amfiboliti i amfibolski gnajsevi (Krstić et al., 1980). Sočivasta tela se pretežno nalaze u okviru gnajseva i mikašista i uglavnom su paralelna sa njihovom folijacijom.

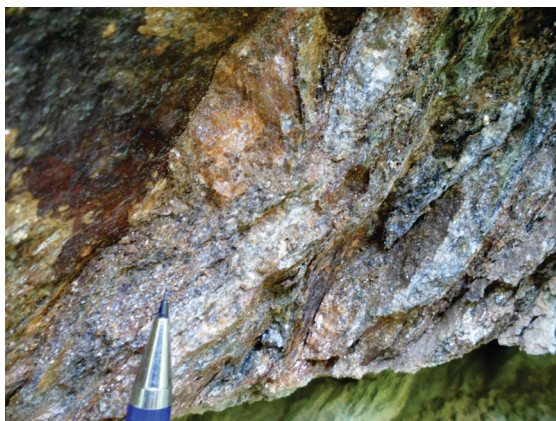
Ove stene se generalno karakterišu mineralnim sastavom u kom su najzastupljeniji amfiboli, hornblenda, plagioklas, kvarc, i slabo zastupljeni epidot i granati. Sekundarni minerali u ovim stenama su najčešće sfen i apatit.

U mikroskopskom preparatu pripremljenom iz uzorka amfibolita JAS1 uzorkovanog u području severno od sela Klisurica (Prilog 1) detektovani su plagioklasi, kvarc, feldspati, muskovit, granati i gvoždevita materija, što može ukazivati na njihove granitske protolite.



Slika 5-3: Prikaz rasprostranjenja amfibolita na Jastrepcu.

U okviru gnajseva i mikašista na zapadnim padinama Velikog Jastrepcu na terenu su uočena manja sočiva amfibolita (Fotografija 5-12) i amfibolskih škrljaca (Fotografija 5-13), koja zbog malih dimenzija nisu prikazana na karti.



Fotografija 5-12: Amfiboliti i gnajsevi u dolini Kupinačke reke.



Fotografija 5-13: Amfiboliti kod Belog brda.

U istočnom delu Velikog Jastrepcu, pored brojnih manjih sočiva, područje severno od Klisurice izgrađeno je od većih tela amfibolita, koji su predstavljeni tamnozelenim stenama sa jasno izraženom folijacijom (Fotografija 5-14, Fotografija 5-15).

Na Malom Jastrepcu se u gnajsevima nalaze brojna sočiva amfibolita i amfibolskih gnajseva homogene teksture. Prema Krstić et al. (1980), amfiboliti se po načinu postanka mogu podeliti na dve grupe: amfibolite nastale retrogradnom metamorfozom eklogita i ortoamfibolite regionalno metamorfnog postanka, dok su amfibolski gnajsevi podređeni i nastali su granitizacionim promenama amfibolita.

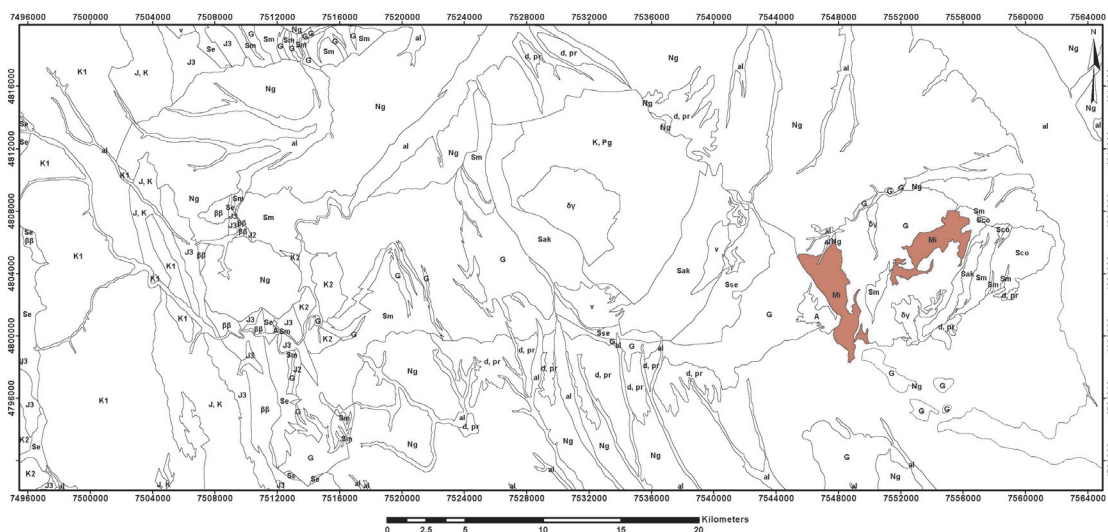


Fotografija 5-14: Amfiboliti kod Klisurice.



Fotografija 5-15: Amfiboliti kod Mikulovca.

Migmatiti su prisutni u području Malog Jastrepcu, a vezani su za krajkovački pluton, gde formiraju pojas sa pružanjem severozapad-jugoistok i neposredno okruženje Vukanjskog raseda u vidu široke zone sa pružanjem sever-jug (Slika 5-4, Prilog 1).



Slika 5-4: Prikaz rasprostranjenja migmatita na Jastrepcu.

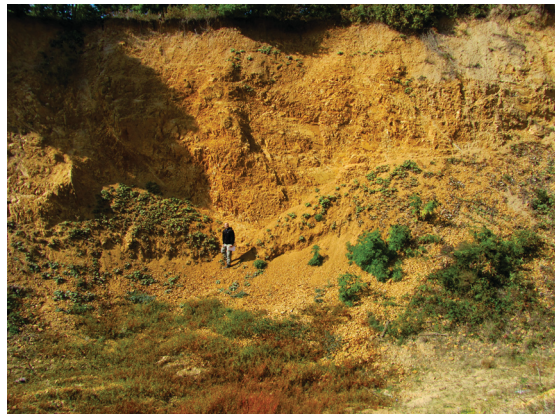
Najveća masa migmatita nalazi se upravo na potezu između sela Vukanje i Klisurice u području Vukanjskog raseda (Fotografija 5-16). Migmatiti vezani za okolinu krajkovačkog plutona, osmatrani na izdancima, su intenzivno tektonizirani i raspadnuti (Fotografija 5-17).

Migmatiti ove oblasti, predstavljeni su mikroklinско-plagioklasnim gnajsevima i sa njima prostorno vezanim aplitoidnim gnajsevima (Krstić et al., 1980), a karakterišu se razvićem veoma krupnih porfiroblasta mikrokлина (Fotografija 5-18, Fotografija 5-19).

Mikroklinsko-plagioklasni gnajsevi su heteroblastične do porfiroblastične strukture i izgrađeni su od kvarca, plagioklasa, mikrokлина, muskovita, biotita, granata i sekundarnih minerala kao što su sfen, epidot i turmalin.



Fotografija 5-16: Izdanak migmatita kod sela Klisure.



Fotografija 5-17: Migmatiti u blizini Krajковаčke reke.



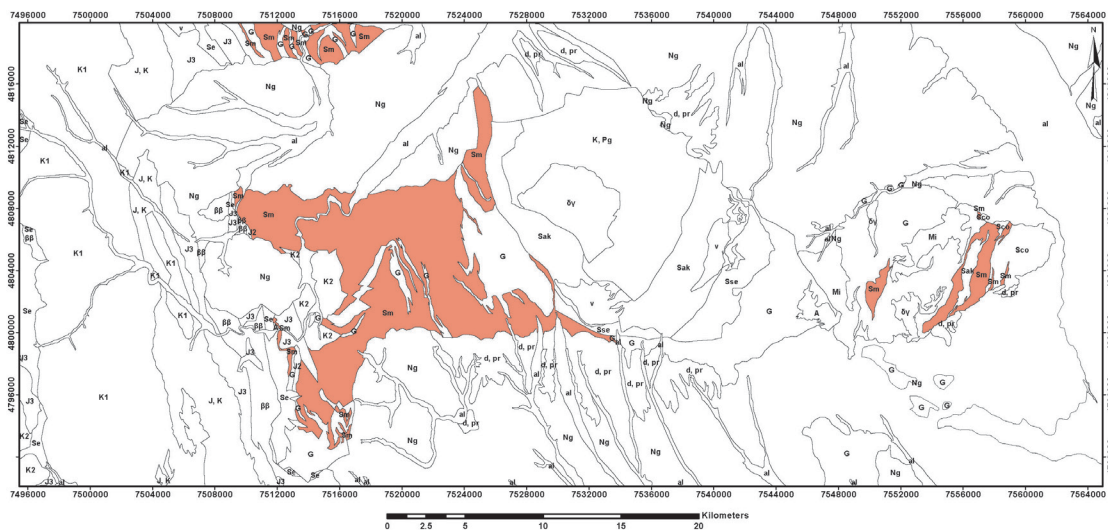
Fotografija 5-18: Migmatiti kod sela Klisure.



Fotografija 5-19: Migmatiti u dolini reke Klisure.

Aplitoidni gnajsevi se karakterišu poikiloblastičnom do granoblastičnom strukturom i izgrađeni su pretežno od kvarca, plagioklasa, granata i ređe od mikrokлина, biotita, muskovita i sfena. Ove stene su prema Krstić et al. (1980) rasprostranjene uglavnom po obodu mikroklinsko-plagioklasnih gnajseva, kao i u albit-oligoklasnim gnajsevima, gde grade tanke proslojke i manja sočiva.

Mikašisti predstavljaju najzastupljenije stene u području zapadnih padina Velikog Jastrepc, a u manjoj meri se prostiru i u području Malog Jastrepc, gde obrazuju dve izdužene zone, pružanja sever-severoistok – jug-jugoistok (Slika 5-5, Prilog 1). Mikašisti zajedno sa gnajsevima izgrađuju područje zapadnih padina Velikog Jastrepc.



Slika 5-5: Prikaz rasprostranjenja mikašista na Jastrepcu i u njegovom neposrednom okruženju.

Ove stene su predstavljene liskun-kvarc-plagioklasnim škriljcima sa dobro izraženom folijacijom (Fotografija 5-20). Od glavnih minerala izdvajaju se kvarc, liskuni (muskovit i sericit) i plagioklasi (Fotografija 5-22). Među sporednim mineralima makroskopski su zapaženi granati u vidu krupnih porfiroblasta, turmalin i grafit, dok su mikroskopski uočeni rutil i albit (Fotografija 5-22).



Fotografija 5-20: Mikašisti u području između Crne Čuke i Belog brda.



Fotografija 5-21: Mikašisto-gnajs u Jankovoj klisuri.

Analizom u polarizacionom mikroskopu sa propuštеном svetlošću preparata (Fotografija 5-22) pripremljenog iz uzorka E3, koji je prikupljen iz mikašista u području Jankove klisure (Prilog 1), utvrđen je mineralni sastav koji ukazuje na njihov prelaz ka gnajsevima (mikašisto-gnajsevi), usled detektovanog prisustva feldspata.

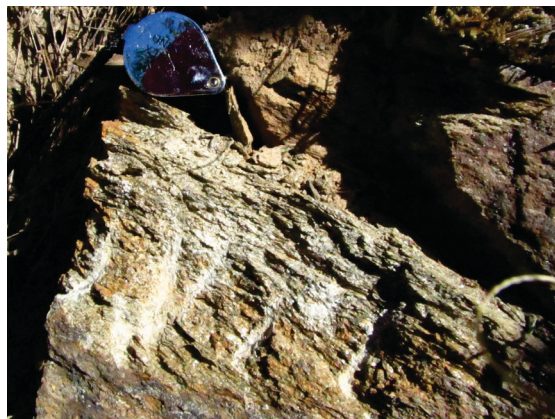


Fotografija 5-22: Mineralna asocijacija izdvojena na petrološkom preparatu dobijenom iz uzorka E3, uzorkovanog u mikašistima iz područja Jankove Klisure.

Na Malom Jastrepcu, mikašisti se protežu u vidu jedne široke zone između gnajsnih stena i albit-hloritskih škriljaca (Fotografija 5-23), kao i u vidu jedne manje zone zapadno od krajковаčkog plutona (Fotografija 5-24).



Fotografija 5-23: Izdanak mikašista u blizini Zmijine glave.



Fotografija 5-24: Izdanak mikašista u okolini Krajkovca.

Predstavljeni su albit-muskovitskim-biotitskim škriljcima sa postupnim prelazima ka albit-muskovit-hloritskim škriljcima od kojih su nastali progresivnim metamorfizmom, sa generalnim mineralnim sastavom koji se sastoji od albita, kvarca, liskuna (muskovita, biotita) i hlorita, dok su među sekundarnim mineralima karakteristični granat, epidot i sfen (Krstić et al., 1980).

Kvarciti su u području Jastrepc prisutni u visokometamornim stenama u vidu malih sočiva i proslojaka paralelnih sa folijacijom (zbog malih dimenzija ova tela nisu prikazana na karti).

Na zapadnim padinama Velikog Jastrepc kvarciti su pri terenskim istraživanjima opservirani na celoj površini rasprostranjenja mikašista i gnajseva, najčešće u vidu sočiva (Fotografija 5-25). Izgrađeni su najvećim delom od kvarca i malo liskuna.



Fotografija 5-25: Izdanak gnajseva sa sočivom kvarcita dm razmera u mikašistima u dolini Kupačke reke.



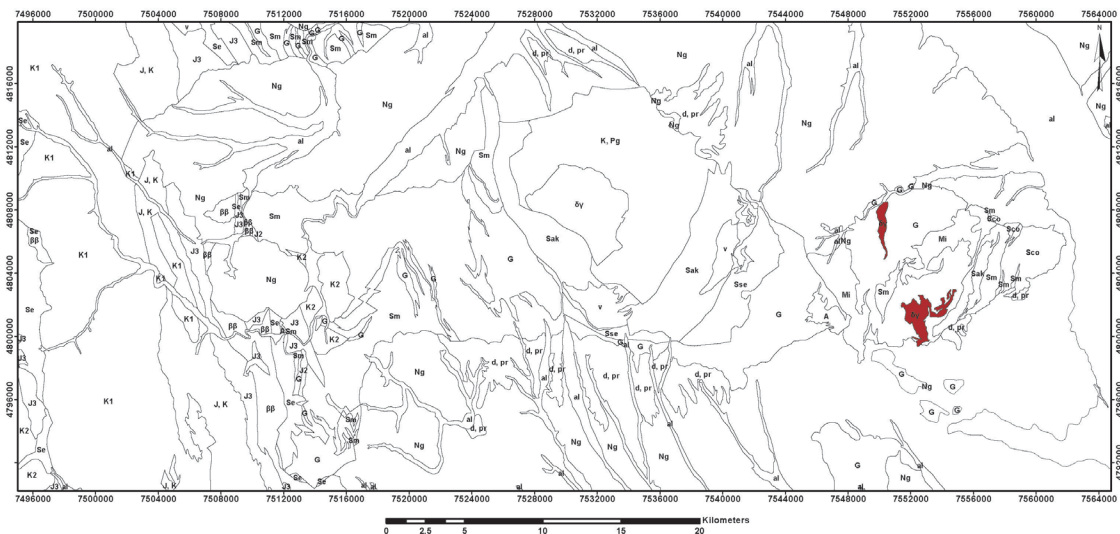
Fotografija 5-26: Sočiva kvarcita u gnajsevima iz područja Koprivničke reke.

U području Malog Jastrepc kvarciti su dosta zastupljeni u vidu sočiva (Fotografija 5-26) ili tanjih paketa metarskih debljina. Isključivo su para porekla i izgrađeni su pretežno od kvarca, dok se lokalno zapažaju plagioklas, muskovit, biotit i turmalin.

Mermeri se zapažaju na zapadnim i jugozapadnim padinama Velikog Jastrepc, u široj okolini sela Bogiša, Ravni i Prebrze, a najveća masa otkrivena je u Popovačkoj reci. Ove stene su bele boje, dobro uslojene do masivne, jako prekristalisale sa granoblastičnom strukturom, a u mineralnom sastavu pored kalcita, uočavaju se kvarc, plagioklasi i veliki sadržaj liskuna, zbog čega ih Rakić et al. (1976) svrstavaju u cipoline. Na istočnim padinama Velikog Jastrepc mermeri su podređeno zastupljeni i grade tanka sočiva u gnajsevima zapadno od sela Klisurice, a predstavljeni su srednjozrnim stenama sive do bele boje, takođe bogate liskunom. Zbog malih dimenzija sočivasta tela mermera nisu prikazana na karti.

Granit-monconiti su u vidu brojnih manjih tela zastupljeni u gnajsevima na južnim padinama Malog Jastrepc, dok se u području sela Krajkovca na južnim padinama i

znatno manje u blizini sela Kuline na severnim padinama, nalaze dve veće izdužene mase granit-monconitskog sastava (Slika 5-6, Prilog 1).



Slika 5-6: Prikaz rasprostranjenja granit-monconita na Jastrepcu.

Prema podacima Kostić et al. (1970), sve otkrivene pojave granitoida predstavljaju delove jednog intruziva čiji su najviši delovi otkriveni erozijom, a granitoidi su utiskivani u dve faze. Sitnozrni i srednjozrni varijeteti granit-monconita prethodili su granit-monconitima sa turmalinom (Krstić et al., 1980).

Na osmatranim izdancima granit-monconiti prve faze su hipidiomorfno zrnaste strukture i predstavljeni su jako kataklaziranim stenama (Fotografija 5-27). Pretežno su izgrađeni od kvarca, plagioklasa, mikroklina, biotita, muskovita i sekundarnih minerala kao što su granat, cirkon, turmalin i magnetit.

Granit monconiti sa turmalinom na izdancima su predstavljeni leukokratnim stenama, koje su izgrađene od mikroklina, kvarca i plagioklasa, a kao akcesorni minerali uočavaju se muskovit, turmalin, granat, magnetit, biotit i sfen.

Generalno, graniti su pretrpeli alkalno-metasomatske promene različitog intenziteta sa tragovima slabije pneumatolitske aktivnosti, kao što su muskovitizacija, biotitizacija, turmalinizacija, albitizacija i delimično silifikacija, a starost od 210 miliona godina određena metodom Rb/Sr na biotitu, najverovatnije odražava pomenute metasomatske procese i eventualno regeneraciju biotita, a ne starost samog granitoida (Krstić et al., 1980).



Fotografija 5-27: Granit monconit Krajkovca.

Kvarcna sočiva i žice malih debljina u području planine Jastrebac prisutne su u okviru različitih tipova stena i najčešće su diskordantne u odnosu na folijaciju.

Na zapadnim padinama Velikog Jastrepc u visokokristalastim stenama zapažene su kvarcne žice (Fotografija 5-28, Fotografija 5-29), koje se pretežno sastoje od kvarca, uz manje učešće muskovita i biotita. Verovatno genetski korespondiraju sa završnim epizodama magmatogene aktivnosti, a nastale su iz monomineralnih fluidnih reziduala.



Fotografija 5-28: Kvarcna žica cm razmera u mikašistima u okolini sela Čelije.



Fotografija 5-29: Kvarcna žica cm-dm razmera u mikašistima u Jankovoj klisuri.

U oblasti Malog Jastrepc ove žice se nalaze u visokometamornim (Fotografija 5-30) i niskometamornim stenama (Fotografija 5-31), a uglavnom su do metarskih dimenzija. Izgrađene su od kvarca i liskuna (muskovit i biotit), a Krstić et al. (1980) njihov postanak vezuju za magmatizam, odnosno za utiskivanje granitoida Malog Jastrepc.



Fotografija 5-30: Kvarcna žica u migmatitima kod Stambolije.



Fotografija 5-31: Kvarcne žice u hloritskim škriljcima kod Velikog Drenovca.

5.2. Metamorfne stene niskog stepena metamorfizma

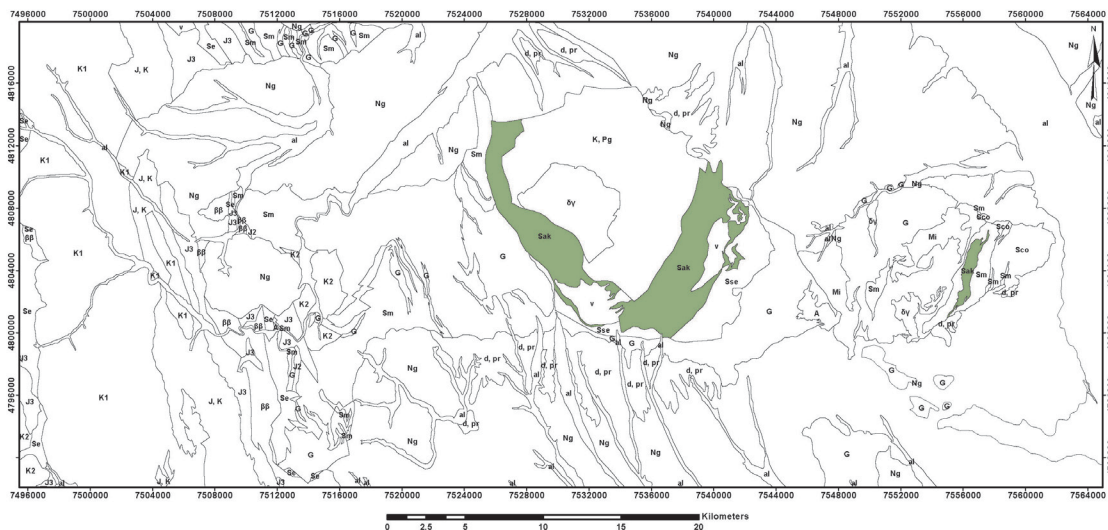
Pored najzastupljenijih metamorfnih stena visokog kristaliniteta, značajno prisustvo u građi Jastrepc zauzimaju i metamorfiti niskog stepena metamorfizma. U središnjem području Velikog Jastrepc izgrađuju njegove zapadne, istočne i južne delove, dok u području Malog Jastrepc grade istočne padine. Ove niskometamorfne stene redovno se nalaze u tektonskim odnosima prema visokometamornim stenama.

Kristalasti škriljci niskog stepena metamorfizma u području Velikog Jastrepc prema Rakić et al. (1976) predstavljaju sedimentno-vulkanogenu formaciju metamorfisanu do facije zelenih škriljaca, sa aktinolit-hlorit-albit-epidot-sericitskom asocijacijom minerala uz jako izraženu promenljivost petrografskih članova. Oni izdvajaju dve serije u kompleksu ovih stena: donju, sa aktinolitskim, epidot-aktinolitskim, albit-hloritskim i retko šamozitskim škriljcima, u kojoj se, takođe, nalaze veće mase metamorfisanih gabrova, i gornju u kojoj pored albit-sericitskih škriljaca preovlađuju kalkšisti i mermerasti krečnjaci uz sekundarno učešće litoloških predstavnika iz donje serije. Prema navedenim autorima, starost stena je diskutabilna, jer se opšte prihvaćena starije paleozojska starost zasniva na ostacima zrna mikrospore roda *Archopteris* pronađenim u aktinolitskim škriljcima zapadno od Naupare, dok su kod sastava Velike i Male Nauparske reke, u mermerastim krečnjacima konstatovani neodredljivi ostaci globulastih foraminifera, što upućuje na gornjokrednu starost protolita.

U oblasti Malog Jastrepc, među metamorfitema niskog stepena metamorfizma izdvojeni su albit-hloritski škriljci i progresivno metamorfisani zeleni škriljci i zelene

stene: albit-muskovit-biotitski i albit-muskovit-hloritski škriljci, albit-aktinolitski škriljci (Krstić et al., 1980).

Aktinolitski škriljci imaju veće rasprostranjenje na Velikom Jastrepcu nego na Malom Jastrepcu (Slika 5-7, Prilog 1).

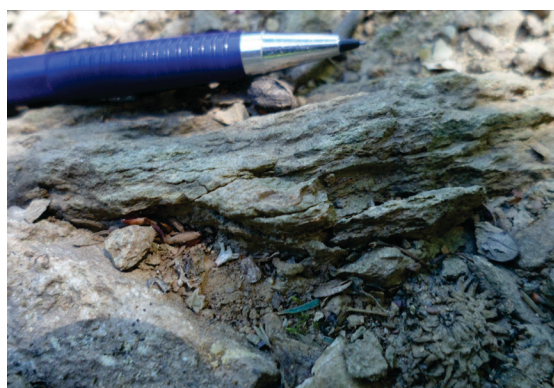


Slika 5-7: Prikaz rasprostranjenja aktinolitiskih škrljaca na Jastrepcu.

Na zapadnim, istočnim i južnim padinama Velikog Jastrepca aktinolitski škrljci grade pojas oko kontaktno promjenjenih stena u koje je intrudovan pluton Ravnište, a prema kojima se nalaze u tektonskom odnosu. Na zapadu su u tektonskom kontaktu sa mikašistima i gnajsevima iz visokometamornog kompleksa, dok na istoku postepeno prelaze u sericitsko-hloritske škrljce.



Fotografija 5-32: Aktinolitski škriljci severno od Anateme.



Fotografija 5-33: Aktinolitski škriljci južno od Golače.

Na celom rasprostranjenju ove jedinice u području Velikog Jastrepa terenski su osmatrani različiti tipovi ovih škriljaca. To su uglavnom svetlozelene i sitnozrne stene

sa izraženom folijacijom, sa kojom su paralelne česte kvarcne žice i sočiva (Fotografija 5-32, Fotografija 5-33).

U mineralni sastav od primarnih minerala ulaze aktinolit, hlorit, albit i epidot, a od sekundarnih minerala u ovim stenama česti su kalcit i sericit. Aktinolitske škriljce uglavnom karakteriše blastoofitska do blastospilitska struktura, koja prema Rakić et al. (1976) ukazuje na njihovo orto-poreklo od bazičnih vulkanita. Isti autori pored najzastupljenijih aktinolitskih izdvajaju i albit-hloritske škriljce u vidu sočiva sa reliktnom ofitskom strukturom koja ukazuje takođe na orto-poreklo od vulkanskih stena spilit-keratofirske asocijacije, kao i epidot-aktinolitski škriljci u neposrednoj okolini metagabrova, koji imaju blastoporfirsku strukturu koja ukazuje na orto-poreklo od mikrogabrova.

Pri analizi u polarizacionom mikroskopu sa propuštenom svetlošću petrološkog preparata pripremljenog iz uzorka E6, prikupljenog iz aktinolitskih škriljaca neposredne okoline vrha Pogled (Prilog 1), utvrđen je mineralni sastav predstavljen amfibolima, albitom i kalcitom, a na osnovu kog je ispitivani uzorak definisan kao aktinolitski škriljac sa albitskim porfiroblastima (Fotografija 5-34).



Fotografija 5-34: Aktinolitski škriljci sa sitnim amfibolima, albitskim porfiroblastima u blizini vrha Pogled.



Fotografija 5-35: Albitski škriljac u dolini Radenkove reke.

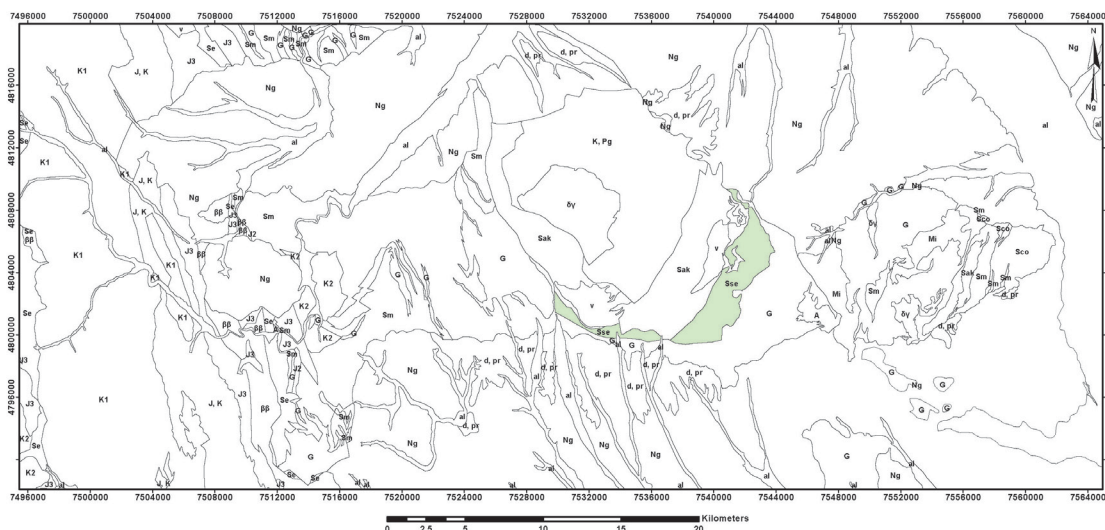
Petrografska analiza uzorka E7 iz kontaktnog područja zelenih škriljaca i granodiorita u dolini Radenkove reke (Prilog 1), dala je mineralnu asocijaciju koja ukazuje na albitski škriljac (Fotografija 5-35).



Fotografija 5-36: Aktinolitiski škriljci Malog Jastrepca u blizini Zmajine glave.

U istočnom području Malog Jastrepca albit-aktinolitiski škriljci (Fotografija 5-36) obrazuju izduženu zonu u okviru mikašista. Najčešće sadrže brojne interkalacije i trake stena u kojima se nalaze. Izgrađeni su od aktinolitске hornblende, albита, minerala epidotske grupe, hlorita, leukoksena, apatita i neprovidnih minerala, a zbog intenzivnih metasomatskih promena imaju povišen sadržaj kvarca, biotita i granata (Krstić et al., 1980).

Sericitski škriljci su na istočnim padinama Velikog Jastrepca proslojeni sa kalkšistima i mermerastim krečnjacima koji se postepeno razvijaju od aktinolitских škriljaca sa zapada, formirajući pojas oko ovih škriljaca, dok su na istoku odvojeni od gnajseva oštrim tektonskim kontaktom (Slika 5-8, Prilog 1).



Slika 5-8: Prikaz rasprostranjenja sericitskih škriljaca na Jastrepcu.

Najzastupljeniji su sericitski škriljci u kojima se u vidu manjih i većih sočiva nalaze albit-hloritski (Fotografija 5-37), sericitsko-hloritski škriljci (Fotografija 5-38), kao i

kvarciti i mermeri, koji su opservirani na Velikom Jastrepcu. Ove stene se karakterišu reliktnim blastopelitskim do blastopelitskopsamitskim i ređe blastoporfirskim strukturama, koje ukazuju da najvećim delom odgovaraju metamorfnim sedimentima, a samo manjim delom metamorfnim keratofirima i kvarckeratofirima (Krstić et al., 1980).

Mikroskopskom analizom sa propuštеном svetlošću uzorka E5 iz zelenih škriljaca u dolini Bresničke reke (Prilog 1) ustanovljeno je dominantno prisustvo plagioklasa i mikrokлина, kao i reliktna psamitska struktura stene, koja ukazuje na njihovo para poreklo od peščara.

Stene bogate sericitom su na terenu opservirane kao sitnozrne stene, svetlosive do svetlozelene boje. Glavni minerali su sericit, kvarc, albit i hlorit, dok se kao sekundarni minerali zapažaju turmalin i sfen. Takođe, prisutni su albit-hloritski škriljci koji su izgrađeni od albita, hlorita, epidota i kvarca i prema Krstić et al. (1980) karakterišu se lepidoblastičnom strukturom nastalom od prvobitne ofitske strukture, što ukazuje na njihovo regionalno metamorfno poreklo od primarnih bazičnih stena, koje su prema ovim autorima bile predstavljene dijabazima i njihovim tufovima.



Fotografija 5-37: Albit-hloritski škriljci severno od Anateme.

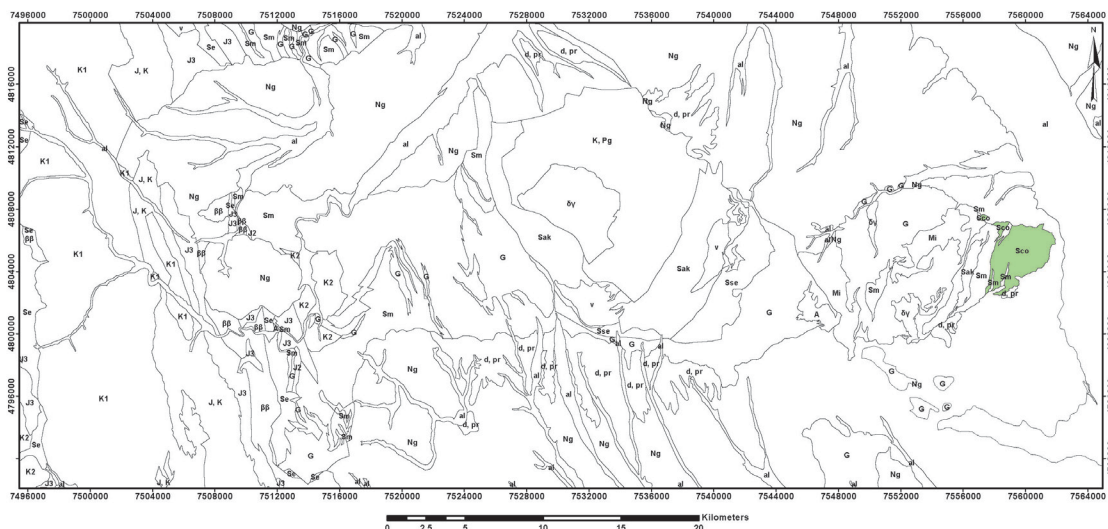


Fotografija 5-38: Sericitsko-hloritski škriljci južno od Golače.

Hloritski škriljci u području istočnih padina Malog Jastrepcu izgrađuju njegove krajnje istočne delove, gde su na istoku preko njih transgresivno deponovani neogeni basenski sedimenti, dok su na zapadnoj strani u kontaktu sa mikašistima (Slika 5-9, Prilog 1).

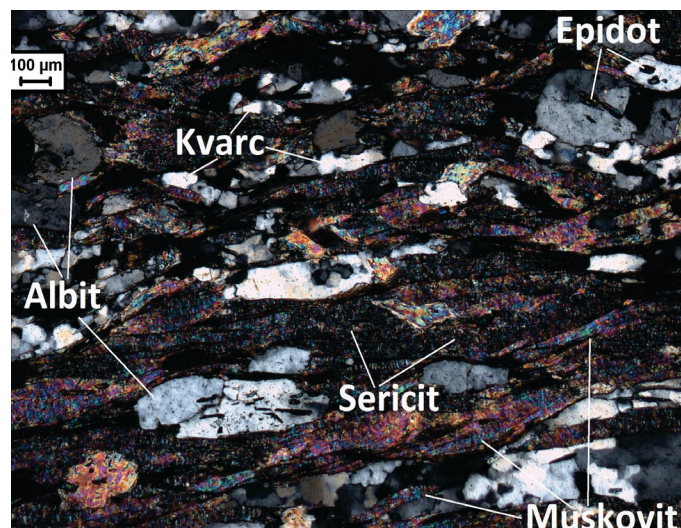
Za ove stene je karakteristična škriljava tekstura, a od reliktnih struktura samo se delimično zapaža ofitska struktura, koja ukazuje na njihovo orto-poreklo od primarnih bazičnih stena (Krstić et al., 1980). Pretežno su izgrađene od albita, muskovita, epidota,

sericita, kvarca i hlorita (Fotografija 5-39), dok su makroskopski opservirane retke pojave granata i sfena.



Slika 5-9: Prikaz rasprostranjenja hloritskih škriljaca na Jastrepcu.

Među glavnim petrološkim članovima mogu se izdvojiti albit-sericit-hloritski (Fotografija 5-40), albit-hlorit-epidotski i albit-hloritski škriljci (Fotografija 5-41). U pomenutim albit-hloritskim škriljcima retko su prisutna i tanka sočiva mermera.

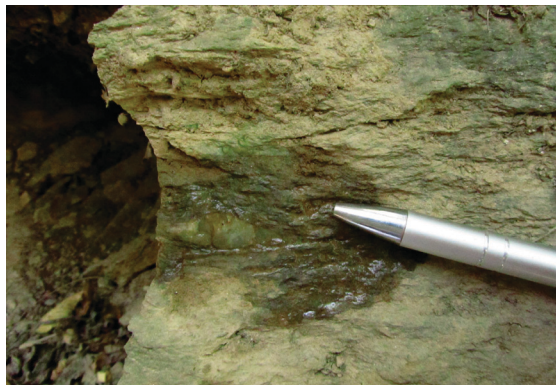


Fotografija 5-39. Mineralna asocijacija izdvojena na petrološkom preparatu dobijenom iz uzorka E9, uzorkovanog u albit-hloritskim škriljcima iz područja sela Veliki Drenovac.

Analizom u polarizacionom mikroskopu sa propuštrenom svetlošću preparata (Fotografija 5-39) pripremljenog od uzorka E9 iz škriljaca (Fotografija 5-41) u području sela Veliki Drenovac (Prilog 1), utvrđen je mineralni sastav prema kom ova stena pripada tipu hloritsko-albitskih škriljaca.



Fotografija 5-40: Albit-sericitsko-hloritski škriljci u području Supovca.



Fotografija 5-41: Hloritsko-albitski škriljci u području Velikog Drenovca.

Mermerasti krečnjaci i kalkšisti su prisutni na istočnim i južnim padinama Velikog Jastrepcu u području Anateme, Bodevika, Golače, između Baračke i Bresničke reke i severno od sela Gornja Jošanica (zbog malih dimenzija ova tela nisu prikazana na karti). Mermerasti krečnjaci se u vidu sočiva (Fotografija 5-42) i proslojaka (Fotografija 5-43) nalaze u sericitskim škriljcima i karakteriše ih svetlo siva boja, dobra uslojenost i granoblastična struktura. Kalkšisti iz ovog područja su tamno sive boje, paralelno slojevite do škriljave teksture i lepidoblastične strukture (Fotografija 5-44, Fotografija 5-45).

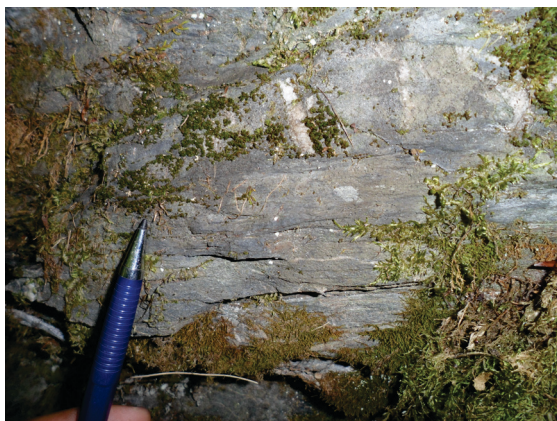
U mineralnom sastavu preovlađuje kalcit sa velikim učešćem gvožđevite materije, koja je uglavnom predstavljena limonitom, dok se među sekundarnim mineralima zapažaju turmalin, rutil i pirit (Rakić et al., 1976). Oni lokalno zapažaju i prelaze ovih stena ka karbonatnim filitima ili prema kvarc-muskovitskim-karbonatnim škriljcima.



Fotografija 5-42: Sočivo mermerastih krečnjaka 10m debljine kod Bodevika.



Fotografija 5-43: Beli finolaminirani mermerasti krečnjaci u sericitskim škriljcima u okolini Bodevika.



Fotografija 5-44: Kalkšisti u dolini Srndaljske reke.



Fotografija 5-45: Kalkšisti u sericitskim škriljcima južno od Golače.

Kvarcitni proslojci malih dimenzija su opservirani u niskometamorfisanim stenama u području istočnih padina Velikog Jastrepc. Proslojci ovih stena, osmatranih pri terenskim istraživanjima, u okviru zelenih škriljaca ovog područja su uglavnom paralelni sa njihovom folijacijom i najznačajnije rasprostranjenje imaju u široj oblasti Ribarske Banje i Boljevca (Fotografija 5-46, Fotografija 5-47).



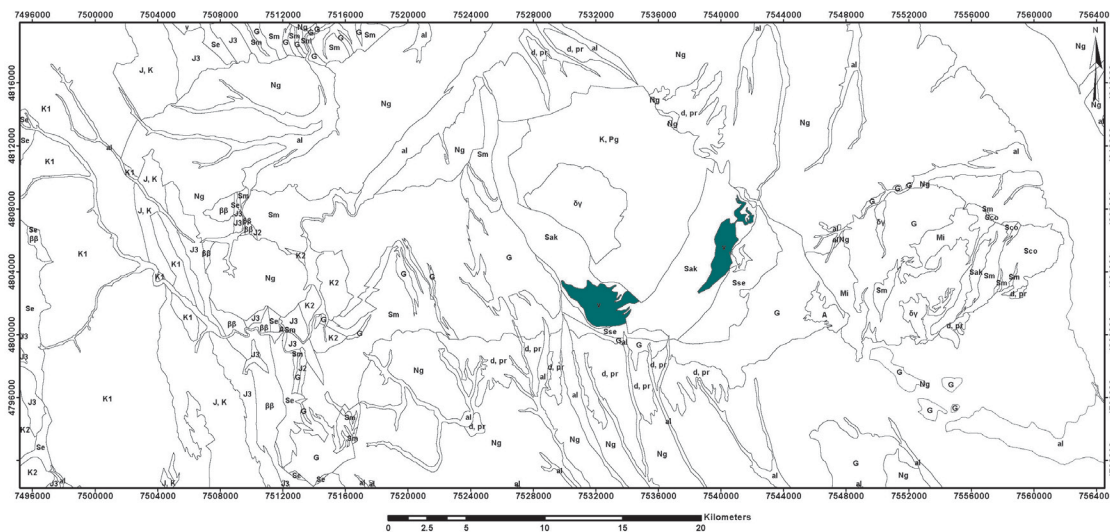
Fotografija 5-46: Izdanak sericitskih škriljaca sa proslojcima kvarcita u dolini Srndaljske reke.



Fotografija 5-47: Izdanak aktinolititskih škriljaca sa proslojcima kvarcita u dolini Boljevačke reke.

Metagabrovi su konstatovani u području istočnih i južnih padina Velikog Jastrepc. Ove stene izgrađuju istočne padine Velikog Jastrepc u vidu izduženog pojasa pružanja severoistok-jugozapad u području istočno od vrha Pogled, dok na južnoj padini grade veću masu u području Golog brega i Kodić brega (Slika 5-10, Prilog 1).

Pomenute stene su sastavni deo kompleksa niskotemperaturnih škriljaca u okviru kojih su, pored opserviranih masa većih razmera, često predstavljene i konkordantnim intruzivnim telima pločastog oblika manjih dimenzija, tj. silova, koji su osmatrani na izdancima u području Srndaljske i Nauparske reke, kao i severno od Gornje Rečice.



Slika 5-10: Prikaz rasprostranjenja metagabrova na Jastrepcu.

U središnjim delovima ovih masiva dominiraju krupnozrni varijeteti gabrova, dok u perifernim oblastima preovlađuju sitnozrni, trakasti varijeteti, kao i metagabrovi, koji su često značajno tektonizirani (Rakić et al., 1976). U području Golog brega (Fotografija 5-48) i Kodić Brega gabrovi prelaze postepeno u epidot-aktinolitne škriljce, što autori OGK tumače kao metamorfizam u faciji zelenih škriljaca koji je zahvatio obodne delove gabroidnih tela.



Fotografija 5-48: Izdanak metagabrova na padinama Golog brega.



Fotografija 5-49: Izdanak metagabrova u dolini Bresničke reke.

Pri analizi mikroskopskog snimka preparata iz uzorka E4, koji je uzorkovan u metagabrovima u području severno od sela Bresnica (Prilog 1), utvrđen je mineralni sastav, prema kom su ove stene pretežno izgrađene od epidota i amfibola i na osnovu kojeg su definisane kao metagabrovi (Fotografija 5-49). Od primarnih sastojaka gabra makroskopski se uočavaju krupna zrna hornblende, koja su delimično alterisana u hlorit

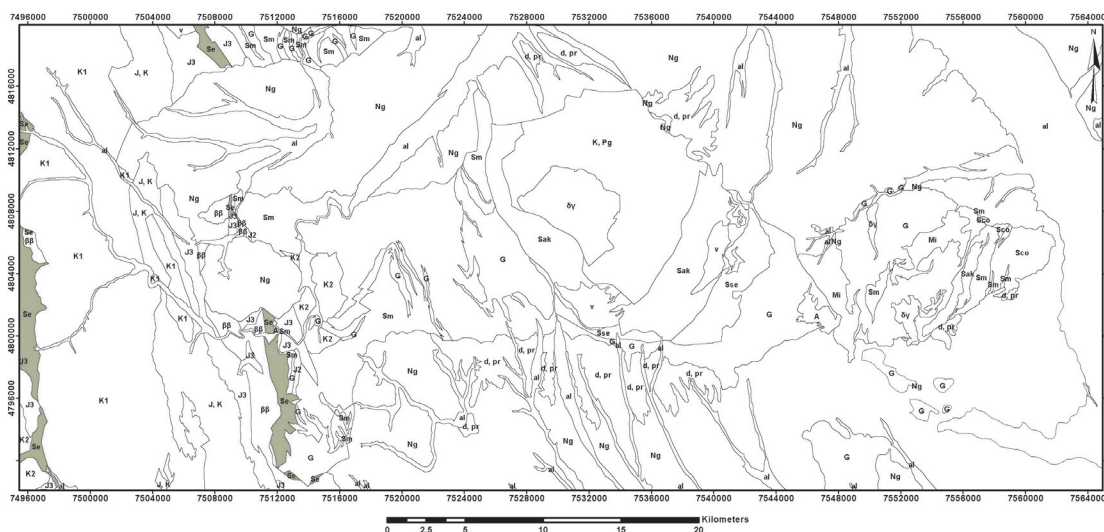
i epidot. Sekundarni minerali su predstavljeni sfenom, magnetitom i ređe hloritom, epidotom, albitom, kvarcom i kalcitom.

5.3. Ofioliti šireg područja Jastrepcā

Kompleks ovih stena izgrađen je od ofiolitskih tvorevina jurske starosti, koje su predstavljene serpentinisanim peridotitima, gabrovima, dijabazima i spilitima.

U području zapadno od planine Jastrebac ove stene izgrađuju pojaseve koji su međusobno paralelni i koji zajedno obrazuju zonu sa generalnim pravcem pružanja sever-severozapad – jug-jugoistok.

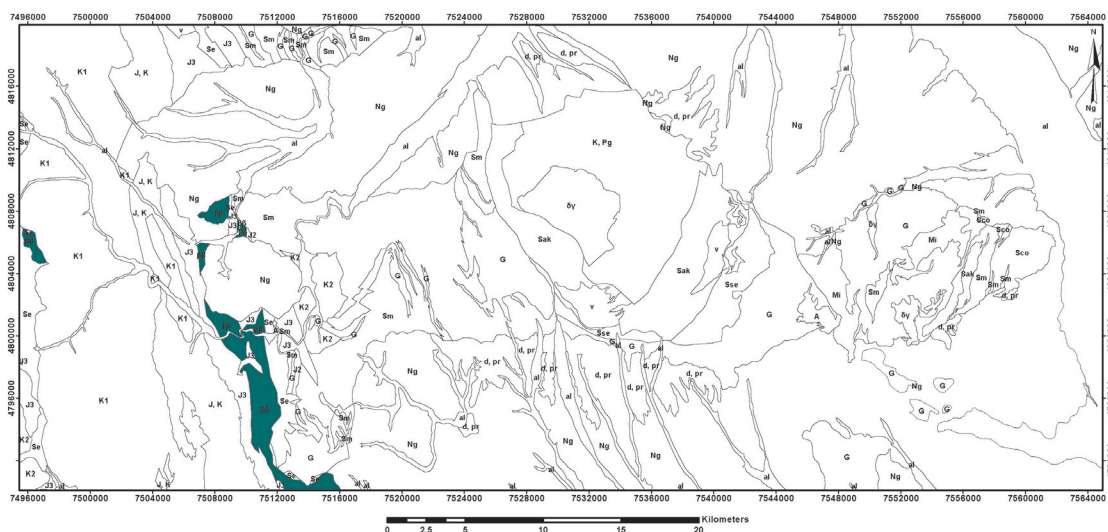
Serpentinititi su otkriveni u okviru manjih izolovanih masa koje se rasprostiru u vidu dve izdužene zone, prve istočne koja se proteže od Veluća na severu, preko Ljubinaca i Dubaca dalje ka jugu, dok se druga zapadna zona proteže od Grada na severu do Donjeg Levića i dalje na jug (Slika 5-11, Prilog 1).

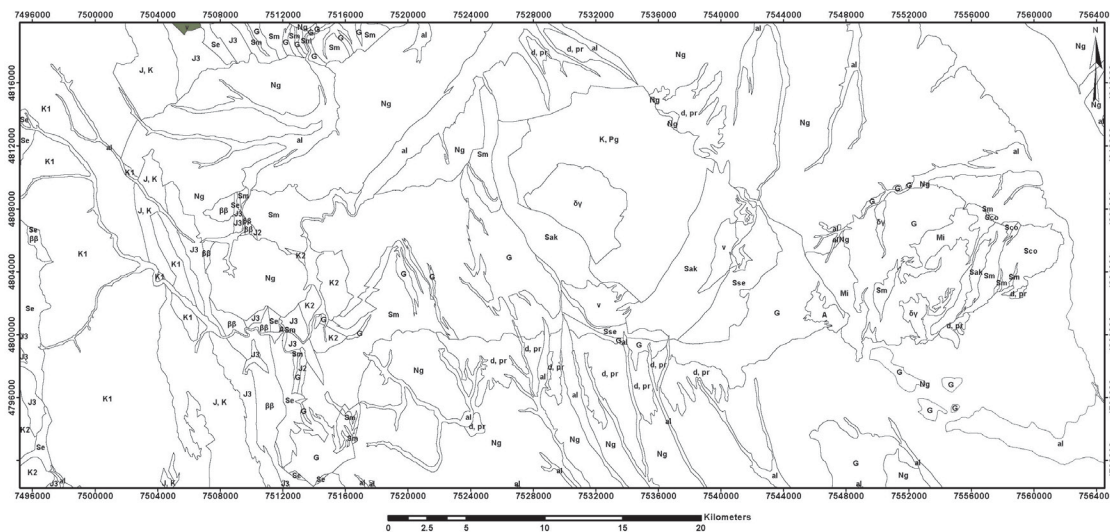


Slika 5-11: Prikaz rasprostranjenja serpentinita u neposrednom okruženju Jastrepcā.

Među ovim stenama mogu se izdvojiti serpentinisani peridotiti i hidrotermalno promenjeni serpentinititi.

Serpentinisani peridotiti preovlađuju u ovoj zoni i predstavljeni su stenama svetlo do tamnozeleno boje, koje su zahvaćene intenzivnim procesima površinskog raspadanja. Rakić et al. (1976) izdvajaju serpentinisane dunite i harzburgite, u čiji sastav ulaze olivin, enstatit, hromit, serpentin i uralin. Ovi autori u okviru hidrotermalno





Slika 5-13: Prikaz rasprostranjenja gabrova u neposrednom okruženju Jastrepc.

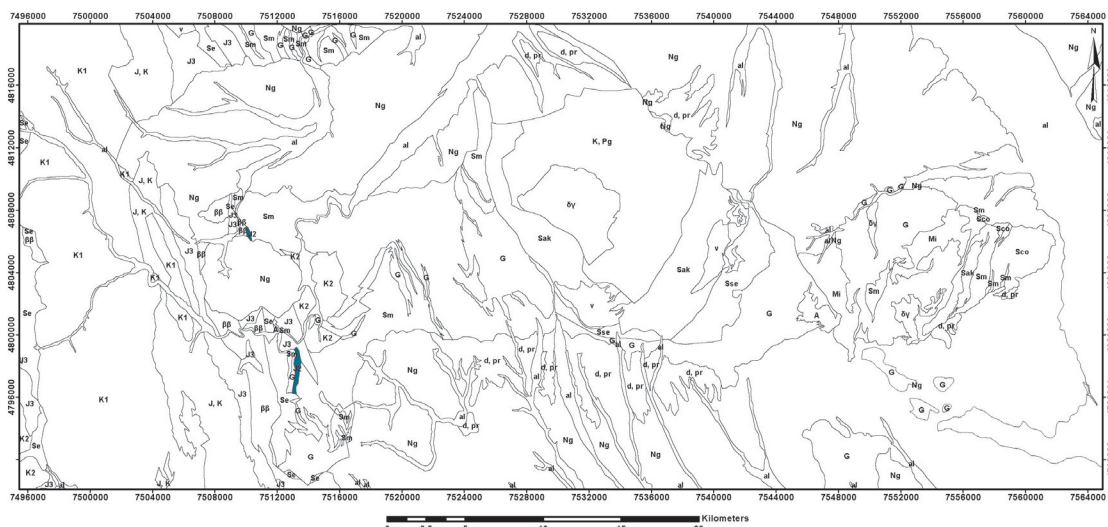
5.4. Mezozojske sedimentne stene

Sedimentne stene mezozojske starosti imaju znatno rasprostranjenje u neposrednom zapadnom okruženju planine Jastrebac, gde formiraju zonu pružanja severozapad-jugoistok. Uzimajući u obzir da su za ova istraživanja od najvećeg značaja bila izučavanja metamornih stena koje izgrađuju jastrebačku domu, ovaj deo formacija proučavan je sa ciljem prepoznavanja eventualnog protolita metamorfita koji su otkriveni u području Jastrepc. Jedan deo istraživanja je bio orijentisan ka korelaciji tektonskih jedinica, koja podrazumeva dobro poznavanje litostratigrafskih svojstava mezozojskih sedimenata. U neposrednom zapadnom okruženju Jastrepc među sedimentnim stenama mezozojske starosti izdvojene su srednjo-gornjojurski klastiti i krečnjaci, titonski fliš i neritsko-sprudna facija, titon-valendijski fliš, fliš neokoma, apt-albski fliš, senonske plitkovodne i flišne tvorevine.

Sedimentne stene donjokredne starosti se stratigrafski nalaze u povlati ofiolita. U recentnim publikacijama (Schmid et al., 2008; Dimitrijević i Dimitrijević, 2009; Toljić et al., 2018) navedeni sedimenti su pretežno interpretirani kao delovi paraflisne sukcesije donjokredne starosti jedinice Istočnih Vardarskih ofiolita (EVO).

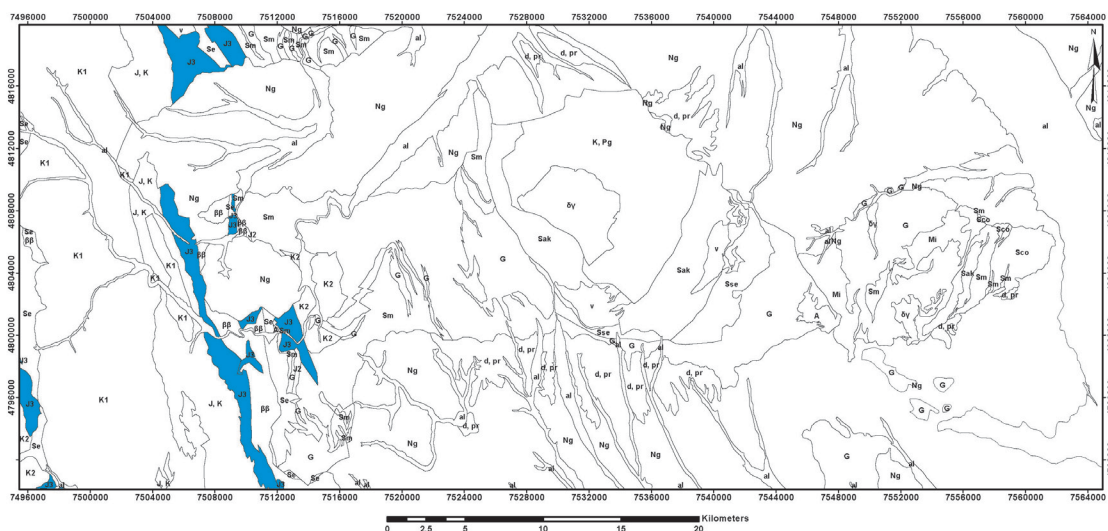
Sedimenti srednjo-gornjojurske starosti izgrađeni od klastita i krečnjaka su veoma malog rasprostranjenja u području zapadno od planine Jastrebac (Slika 5-14, Prilog 1), gde obrazuju manje pojaseve sa pružanjem od sever-jug do severozapad-jugoistok. Ove stene su uglavnom predstavljene tankoslojevitim glincima u dijabazima, npr. u okolini

Mošute, ili sedimentima izgrađenim od krečnjaka, konglomerata, peščara i glinaca koji preovlađuju nad dijabazima, što je konstatovano u okolini Oble Glave gde grade glavninu formacije (Rakić et al., 1976). Isti autori na profilu zapadno od Jelenjaka zapažaju smenjivanje dijabaza sa krečnjacima, karbonatnim peščarima i konglomeratima gde obrazuju paket u kojem sedimenti preovlađuju, a koji superpoziciono leži iznad dela sa glincima.



Slika 5-14: Prikaz rasprostranjenja srednjo-gornjojurskih tvorevina u neposrednom okruženju Jastrepc.

Stene titonske starosti izgrađuju dva paralelna pojasa pružanja sever-severozapad – jug-jugoistok, koji se nalaze zapadno od Jastrepc, u njegovom neposrednom okruženju (Slika 5-15). Pojas pozicioniran bliže planini Jastrebac predstavljen je sedimentima neritsko-sprudne facije, dok je zapadnije situiran pojas izgrađen od flišnih tvorevina.



Slika 5-15: Prikaz rasprostranjenja titonskih tvorevina u neposrednom okruženju Jastrepc.

Sedimenti neritsko-sprudne facije titona su isključivo vezani za dijabaze i serpentinite prateći njihov pojas rasprostranjenja od Veluća na severu, preko brda Jelenjaka i zapadnih padina Berde sve do južnih padina Oble Glave na jugu (Prilog 1). Ove sedimentne tvorevine su generalno predstavljene masivnim i pločastim krečnjacima, uslojenim glincima, peščarima i na pojedinim lokalitetima konglomeratima (Rakić et al., 1976). Prema istim autorima, u okviru ovih sedimenata pronađena je bogata fosilna asocijacija koja ukazuje na gornjojursku starost, a njihov odnos prema podini je uglavnom diskordantan, dok su bočno i ka mlađim delovima uočeni prelazi ka flišnoj faciji. Na izdanku u području severno od Oble Glave u dolini Rasine opservirani su titonski sedimenti neritsko-sprudne facije, predstavljeni slojevitim peščarima koji naviše prelaze u laminirane sericitisane peščare, a zatim u peščare u smeni sa filitičnim glincima koji naviše prelaze u flišne tvorevine (Fotografija 5-50).

Gornjojurski titonski flišni sedimenti takođe prate pojas rasprostranjenja dijabaza i serpentinita, pozicionirani su zapadno od njih gradeći izduženu zonu koja se može pratiti od Bučja na severu do Ržanice na jugu (Slika 5-15, Prilog 1). Odnos flišnih sedimenata prema starijim stenama je uglavnom tektonskog karaktera, međutim Rakić et al. (1976) u okolini Lazice, i u dolini Vratarice i Rasine (Dupci) zapažaju njihov transgresivni položaj preko serpentinita i vulkanogeno-sedimentne formacije. Oni u ovoj seriji izdvajaju dve facije, od kojih je prva predstavljena debelim bancima breča između kojih se nalaze slojevi grubozrnih peščara. Navode da u sastav breča ulaze haotično raspoređeni uglasti blokovi i krupnozrni odlomci stena metamorfnog kompleksa, a u manjoj meri i fragmenti granitoida, dijabaza, spilita i krečnjaka. Malo istočnije od ove oblasti u području severno od Oble Glave u dolini Rasine zapaženi su titonski sedimenti neritsko-sprudne facije koji prelaze u titonske flišne tvorevine, a koje su na izdancima predstavljene brečama sa odlomcima i blokovima kvarca, krečnjaka, serpentinita, dijabaza, rožnaca i škrljaca (Fotografija 5-51) i koje se smenjuju sa slojevima sivozelenih peščara debljine do 20 cm.

Imajući u vidu da bazalni klastiti sadrže i brojne fragmente ofiolita, a koji su obdukovani krajem titona (npr. Schmid et al., 2008; Dimitrijević i Dimitrijević, 2009; Bragin et al., 2011) ova sekvenca sedimenata bi trebala biti donjokredne starosti.



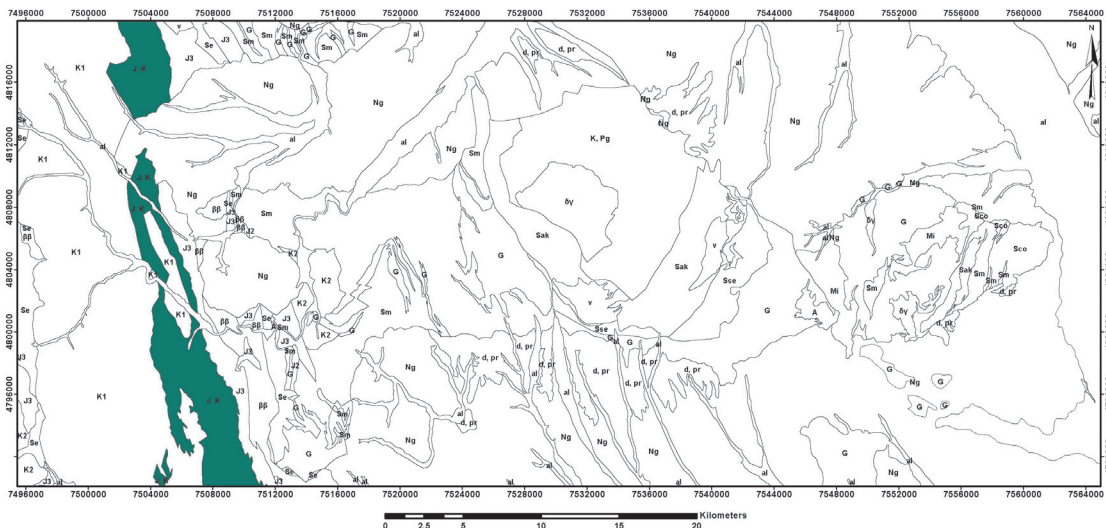
Fotografija 5-50: Izdanak uslojenih pešćara u smeni sa filitičnim glincima sa prelazom u flišne tvorevine u području Oble Glave.



Fotografija 5-51: Breče sa uklopcima kvarca, krečnjaka, serpentinita, dijabaza, rožnaca i uškriljenih stena u dolini reke Rasine.

Druga facija se prema Rakić et al. (1976) razvija postupno naviše iz bazalne serije i izgrađena je od grubozrnih turbiditnih sekvenci sa karakterističnom gradacionom slojevitošću, manje prisutnom laminacijom i skoro potpunim odsustvom sedimentnih tekstura, a izgrađena je od mikrobreča, mikrokonglomerata, srednjozrnih feldspatskih grauvaka, peskovitih kalkarenita, alevrolita i peskovitih laporaca.

Tvorevine titon-valendijskog fliša se rasprostiru od Jasikovce na severu do Ržanice na jugu i grade pojas pružanja sever-severozapad – jug-jugoistok (Slika 5-16, Prilog 1). Na istočnoj strani svog rasprostranjenja ove stene se graniče sa titonskim flišom, a na zapadnoj strani sa otriv-baremskim sedimentima.



Slika 5-16: Prikaz rasprostranjenja jursko-krednog fliša u neposrednom okruženju Jastrepca.

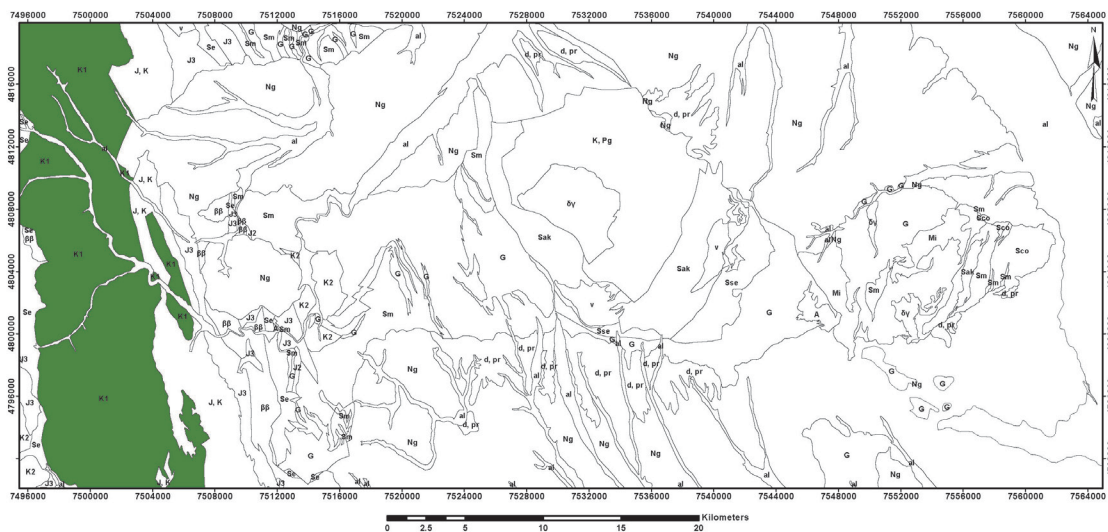
Serijski pokazuje postepene prelaze u odnosu na titonski fliš i tačna granica među njima se ne može definisati; slično kao i na Gledićkim planinama (Anđelković, 1956). Rakić

et al. (1976) prema superpozicionim odnosima u okviru ovih tvorevina razlikuju dva paketa: donji, koji prelazi prema titonu, a karakteriše ga smena peščara i laporaca i gornji, u kome preovlađuju crni laporci i glinci uz pojavu naročito karakterističnih pločastih krečnjaka.

Donjokredni sedimenti obrazuju široku zonu sa pružanjem sever-severozapad – jug-jugoistok između titon-valendijskog fliša na istočnoj strani i pojasa serpentinita na zapadnoj strani. Među donjokrednim tvorevinama mogu se izdvojiti sedimenti otriv-baremske starosti i apt-albski fliš, pri čemu su na karti prikazani zajedno kao jedinica donjokredne starosti (Slika 5-17, Prilog 1). Ovakva interpretacija se temelji na savremenim shvatanjima evolucije ofiolita obdukovanih preko jedinice evropskog afiniteta i novopublikovanih podataka o starostima delova ofiolitskog melanža kao dela jedinice istočnih Vardarskih ofiolita (Schmid et al., 2008). Takođe, u prilog ovome govore i odredbe berijaske starosti bazalnih nivoa parafliša Šumadije (Toljić, 2006), što se dalje uklapa u nove interpretacije evolucije depozicionih basena situiranih u domenu konvergencije između Evrope i Adrije (Toljić et al., 2018). Ovo ne isključuje mogućnost prisustva ofiolitskog melanža čiji sedimentni supstrat može biti pre donjokredne starosti.

Sedimenti otriv-baremske starosti se nalaze zapadno od titon-valendijskog fliša i leže u njegovoj povlati, a rasprostranjenje imaju od Leskovice na severu, preko Brusa i Tršanovića dalje ka jugu. Prema Rakić et al. (1976), osnovni kriterijum za izdvajanje ovih sedimenata bio je isključivo njihov položaj između titon-valendijske baze sa jedne i alb-apske povlate sa druge strane, osim toga u izdvojenom paketu zapažene su izvesne odlike kojih nema ni u podini ni u povlati, tj. u ovom delu više nema krečnjaka i laporaca, nego preovlađuju grubozrni peščari i sitnozrni konglomerati uz sporadične pojave glinaca.

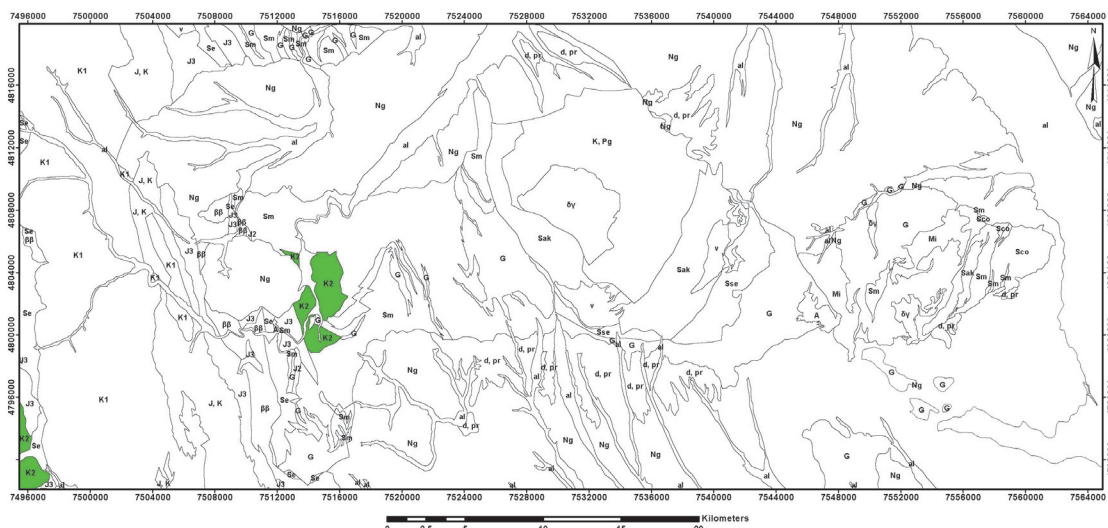
Apt-albski flišni sedimenti se nalaze između otriv-baremskih sedimenata i serpentinita na krajnjem zapadu obrazujući pojas pružanja sever-severozapad – jug-jugoistok, koji na istraživanom području zahvata terene od Brusa na jugu do Trstenika na severu. Mogu se razlikovati dva dela: donji, u kojem preovlađuju laporci i peščari, i gornji, sa grubozrnim peščarima i sitnozrnim konglomeratima, a starost sedimenata određena je na osnovu superpozicionog položaja sedimenata i asocijacije faune (Rakić et al., 1976).



Slika 5-17: Prikaz rasprostranjenja donjokrednih tvorevina u neposrednom okruženju Jastrepca.

Ova jedinica predstavlja normalni superpozicioni paket sedimenata deponovanih u povlati berijas-baremskih turbidita, sa kojima zajedno predstavlja donjokredni paraflis Centralne Vardarske zone (Dimitrijević, 1997), odnosno jedinice Istočnih vardarskih ofiolita EVO (Schmid et al., 2008).

Sedimenti gornjokredne starosti na krajnjim zapadnim padinama Velikog Jastrepca izgrađuju područje od Zlatara na severu, preko Bogiše i Ravni u središnjem delu do Razbojne na jugu, a prisutni su i u krajnjem jugozapadnom području šire okoline Jastrepca zapadno od Lipovca (Slika 5-18, Prilog 1).



Slika 5-18: Prikaz rasprostranjenja gornjokrednih tvorevina u neposrednom okruženju Jastrepca.

U istočnim delovima svog prostiranja leže diskordantno preko visokometamorfni kristalasti stena, uz konstatovane tektonske odnose među ovim jedinicama u području

Zlatara, Ravni i Razbojne (Rakić et al., 1976). Na zapadnoj strani rasprostranjenja, u ovom delu terena, su u tektonskom kontaktu sa gornjojurskim sedimentima. U jugozapadnom delu zapadno od Lipovca se nalaze u tektonskim odnosima prema gornjojurskim ofiolitskim tvorevinama. Rakić et al. (1976) na osnovu nalaska *Globotruncana* cf. *fornicate* određuju senonsku starost ove jedinice, a u superpozicionom pogledu izdvajaju dva paketa: bazalni, u kome preovlađuju plitkovodni sedimenti predstavljeni konglomeratima, peščarima, krečnjacima i laporcima koji zajedno pokazuju trend postupnog povećanja dubine basena, i mlađi sedimenti koji pokazuju turbiditske karakteristike, a izgrađeni su od peščara, laporaca i krečnjaka.

Na izdanku jugoistočno od Razbojne osmatrani su zeleni i ljubičasti alevroliti iz flišnog paketa koji se nalaze u jasnom tektonskom kontaktu sa mikašistima, dok su tamnosivi alevroliti flišne jedinice konstatovani na izdanku severozapadno od Ravni (Fotografija 5-52, Fotografija 5-53). Ov i gornjokredni sedimenti su deo sukcesije jedinice EVO (Schmid et al., 2008).



Fotografija 5-52: Tamnosivi alevroliti iz gornjokredne turbiditske sekvence u području sela Ravni.



Fotografija 5-53: Turbiditske tvorevine gornje krede u području sela Ravni.

Gornjokredni sedimenti su rasprostranjeni zapadno od Lipovca u oblasti Dorekarske reke u krajnjim jugozapadnim delovima šireg područja Jastrepca (Slika 5-1). Urošević et al. (1973) na osnovu brojne mikrofaune određuju senonsku starost i zapažaju da niži delovi, imaju karakteristike slabo definisane flišne sedimentacije i da su predstavljeni kalciruditima, kalkarenitima i kalcilutitima koji se smenjuju gradaciono, dok se naviše razvija sedimentni niz sa odlikama turbidita, koji se sastoji od mikrokonglomerata,

grauvaka, alevrolita, laporaca i glinaca sa retkim proslojcima laporovitih krečnjaka i svim prelaznim tipovima ovih sedimenata.

Schmid et al. (2008) ove gornjokredne sedimente (Fotografija 5-54) priključuju sin-kinematskim turbiditima Sava zone, a kredno-paleogene sedimente u području Velikog Jastrepcu, u koje je utisnut granodiorit Ravnište, definišu kao sekvencu metasedimentnih stena formiranih pretežno od klastičnih turbiditnih protolita i korelišu ih sa dubokovodnim sin-kontrakcionim turbiditima dubokomorskog rova i pelaškim sedimentima slične starosti, koji su rasprostranjeni u celokupnom domenu Sava zone. Gornjokredno-paleogene stene Velikog Jastrepcu opisane su detaljnije u poglavlju 5.5. u okviru termokontaktno promenjenih stena.

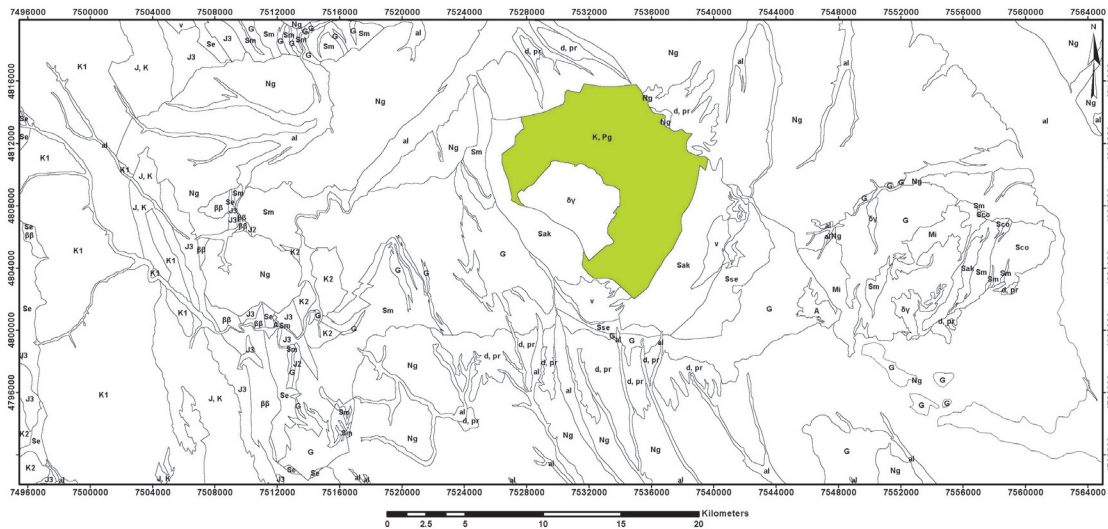


Fotografija 5-54: Gornjokredni sedimenti Sava Zone u području Radmanovske reke zapadno od Lipovca.

5.5. Termokontaktno promenjene stene i centralno utisnuti granodiorit

U središnjim delovima Velikog Jastrepcu prisutne su termokontaktno promenjene stene u vidu kontaktnog oreola oko granodioritske intruzije Ravnište. Samo u jugoistočnim delovima svog rasprostranjenja se ovaj granodiorit nalazi u tektonskom kontaktu sa zelenim škriljcima. Prema Schmid et al. (2008), gornjokredni sedimenti eksponirani na Velikom Jastrepku predstavljaju metamorfisane turbidite Sava zone, koji leže preko zelenih škriljaca, mermera i pelita, čiji su protoliti Zapadni Vardarski ofioliti i adrijski sedimenti u njihovoj podini, a tokom zatvaranja okeanskog domena Neotetisa su ove stene sve zajedno bile uvučene u subdukcionu zonu i zatim tokom miocena ekshumirane ekstenzionim mehanizmima. Na osnovu intenziteta kontaktnih procesa mogu se izdvojiti korniti, bobičasti škriljci i filiti sa postepenim prelazom u slabo promenjenu

filitičnu gornjokredno-paleogenu jedinicu. Njihovi međusobni prelazi su dosta teško uočljivi, zbog čega su na geološkoj karti prikazani zajedno u okviru krupnije kontaktno metamorfisane gornjokredno-paleogene jedinice (Slika 5-19, Prilog 1).



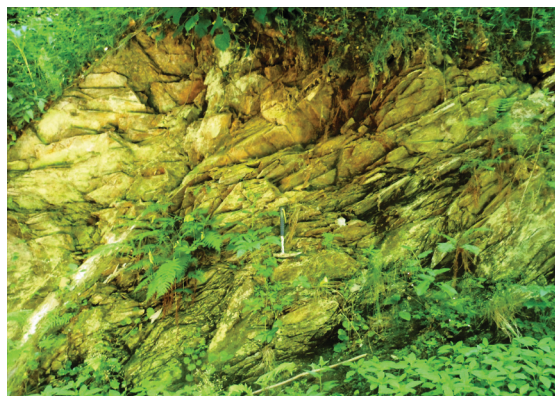
Slika 5-19: Prikaz rasprostranjenja termokontaktno promjenjenih gornjokredno-paleogenih sedimenata na Jastrepcu.

Na kontaktu granodiorita i starijih stena zapaženi su egzokontaktni procesi termalnog metamorfizma, a kod gornjokredno-paleogenih sedimenata širina kontaktnih uticaja skoro da se poklapa sa njihovim rasprostranjenjem, dok su niskometamorfni škriljci slabo izmenjeni samo u neposrednoj blizini granodioritskih apofiza (Rakić et al., 1976).

Metasedimenti gornjokredno-paleogene starosti imaju značajno površinsko rasprostranjenje na severnim, severoistočnim i istočnim padinama Velikog Jastrepcu.

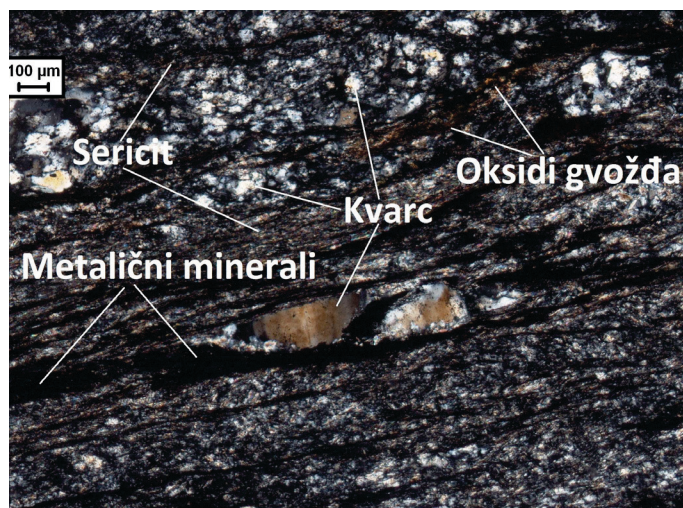


Fotografija 5-55: Izdanak slabo metamorfisanih gornjokredno-paleogenih pešcara i alevrolita u blizini vrha Đulica.



Fotografija 5-56: Izdanak slabo metamorfisanih gornjokredno-paleogenih pelitskih sedimenata u dolini Srndaljske reke.

Na opserviranim izdancima predstavljeni su psamitima (Fotografija 5-55), psefitima i u najvećoj meri pelitima (Fotografija 5-56), koji su pod uticajem intruzije Ravnište većim delom promenjeni u filite. Neposredno uz granodiorit Ravnište u unutrašnjem i središnjem delu kontaktnog pojasa, nalaze se intenzivnije kontaktno promenjene stene, dok se u spoljašnjem delu ovog područja, pored skoro nepromenjenih psamita, mogu naći i slabo izmenjeni filitoidni peliti. Naviše u stubu ova sekvenca postepeno prelazi u pešcare i glince koji nisu metamorfisani. Pomenuti metamorfiti i slabo promenjeni filiti su bez jasno uočljivog kontakta i sa postepenim prelazima, pa su prikazani zajedno u okviru krupnije jedinice termokontaktno promenjenih stena kredno-paleogene starosti (Slika 5-19, Prilog 1). Kontakti ove jedinice sa aktinolitskim škriljcima na zapadu, istoku i jugu su interpretirani kao tektonski. Dublji delovi jedinice izgrađeni su od peščara i konglomerata koji se smenjuju sa filitima, dok je povlata predstavljena filitima sa ređim pojavama glinaca (Rakić et al., 1976). Isti autori procenjuju da ukupna debljina jedinice iznosi oko 400 m. Prema njima, filiti na čitavom prostoru rasprostranjenja, čine osnovnu stenu sa kojom se proslojavaju ostali litološki članovi i predstavljeni su tamnim do crnim stenama sa karakterističnim svilastim sjajem i lepidoblastičnom strukturom.



Fotografija 5-57: Mineralna asocijacija izdvojena na petrološkom preparatu dobijenom iz uzorka E2, uzorkovanog u slabo metamorfisanim sedimentima južno od sela Buci.

Petrološki, to su stene izgrađene od kvarca, sericita, karbonata, organske i grafitične materije, dok su od akcesornih minerala prepoznati metalni minerali uz prisustvo gvožđevite materije koja ukazuje na intenzivne procese oksidacije, što je potvrđeno

mikroskopskom analizom preparata iz uzorka E2 prikupljenog južno od sela Buci (Fotografija 5-57, Prilog 1).

Starost ovih stena je prema Rakić et al. (1976) određena na osnovu bogatog palinološkog materijala konstatovanog u filitima na južnim padinama Stracimira, u Petinskoj reci, istočno od Krive kose i zapadno od Malog Letovišta, pri čemu je u obe lokacije prepoznata skoro identična asocijacija spora i polena: *Triporopollenites coryloides*, *Pityosporites cedroides*, *Triatropollenites quietus*, *Tricolpopollenites edmund*, *Tricopopollenites microhenrici*, *Pollenites orbits*, *Subtriporopollenites simplex* i *Periporopollenites multiporatus*, a pored prisustva polenovih zrna cvetnica iz pseudoexelsoides-grupe, guietus-grupe, satzveyensoide-grupe, koje ukazuju na paleogenu starost, nalascima globotrunkana u lokalnostima Male Nauparske reke i Desne reke, uzvodno od Srndalja, utvrđeno je da jedan deo jedinice pripada gornjoj kredi, pa je ovim stenama određena gornjokredno-paleogena starost.

Filiti na Velikom Jastrepcu izgrađuju perifernu zonu ovog termokontaktne pojasa oko granodiorita Ravnište, a zbog slabo uočljivog kontakta sa sjajnim liskunskim škriljcima i postepenog prelaza ka slabo promenjenim glincima i laporovitim sedimentima nisu prikazani kao posebna jedinica na preglednoj geološkoj karti, već u okviru krupnije geološke jedinice termokontaktne promenjenih stena gornjokredno-paleogene starosti (Slika 5-19, Prilog 1).



Fotografija 5-58: Izdanak tamnosivih filita u dolini Lomničke reke.

Na izdancima filiti su predstavljeni stenama tamnosive boje, sedefastog sjaja i dobro izražene škriljave teksture (Fotografija 5-58), dok su bobičasti škriljci uglavnom crne do tamnosive boje i karakteristične škriljave teksture sa bobičastim habitusom.

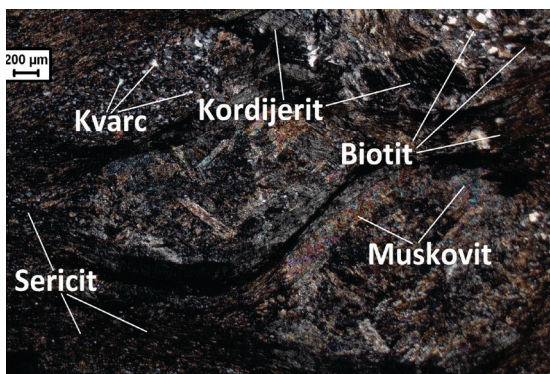
Procesi kontaktnog metamorfizma su u ovoj zoni daleko slabijeg intenziteta, na šta ukazuje preovlađujuće prisustvo filita, dok su bobičasti škriljci ređi i koncentrisani samo oko manjih granodioritskih tela ili debljih žica granodiorit-porfirita (Rakić et al., 1976). Oni na većoj udaljenosti od zone kontakta zapažaju postepene prelaze ka glincima i laporovitim sedimentima, pri čemu je ova zona širine do nekoliko kilometara sa granicama nedefinisanog karaktera.

Bobičavi škriljci u okviru termokontaktnog oreola oko plutona Ravnište na Velikom Jastrepcu izgrađuju zonu koja je bliža intruzivu, a zbog slabo uočljivog kontakta sa kornitima i postepenog prelaza prema filitima su na preglednoj geološkoj karti prikazani u okviru krupnije jedinice termokontaktno promenjenih stena gornjokredno–paleogene starosti (Slika 5-19, Prilog 1).

Širina ovog pojasa prema Rakić et al. (1976) varira između 250 i 1200 m, a stene se karakterišu filitičnim sjajem i bobičastim habitusom koji dolazi od sitnih nagomilanja grafitične materije ili porfiroblasta andaluzita. Stene su na osmatranim izdancima tamnosive do crne boje sa izraženom škriljavom teksturom (Fotografija 5-59).



Fotografija 5-59: Bobičavi škriljci sa prisustvom sitnih biotita u dolini Lomničke reke.



Fotografija 5-60: Mineralna asocijacija izdvojena na petrološkom preparatu dobijenom iz uzorka E1 uzorkovanog u bobičastim škriljcima iz područja doline reke Gračanica (Prilog I).

Mineralna asocijacija u ovim stenama se karakteriše primarnim mineralima sericita, muskovita, kvarca, biotita i kordijerita (Fotografija 5-60), kao i makroskopski uočljivim akcesornim mineralima turmalina i cojsita. Ovakav mineralni sastav prema Rakić et al.

(1976) upućuje da su stene ove zone formirane u spoljnim delovima zone kontakta pri srednje do više temperaturnim uslovima.

Pri analizi mikroskopskog preparata iz uzorka E1, koji je prikupljen iz bobičastih škriljaca u područja doline reke Gračanica (Prilog 1), prepoznati su porfiroblasti kordijerita koji leže u lepidoblastičnoj osnovi izgrađenoj od sericita, kvarca, muskovita i biotita (Fotografija 5-60).

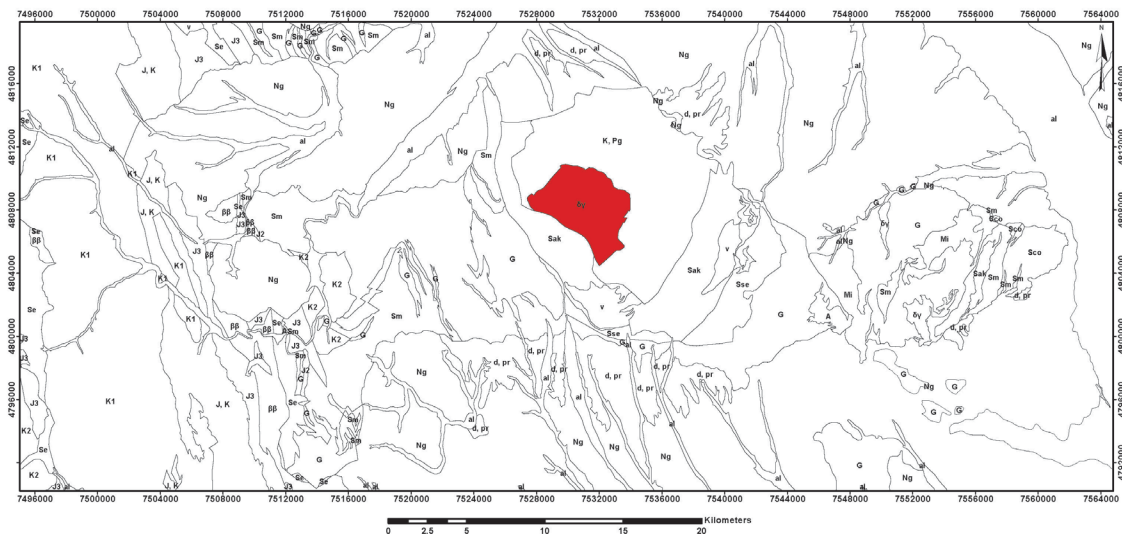
Korniti na Velikom Jastrepcu obrazuju zonu u neposrednom kontaktnom području sa granodioritom Ravnište. Ova nepravilna isprekidana zona je prema Rakić et al. (1976) širine 10—20 m, a njen kontakt sa granodioritom je jasno uočljiv i oštar, dok se prema zoni bobičastih sjajnih liskunskih škriljaca odlikuje prelazom postepenog karaktera, pa ove stene na preglednoj geološkoj karti nisu prikazane posebno, nego u okviru krupnije jedinice termokontaktne promenjenih stena gornjokredno-paleogene starosti (Slika 5-19, Prilog 1).

Korniti su tamnosive do crne boje sa karakterističnom škriljavom teksturom (Fotografija 5-61) i mineralnim sastavom koji se karakteriše dominantnim biotitom, uz podređeno prisustvo feldspata i kvarca.



Fotografija 5-61: Korniti u kontaktu sa granodiorit-porfiritom.

Granodiorit je na Velikom Jastrepcu površinski eksponiran u području šire okoline Ravnište uz prateće pojave brojnih žica granodiorit-porfirita i aplita u stenama iz njegovog neposrednog okruženja (Slika 5-20, Prilog 1).



Slika 5-20: Prikaz rasprostranjenja granodioritskog intruziva na Jastrepcu.

Granodiorit Ravnište intrudovan je u gornjokredno-paleogene sedimene koji su pod njegovim uticajem kontaktno metamorfisani, a na zapadnoj strani se nalazi u tektonskom kontaktu sa aktinolitskim škriljcima. Pluton Ravnište je opisivao kao lakolit srednjih dimenzija, dok brojne žice i intenzivne promene u stenama u koje se granodiorit utiskivao indiciraju na apikalni deo batolita (Rakić et al., 1976). Intruzija Ravnište je ovde interpretirana kao apikalni deo batolita većih razmera. Na terenu se mogu razlikovati krupnozrni (Fotografija 5-62) i sitnozrni varijeteti (Fotografija 5-63), među kojima, osim teksturnih, nema drugih značajnijih razlika. U površinskim uslovima izdaničkih zona ove stene su često intenzivno grusificirane.

Krupnozrni varijeteti granodiorita Ravnište izgrađuju centralne delove intruzije i zahvataju šire područje. U mineralnom sastavu je karakteristično prisustvo krupnih biotita, kvarca, mikrokлина, plagioklasa i sporednih minerala kao što su magnetit, i sfen.



Fotografija 5-62: Grusificirani krupnozrni granitodiorit Ravnište sa krupnim biotitima.



Fotografija 5-63: Grusificirani sitnozrni granodiorit Ravnište sa aplitskom žicom.

Sitnozrni granodioriti prema Rakić et al. (1976) predstavljaju endokontaktne produkte nastale pri naglom hlađenju magme usled kontakta sa okolnim stenama ("zamrznuti rub"), pri čemu izgrađuju uzak pojas perifernih delova plutona, nejednake širine, sa nejasnom granicom prema krupnozrnom varijetetu.

Apsolutna starost određena Sr metodom iznosi $37,3 \pm 5$ Ma, dok je K-Ar metodom istih stena dobijena starost od 52 ± 2 Ma, te ove stene predstavljaju tvorevine mlađeg paleogena, verovatno gornjeg eocena i donjeg oligocena (Rakić et al., 1976). Nepouzdanost postojeće Rb-Sr starosti plutona Ravnište korigovana je određivanjem apsolutne starosti U-Pb metodom na cirkonu iz granodioritskog uzorka JAS9 prikupljenog u području Ravnište (Prilog 1). Dobijena je eocenska starost od $47,59 \pm 0,21$ Ma.

Granodiorit-porfiriti se u neposrednoj okolini intruzije Ravnište, naročito u istočnom i jugoistočnom području, nalaze u vidu potpuno ili delimično konkordantnih žica u okviru gornjokredno-paleogenih sedimenata i niskometamorfni kristalasti škriljaca, a žice su metarskih do dekametarskih debljina (Rakić et al., 1976) i zbog malih dimenzija nisu prikazane na karti.



Fotografija 5-64: Granodiorit-porfirit u kontaktno promenjenim kredno-paleogenim sedimentima.

Granodiorit-porfiriti su generalno kompaktne stene, sivobeke do bledozelenkaste boje (Fotografija 5-64), a karakterišu se masivnom do pločastom teksturom i porfirskom strukturom. Prepoznati mineralni sastav izgrađen je pretežno od kvarca i sitnog biotita u osnovnoj mikrokristalastoj masi sastavljenoj od kvarca, feldspata i biotita.

Apliti su u centralnim delovima granodiorita Ravnište zastupljeni u vidu žica malih dimenzija sa generalnim pravcem pružanja zapad-istok. Predstavljeni su belim sitnozrnim stenama, masivne teksture (Fotografija 5-65). Glavni minerali su predstavljeni kvarcom, plagioklasima, granatima i rede sitnim liskunima.



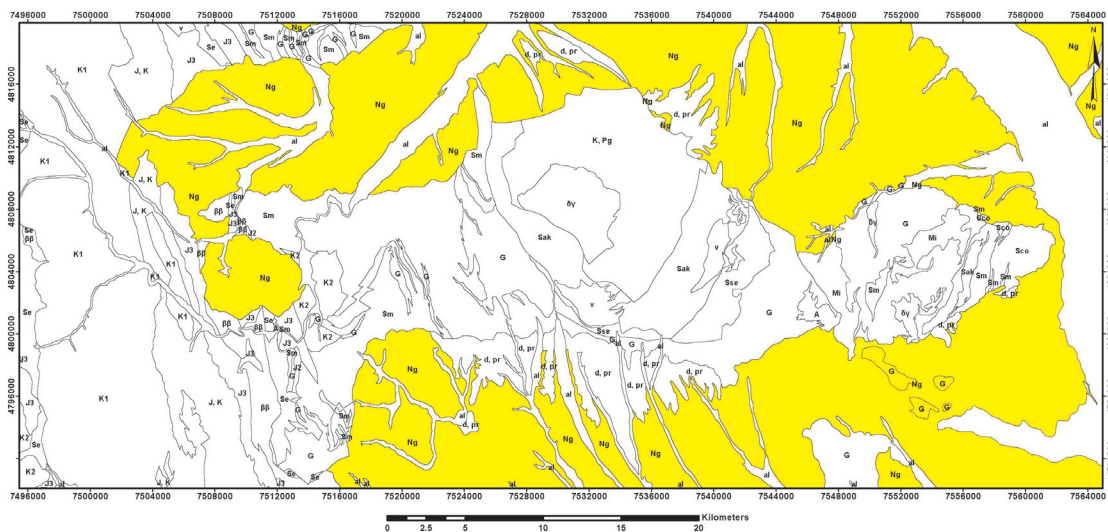
Fotografija 5-65: Aplitska žica u granodioritu Ravnište.

5.6. Neogeni basenski sedimenti

Sedimentne stene neogene starosti izgrađuju neposrednu okolinu planine Jastrebac (Slika 5-21, Prilog 1). Leže transgresivno preko starijih stena Jastrepc, osim u jugozapadnom delu. Taloženi su na prostoru Moravskog rova, koji predstavlja složenu tektonsku depresiju, izgrađenu od većeg broja manjih basena. Istraživano područje obuhvata delove kruševačkog basena na severu, delove topličkog basena na jugu i delove moravskog i niškog basena na istočnoj strani.

Navedeni baseni su imali složenu geološku evoluciju, koja je započela u donjem miocenu, a završila se u donjem pleistocenu. Neogeni sedimenti se karakterišu velikom facijalnom raznovrsnošću. U širem okruženju Jastrepc, mogu se izdvojiti: srednjomiocenske tvorevine sa elementima slatkovodnih i brakičnih facija, baden-donjosarmatske i verovatno delom srednjosarmatske starosti, kao i gornjomiocenski deponati završne lakustrijske faze.

Neogeni basenski sedimenti, koji nisu značajnije tektonski deformisani, imajući u vidu karakter izvedenih istraživanja, nisu detaljno proučavani. Veća pažnja neogenim deponatima je posvećena samo u delovima gde su kontakti sa starijim formacijama tektonizirani. Na preglednoj geološkoj karti su ovi sedimenti prikazani zajedno u okviru krupnije jedinice neogena (Slika 5-21).



Slika 5-21: Prikaz rasprostranjenja neogenih tvorevina u neposrednom okruženju Jastrepa.

Najstariji neogeni sedimenti su predstavljeni srednjomiocenskim (tj. prema najnovijoj stratigrafskoj klasifikaciji badenskim-donjosarmatskim i delom srednjosarmatskim) konglomeratima, pešćarima i ređe peskovitim laporcima, koji imaju rasprostranjenje u obodnim delovima topličkog i u krajnjim zapadnim delovima kruševačkog neogenog basena (Rakić et al., 1976). Prema ovim autorima, sarmatski sedimenti debljine do 200 m konstatovani su u zapadnim i južnim obodnim delovima kruševačkog basena, gde su predstavljeni glinama i slabo vezanim peskovima, odnosno pešćarima u donjem, i peskovima sa slabijim pojavama šljunkova u gornjem delu, dok se u višim delovima pored glina zapažaju peskovi i sitni šljunkovi u vidu manjih sočiva.

Gornjomiocenski sedimenti u istraživanom području su predstavljeni glinama, peskovima, šljunkovima i krečnjacima i panonsko-pontskim sedimentima koji imaju najveće rasprostranjenje, a koje se gotovo poklapa sa današnjim konturama kruševačkog basena (Rakić et al., 1976). Prema Krstić et al. (1980), u istočnom delu kruševačkog basena i u delu nižeg basena naslage gornjeg miocena imaju promenljiv sastav i predstavljene su jezerskim sedimentima, u okviru kojih u nižem delu preovlađuju gruboklastični sedimenti, naročito na severoistočnom obodu Jastrepa, dok u višem delu preovlađuju peskoviti sedimenti sa proslojcima konglomerata i šljunkova.

Sedimenti gornjeg pliocena i pleistocena su konstatovani u krajnjim istočnim delovima kruševačkog basena, u području Malog Drenovca, Koprivnice, Grejača i Velikog Drenovca. Prema Krstić et al. (1980), u njih su usečene rečne terase nesumnjivo

pleistocenske starosti te je najverovatnije da su naslage taložene u gornjem pliocenu i najstarijem kvartaru, tj. intervalu koji odgovara eopleistocenu u širem smislu. U području Grejača na profilu visine 10 m i dužine 20 m (Fotografija 5-66) otkrivene su pliocensko-pleistocenske naslage izgrađene od šljunkova sa kosom slojevitošću (Fotografija 5-67).



Fotografija 5-66: Izdanak pliocensko-kvartarnih tvorevina Južne Morave kod Grejača.



Fotografija 5-67: Pliocensko-kvartarni šljunkovi Južne Morave kod Grejača.

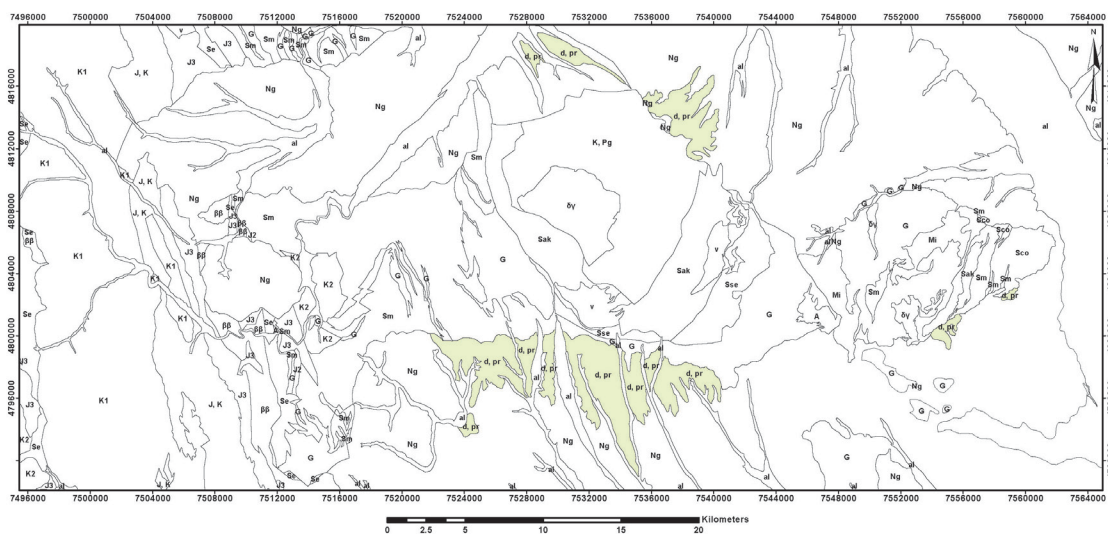
Najmlađi delovi moravske kotline su prema Krstić et al. (1980) izgrađeni od šljunkovito-peskovitih naslaga koje se karakterišu ritmičkom sedimentacijom i predstavljaju delove poligenetske rečno-jezerske akumulativne ravni ili visoke terase iznad Južne Morave i Nišave. Oni zapažaju višestruko smenjivanje litoloških članova u seriji koja je debela 40—100 metara, gde su šljunkovi prisutni u vidu banaka, u čijem sastavu preovlađuju dobro zaobljeni, srednje i krupnozrni valuci krečnjaka, zelenih škriljaca, lidita, dacita, andezita i drugih stena poreklom iz karpato-balkanskog sedimentacionog područja, dok su sa druge strane, peskovi koji se nalaze u vidu proslojaka ili sočiva, izgrađeni od srednjozrnih varijeteta sa velikim procentom psamitske komponente i manjim udelom alevritskih sastojaka, kao i slabim sadržajem glinovitih čestica.

5.7. Kvartarne naslage

U neposrednom okruženju Jastrepcu deponovane su kvartarne tvorevine pleistocenske do holocenske starosti. Genetski, to su pretežno aluvijalni, proluvijalni i deluvijalni deponati različitih geoloških i morfoloških karakteristika (Rakić et al., 1976). Navedeni autori pleistocenu priključuju proluvijalne taloge tipa subarealnih delti, sve rečne terase,

a holocenu subrecentne i recentne aluvijalne nanose, kao i proluvijum tipa plavinskih konusa.

Proluvijalni talozi subaeralne delte predstavljaju pleistocenske proluvijalne sedimente složenih predgornih konusa koji su se taložili u području tokova Petinske Bistrice, Rličke i Modričke reke na severnim padinama Jastrepcu (Slika 5-22, Prilog 1), a izgrađeni su od nezaobljenih, nesortiranih i haotično stratifikovanih šljunkova, gvožđevitih alevritičnih peskova i retko alevritičnih glina (Rakić et al., 1976).



Slika 5-22: Prikaz rasprostranjenja deluvijalno-proluvijalnih naslaga na Jastrepcu i u njegovom neposrednom okruženju.

Deluvijalno-proluvijalne naslage pleistocena nastale su difuznim spiranjem i transportom materijala pomoću gravitacije i manjih tokova koji su tekli niz južne padine Jastrepcu (Slika 5-22, Prilog 1), a predstavljeni su nanosima izrazito heterogenog sastava i oblika, čije debljine znatno variraju (Malešević et al., 1980).



Fotografija 5-68: Izdanak deluvijalno-proluvijalnih naslaga sa krupnim blokom amfibolita kod Gornje Jošanice.



Fotografija 5-69: Deluvijalno-proluvijalne naslage sa krupnim blokovima granodiorita kod Gornje Jošanice.

Rečne terase zapažene u dolinama većih vodenih tokova Zapadne Morave, Rasine i drugih tokova obrazuju četiri terasna nivoa (Rakić et al., 1976). Prema pomenutim autorima, najviša rečna terasa predstavljena je detritičnim šljunkovito-alevritičnim glinama između kojih leže jedan do dva nivoa pogrebenog iluvijuma i ovaj stadijum se može shvatiti kao početna faza stvaranja doline Rasine, a verovatno i Zapadne Morave. Ostale rečne terase definišu kao eroziono-akumulacione forme koje se zapažaju u vidu izolovanih terasnih površina, a koje su izgrađene od šljunkova, preko kojih leže lesoliki alevritični peskovi i alevritične gline.

Kod većine akumulacionih ciklusa, Krstić et al. (1980) zapažaju zakonite odnose položaja šljunkovito-peskovitih i alevritičnih čestica, tako da su stariji delovi profila predstavljeni psamitsko-psefitskim naslagama facije rečnog korita preko kojih leže alevritični peskovi i alevritične gline povodanjskih facija.

Proluvijalne naslage holocenske starosti formirane su nanosima povremenih tokova (Rakić et al., 1976). Prema navedenim autorima, sedimentne naslage su predstavljene plavinskim konusima izgrađenim od šljunkova, alevritičnih glina i alevritičnih peskova, koji se karakterišu haotičnim rasporedom materijala, odsustvom stratifikacije i brojnim sočivastim pojavama. Kao naročiti tip proluvijuma ističu složeni konus Odžačke, Crnišavske i Srebrničke reke, koji izgrađuje periferne delove jedinstvene plavinske forme izgrađene od alevritičnih peskova i alevritičnih glina sa postepenim prelazom ka šljunkovima u uzvodnijim područjima pomenutih reka, formirajući na taj način horizontalnu gradacionu stratifikaciju.

6. PALEOGEOGRAFSKI AFINITETI STRATIGRAFSKIH JEDINICA I NJIHOVA GEOTEKTONSKA PRIPADNOST

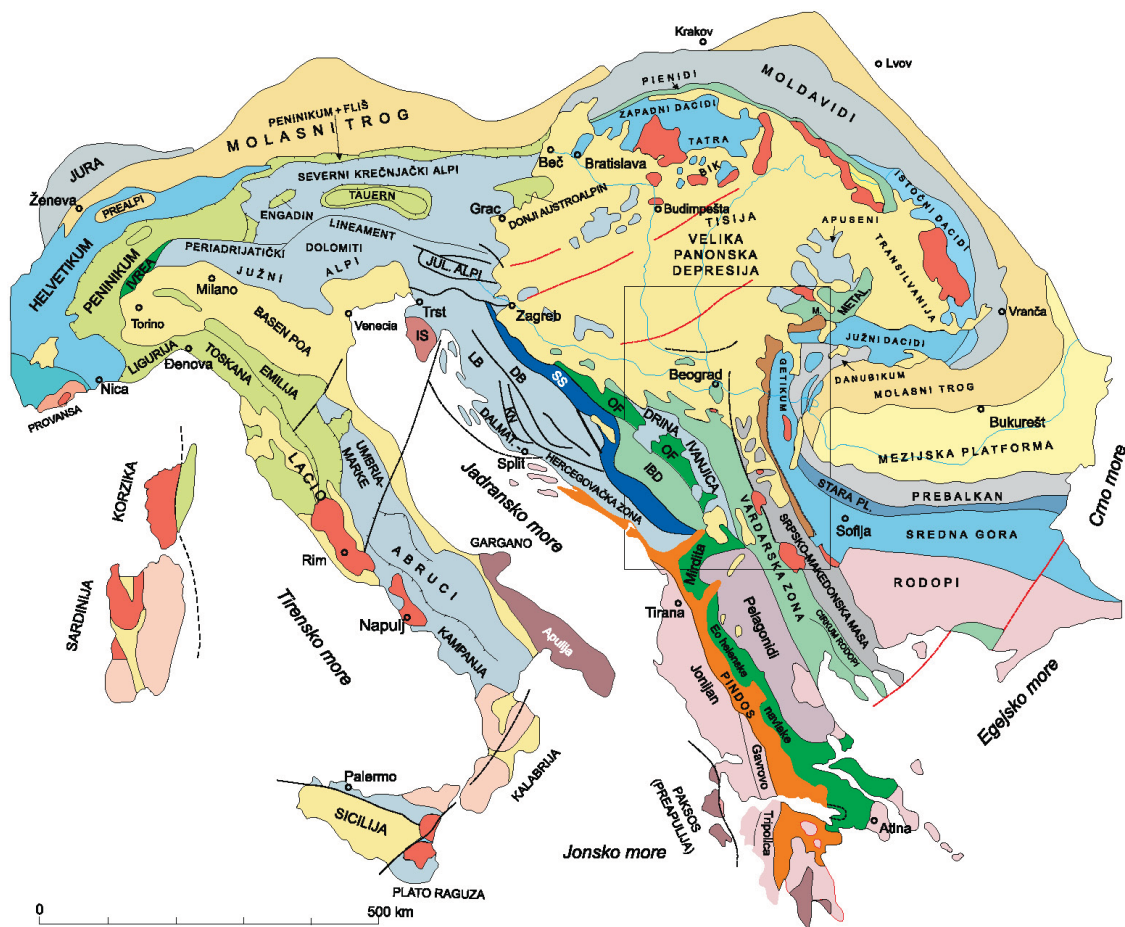
Planina Jastrebac nalazi se u području Srbije, čiji se tereni generalno karakterišu složenom geološkom građom i dugom višefaznom tektonskom evolucijom, zbog čega ne postoji jedinstvena i opšte prihvaćena tektonska rejonizacija ovih prostora.

Generalno, tereni Srbije su smešteni u jugoistočnoj Evropi u okviru Alpskog pojasa (Alpida), najmlađeg ubranog pojasa Evrope, koji je pretrpeo višefazna ubiranja u najmlađem mezozoiku i kroz kenozoik, kada su formirani složeni ubrani sistemi i planinski venci Alpa, Pirineja, Apenina, Dinarida, Helenida, Karpata, Balkana i dr. (Slika 6-1).



Slika 6-1: 3D reljefni prikaz jugoistočne Evrope sa označenim ubranim sistemima i planinskim vencima Alpida (modifikovana fotografija (Balazh A., 2018), available: <https://www.shutterstock.com/image-illustration/highly-detailed-planet-earth-exaggerated-precise-136767626>).

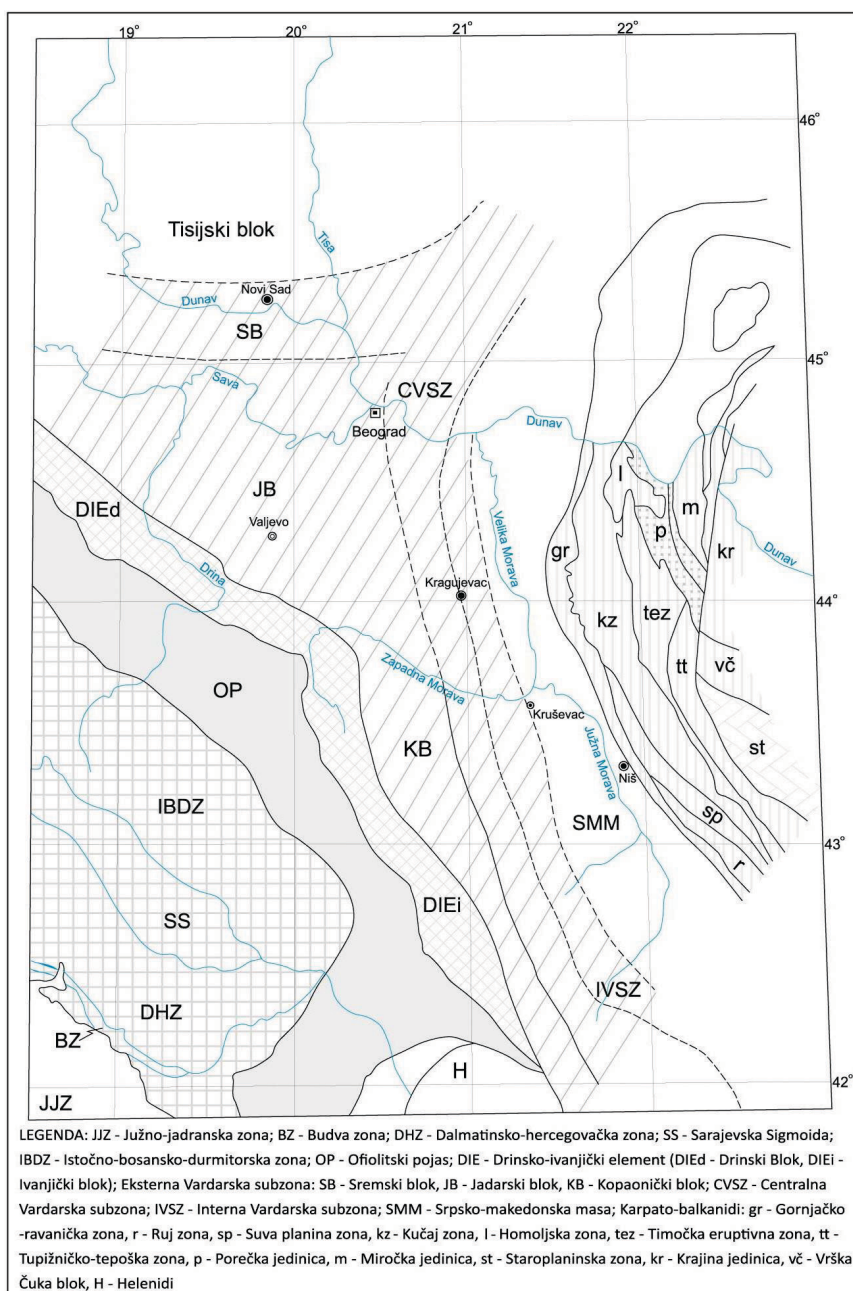
Jedna od novijih geotektonskih rejonizacija srpskih autora Dimitrijević i Krstić (1999) daje prikaz jedinica na prostoru Srbije u okviru krupnijih geotektonskih jedinica jugoistočne Evrope (Slika 6-2).



Slika 6-2: Geotektonska rejonizacija jugoistočne Evrope prema Dimitrijević i Krstić (1999). Uokviren prostor aproksimativno odgovara području Srbije (Slika 6-3).

Smatra se da južnoj grani Alpida pripadaju Dinaridi, koji se generalno odlikuju dinarskim pravcem pružanja (SZ-JI) i njihovim istočnim i jugoistočnim delovima izgrađuju terene zapadne Srbije, dok su Karpati severno stablo evropskih Alpida, geološki vrlo heterogen i morfološki upadljiv orogeni sistem dužine preko 1700 km, koji se u vidu luka pruža od Alpa, pa sve do prostora u istočnoj Srbiji (Marović, 2001). Isti autor sumira prethodna publikovana shvatanja o regionalnim tektonskim rejonizacijama, prema kojima se Karpatski orogeni sistem može uopšteno podeliti na unutrašnje Karpate (Dacide) i spoljašnje Karpate (Moldavide). Pri tome, navodi da se u okviru unutrašnjih Karpata (Dacida) mogu izdvojiti zapadni, istočni i južni Dacidi, a da Južni unutrašnji Karpati (Dacidi) predstavljaju složen navlačno-naborni pojas koji karakterišu vergence prema Mezijskoj platformi i pružanje od Brašova u Rumuniji do doline Timoka u Srbiji, gde se vezuju za Balkanide. On ističe da su tri krupne tektonske jedinice Supragetikum-Getikum, Infragetikum i Danubikum jasno individualisane i da jedinice iz ovog dela unutrašnjih Karpata prelaze na terene istočne Srbije, pa je njihovo

poznavanje važno za bolje razumevanje tektonskih odnosa u našim terenima. Prema Marović (2001), u području Srbije mogu se generalno izdvojiti krupne tektonske jedinice: Srpsko-makedonska masa, Karpato-balkanidi, Dinaridi, Panonski basen i Vlaško-pontski basen. Takođe, navodi da uzimajući u obzir da su se shvatanja o tektonskom sklopu terena Srbije tokom vremena menjala sa trendom približavanja više ili manje usaglašenom mišljenju, saglasno razvoju geotektonskih ideja u svetu, podela na ovako definisane osnovne jedinice može se smatrati klasičnom i jedinstvenom.



Slika 6-3: Geotektonska rejonizacija područja Srbije i Crne Gore prema Dimitrijević (1997).

Jedna od detaljnijih tektonskih podela terena Srbije (Slika 6-3), koju su i skorašnji autori koristili pri novijim regionalnim rejonizacijama ovih prostora, je podela prema Dimitrijević (1997).

Međutim, od tradicionalnih pa do najnovijih shvatanja o evoluciji i međusobnim odnosima glavnih jedinica, njihovih detaljnijih podela na manje subjedinice, kao i po pitanju njihovih granica postoje velike razlike u mišljenjima. Osnovne jedinice često su prema različitim autorima deljene u dve ili više manjih, dok su druge opet priključivane susednim jedinicama (Marović, 2001). Manje tektonske jedinice kojima pripada prostor Jastrepc sa okolinom razmatrane su detaljno u pojedinim poglavljima disertacije, pri korelaciji sa tektonskim jedinicama definisanim prema novijem konceptu (Schmid et al., 2008), kao najprihvatljivijem regionalnom tektonskom modelu za dalja analiziranja evolucije, međusobnih odnosa i granica, uz osvrt na druga tradicionalnija i novija mišljenja.

6.1. Geotektonska pripadnost šireg područja Jastrepc prema tradicionalnim konceptima

U cilju boljeg razumevanja tektonske građe i pripadnosti Jastrepc prema novijim shvatanjima, neophodno je razmotriti različite tradicionalne koncepte. Jastrebac se po pružanju istok-zapad proteže u centralnim terenima Srbije i zauzima tektonski položaj u okviru Srpsko-makedonske mase, koja obuhvata kristalaste terene između Dinarida i Karpato-balkanida (Slika 6-3). Ova geotektonska jedinica je u prošlosti različito nazivana: Rumalijska masa, Đerdapska masa, Hrvatsko-srpski kristalin, Srpsko kristalasto jezgro, Moravidi, Rodopska masa (Marović, 2001). Nakon sistematskih i višegodišnjih istraživanja izvedenih tokom izrade Osnovne geološke karte Srbije, Dimitrijević (1959) je na osnovu korelacije litološkog sastava i strukturno-tektonskih karakteristika ovih terena i Rodopskog masiva u Bugarskoj izdvojio novu geotektonsku jedinicu pod nazivom Srpsko-makedonska masa.

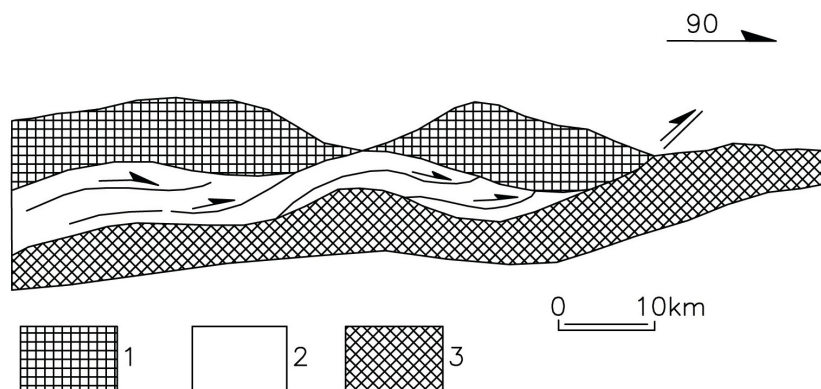
Položaj Srpsko-makedonske mase u alpskom orogenu različito je tumačen, a često se dovodilo u pitanje postojanje Srpsko-makedonske mase kao krupne geotektonske jedinice situirane između Dinarida i Karpato-balkanida (Marović, 2001). Kober (1952) terene Srpsko-makedonske mase koje je on izdvajao kao Moravide pripaja Karpato-balkanidima, što su prihvatili i Anđelković et al. (1967). Aleksić et al. (1971) Srpsko-

makedonsku masu priključuju obodu evropske platforme, a Grubić (1974) je tumači kao mikrokontinent u domenu mezozojskog okeana Tetisa. Dimitrijević (1974) krajnji zapadni deo ove mase uključuje u Vardarsku zonu. Karamata et al. (1996) iznose mišljenje da Srpsko-makedonski kompozitni teran (bez gornjeg kompleksa koga oni priključuju Karpato-balkanidima) predstavlja akrecioni klin na zapadnoj margini evropske ploče, koji je situiran na Istočno-srpsko-karpatsko-balkanskom obodu, koji je finalno modelovan istočnom subdukcijom kore Vardarskog okeana u periodu od srednje-gornje jure do gornje krede. Grubić (1999) iznosi mišljenje o kompozitnoj građi Srpsko-makedonske mase, odnosno da predstavlja paket navlaka izgrađen od proterozojskih, paleozojskih do mezozojskih tvorevina, a da kao celina pripada najinternijim delovima Karpato-balkanida. Dercourt et al. (2000) iznose interesantno mišljenje, pri čemu Srpsko-makedonsku masu, Supragetikum, Getikum i Rodope grupišu u jedinstven kontinentalni entitet, koji je odvojen gornjojursko-donjokrednim dubokomorskim (verovatno i sa okeanskom korom) domenom od mezijsko-danubijske platforme, dok je na zapadu ograničen Vardarskim Paleotetisom. Marović (2001) ističe činjenicu da je Srpsko-makedonska masa jasno prostorno i litološki artikulisana jedinica, tj. da je smeštena između Vardarske zone i karpato-balkanskih planinskih venaca (Slika 6-3), pri čemu je izgrađena uglavnom od kristalastih škriljaca, za razliku od susednih terena koji se karakterišu mezozojskim sekvencama, što ide u prilog tradicionalnom prikazu njene geološke građe.

Prema tradicionalnom mišljenju, Srpsko-makedonska masa se sastoji od donjeg i gornjeg kompleksa metamornih stena (Dimitrijević, 1997). Ovaj autor navodi da donji kompleks izgrađuje zapadni deo Srpsko-makedonske mase i da je predstavljen stenama metamorfisanim do amfibolske facije, dok se u istočnim delovima Srpsko-makedonske mase diskordantno preko donjeg kompleksa nalazi gornji kompleks (ili vlasinski) koji se može podeliti na dva dela, a koje izgrađuju stene metamorfisane do facije zelenih škriljaca.

Grubić (1999) u okviru Srpsko-makedonske mase izdvaja tri superpoziciona dela: podlogu od Supragetikuma i dva paketa izrazito istočno-vergentnih navlaka, zatim paket donjih navlaka Jastrebikuma i paket gornjih navlaka Moravikuma (Slika 6-4). Prema ovom autoru, Supragetikum je predstavljen kristalinom u faciji zelenih škriljaca

proterozojske do devonske starosti i mezozojskog pokrova, a Jastrebigum je izgrađen od paleozojskih i mezozojskih sjajnih škriljaca i kredno-paleogenog fliša, dok se Moravikum karakteriše (uslovno proterozojski) amfibolskim kristalinom i rifeo-staropaleozojskim zelenim stenama.



Slika 6-4: Šematski profil kroz Srpsko-makedonski složeni teran prema Grubić (1999): 1. gornji teran (Moravikum), 2. srednji teran (Jastrebigum) i 3. donji teran (Supragetikum).

Na istoku se planina Jastrebac graniči sa Karpato-balkanidima, prema kojima se nalazi u tektonskom odnosu. Karpato-balkanidi se nalaze u terenima istočne Srbije, a prema Marović (2001) od Srpsko-makedonske mase na zapadu su odvojene Moravskom dislokacijom (Slika 6-3). Tradicionalna shvatanja o tektonskom sklopu Karpato-balkanida se prema mišljenju ovog autora mogu podeliti u tri osnovna pravca i prema prvom od njih u Karpato-balkanidima je razvijen jedan veliki šarijaž sa pratećim pojavama, drugi pravac obuhvata istraživače koji su izdvajali 5, 6 ili 7 navlaka (bilo kao individualnih entiteta ili u okviru paketa), a treća grupa autora smatra da u Karpato-balkanidima preovlađuju paraautohtone i autohtone strukture. Generalno, prema Marović (2001) sva novija istraživanja su pokazala da u sklopu istočne Srbije, tj. Karpato-balkanida dominira velika navlaka Getikuma u strukturno višem položaju i Infracetikuma u podini (krajinska, severinska u Rumuniji), a koje su zajedno kretane ka istoku preko dunavskog autohtona. On takođe ističe činjenicu, da je očigledno da su u zapadnom i središnjem delu Karpato-balkanida istočne Srbije, longitudinalnim dislokacijama ove krupne navlake sa njihovim autohtonom podeljene na manje istočno-vergentne navlake, pri čemu je daljom separacijom poprečnim i dijagonalnim rasedima, kao i subsidencijalno-elevacionim procesima formiran skup složenih hibridnih struktura, koje su tipa horst antiklinala i rov sinklinala.

Tereni Jastrepca na zapadu, odnosno Srpsko-makedonske mase, nalaze se u tektonskom odnosu prema Dinaridima (Slika 6-3). Generalno, Dinaridi su na severozapadu i zapadu u kontaktu sa Alpima, na jugu prelaze u Helenide, na istoku su jasno ograničeni dubokim rasednim strukturama prema Srpsko-makedonskoj masi, na jugu i jugozapadu prelaze u sadržaje Jadranske ploče, a na severu su uglavnom prekriveni neogenim naslagama Panonskog basena (Marović, 2001). Dinaridi predstavljaju složenu navlačno-ubranu oblast, međutim ne postoji jedinstvenost u mišljenjima o prostornim odnosima manjih jedinica, sastavu, tektonskom sklopu, vremenskim odnosima deformacija u području njihovog rasprostranjenja.

Istočni delovi Dinarida obuhvaćeni su nazivom Vardarska zona, koja se nalazi u neposrednom okruženju Jastrepca (Slika 6-3). Vardarska zona u okviru Dinarida predstavlja njenu najsloženiju i najupečatljiviju jedinicu. Ovu jedinicu je prvi izdvojio Kossmat (1924), situiranu između Rodopa i Pelagona, sa produžetkom u zapadnu Srbiju i Bosnu, Milovanović (1968) je produžio do Beograda i Panonskog basena, a Dimitrijević (1974) je definisao kao posebnu jedinicu između Dinarida i Srpsko-makedonske mase, u koju kasnije uključuje i istočne delove Srpsko-makedonske mase (interna subzona). Prema novijim shvatanjima, Vardarska zona je u alpskom planu formirana od vardarskog okeanskog domena koji je najverovatnije egzistirao od najranijeg paleozoika završno sa jurom-kredom kada je definitivno zatvoren, pri čemu je u finalnim fazama zatvaranja transformisan u flišni trog, a zatim tokom paleogena u markantnu transformnu zonu sa naglašenim dekstralnim smicanjima (Marović, 2001).

Mnogi autori su Vardarsku zonu podelili u tri dela (subzone), npr. Dimitrijević (1974) koji izdvaja tri subzone: internu na istoku, centralnu i eksternu na zapadu (Slika 6-3), dok je Karamata et al. (1994) deli na istočnu, centralnu i zapadnu subzonu. Marović (2001) navodi da se posmatrano od juga ka severu, interna i centralna Vardarska subzona pružaju pravcem SSZ-JJI sve do Beograda, gde se zatim ispod neogenih naslaga povijaju ka severoistoku, dok se eksterna Vardarska zona od Čačanskog neogenog basena sve do Fruške Gore pruža pravcem SZ(ZSZ)-JI(IJI). Prema istom autoru, istočna granica je predstavljena sistemom strmih subparalelnih zapadno-vergentnih raseda duž kojih je Vardarska zona podvučena pod gnajnsni kristalin Srpsko-makedonske mase. Za istraživanja doktorske disertacije je od velikog značaja

razumevanje geološke građe i međusobnih odnosa ove tri podzone, kao i njihov generalni odnos prema jedinici Srpsko-makedonske mase.

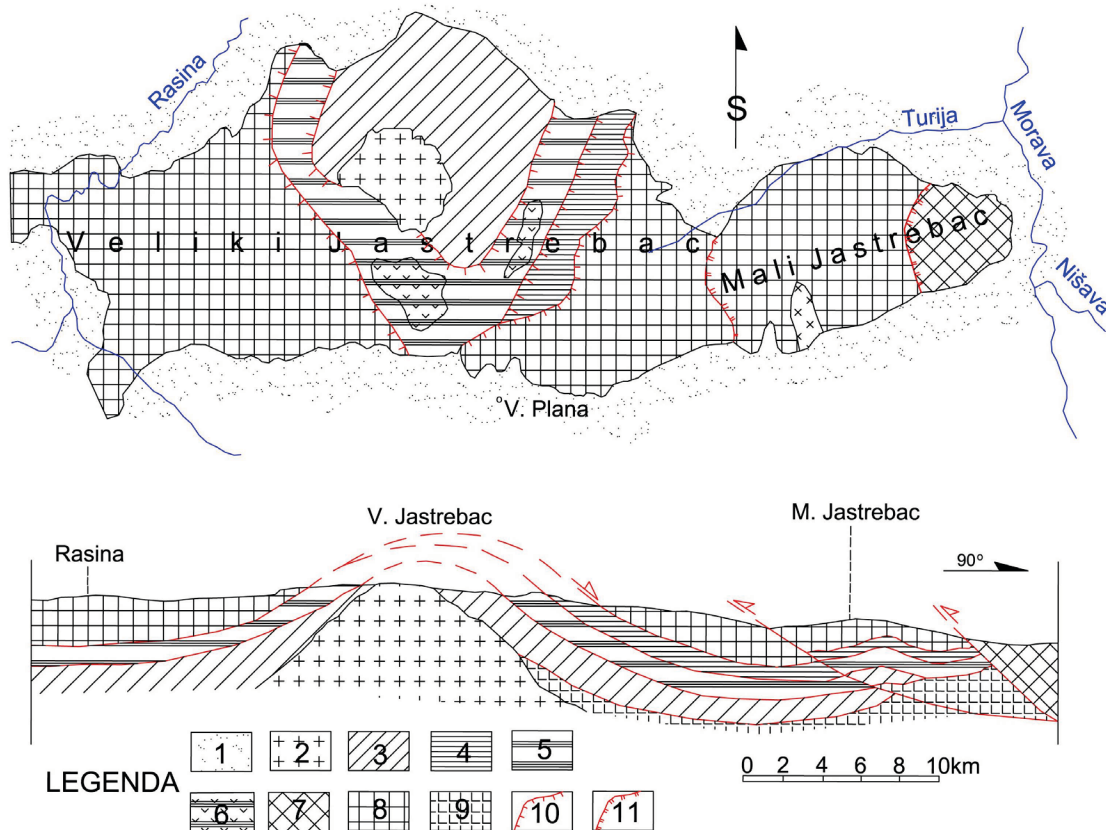
6.2. Tektonska građa Jastrepcu prema tradicionalnim i novijim shvatanjima

Prema tradicionalnim shvatanjima autora Osnovne geološke karte SFRJ, područje Jastrepcu izgrađuju horst Velikog Jastrepcu sa blokovima Crne Čuke na zapadu, Pogleda i dome Ravnište u centralnom delu (Rakić et al., 1976), koji su sastavni deo donjeg kompleksa, i blok Malog Jastrepcu na istoku (Krstić et al., 1980), koji pripada gornjem kompleksu Srpsko-makedonske mase ili u celini Supraetiku.

Dimitrijević (1997), navodi da je blok Crne Čuke predstavljen visokometamorfisanim stenama u amfibolitskoj faciji, koje se na zapadu graniče sa Vardarskom zonom duž krupnih rasednih struktura. Prema ovom autoru, stene bloka Crne Čuke su rasedom Naupare-Jošanica na istoku odvojene od bloka Velikog Jastrepcu, koji je u centralnom delu izgrađen od kontaktno metamorfisanih kredno-paleogenih sedimenata i zelenih škriljaca u koje je utisnut granodiorit Ravnište, a na jugu su ove visokokristalaste stene odvojene rasedom Gornja Jošanica-Gornja Rečica od niskometamorfisanih stena zelene serije. Blok Malog Jastrepcu je od Velikog Jastrepcu odvojen Vukanjskim rasedom, a prema Krstić et al. (1980) izgrađuju ga kristalasti škriljci koji variraju od almandin-amfibolske na zapadu do facije zelenih škriljaca na istoku i granit-monconitskih intruzija Krajkovca i Kuline utisnutih u prethodno pomenute metamorfite, koji su metamorfisani u uslovima almandin-amfibolske facije.

Grubić (1999) je pri proučavanju dome Velikog Jastrepcu konstatovao da je izgrađena od lomničke serije (crni kredno-paleogeni filiti), boljevačke serije (donji deo škriljaca nižeg kristaliniteta) i vukanjske serije (gornji deo škriljaca niskog kristaliniteta) i gnajsnog kristalina (Slika 6-5). Prema njemu se u jezgru dome nalaze najmlađe kredno-paleogene tvorevine, preko kojih leže paleozojske i mezozojske stene (škriljci nižeg stepena metamorfizma), a na krilima (uslovno) gnajсни metamorfikum proterozojske starosti, što sve zajedno ukazuje na tektonsko-navlačne kontakte jedinica. Ovaj autor ističe da je u ovakav paket navlaka intrudovan oligocenski granitoid Jastrepcu, zbog čega ovo područje generalno predstavlja tektonski prozor (Slika 6-5, Grubić, 1999).

Marović et al. (2007) u okviru jastrebačke dome definišu dva krupna navlačno-naborna entiteta, koja se u vertikalnoj sukcesiji nalaze u invertnom položaju. Prema istom autoru, u bazi leže gornjokredne i kredno-paleogene stene Jastrebačke jedinice, koje su nisko do srednje metamorfisane, a u koje je utisnut paleogeni granitoid (verovatno Vardarska zona), dok se u višem stuktturnom položaju nalazi krupna navlaka, kristalin Srpsko-makedonske mase izdvojen kao Moravska jedinica.

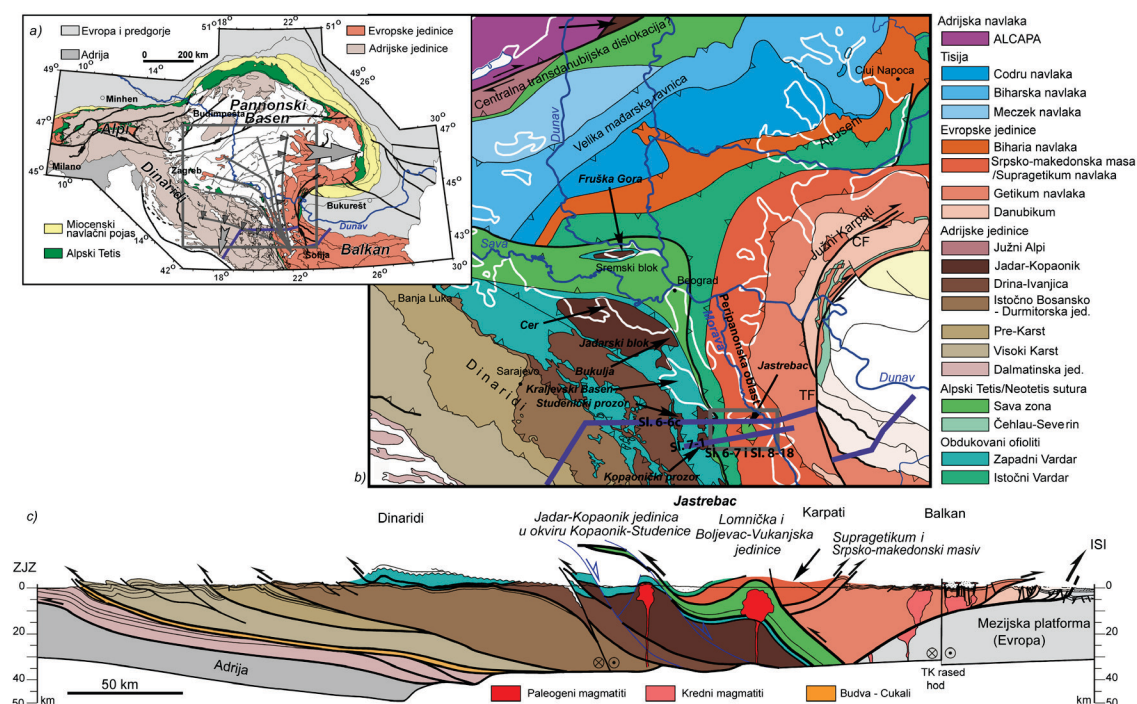


Slika 6-5: Tektonska skica i profil Jastrepc prema Grubić (1999). Legenda: 1. neogeni sedimenti; 2. paleogeni granodioriti; 3. kredno-paleogeni lomnički filiti (navlaka); 4. verovatno mezozojski vulkanjski škriljci (navlaka); 5. paleozojski boljevački sjajni škriljci s metaofiolitima (navlaka); 6. paleozojski kataklazirani metagabrovi, (3, 4, 5 i 6 Jastrebikum); 7. proterozojski do staropaleozojski kristalin u faciji zelenih škriljaca; 8. proterozojski kristalin u amfibolitskoj faciji, (7 i 8 paket navlaka Moravikuma); 9. neotkriveni kristalin Supraetikuma; 10. površina navlačenja; 11. reversni rased.

6.3. Jastrebac u kontekstu evolucije Dinarida i Karpata

Planina Jastrebac sa generalnim položajem na kontaktu između Karpata i Dinarida (Slika 6-6c, Slika 6-7) svedoči o složenoj tektonskoj evoluciji. Nakon srednjogornjotrijaskog otvaranja severnog ogranka okeana Neotetisa (ili Vardara), koji je u jugoistočnoj Evropi razdvajao tektonske jedinice Evrope od jedinica Adrije, formiran je jugozapadno do zapadno navučen orogen Dinarida kao posledica gornjojursko-

paleogenog zatvaranja ovog okeana (Slika 6-6, npr. Karamata, 2006; Robertson et al., 2009; Schmid et al., 2008).



Slika 6-6: a) Tektonska karta orogenog sistema Alpi-Karpat-Dinaridi sa produženjem Panonsko-Transilvanijskog izalučnog basena (uprosćeno iz Schmid et al., 2008). Zeleni okvir označava lokaciju karte iz Slika 6-6b, debela plava linija pokazuje poziciju geološkog profila iz Slika 6-6c; Sive zakrivljene linije i strelice prikazuju kinematiku ekstenzije u Panonskom basenu sa polom rotacije koji je pozicioniran u južnom delu Velikomoravskog rova (prilagođeno iz Matenco i Radivojević, 2012). Sive strelice pokazuju pravce dubljeg uvlačenja subdukovane ploče koje je bilo intenzivnije u Karpatima. b) Detaljna tektonska karta kontaktne zone između Dinarida i Karpata (prilagođeno iz Schmid et al., 2008). Granice miocensko-kvartarnih basena su markirane belom linijom. Zeleni okvir predstavlja poziciju Geološke karte Jastrepc iz Slika 6-7 i Slika 8-18. Debele plave linije su pozicije profila iz Slika 6-6c i Slika 7-1. TF = Timočki rased; CF = Černa rased; c) Regionalni tektonski profil sa strukturom Jastrepc u opštem kontekstu Dinarida i Karpata (prilagođeno iz Matenco i Radivojević, 2012). Položaj profila je prikazan na Slika 6-6b (Erak et al., 2017).

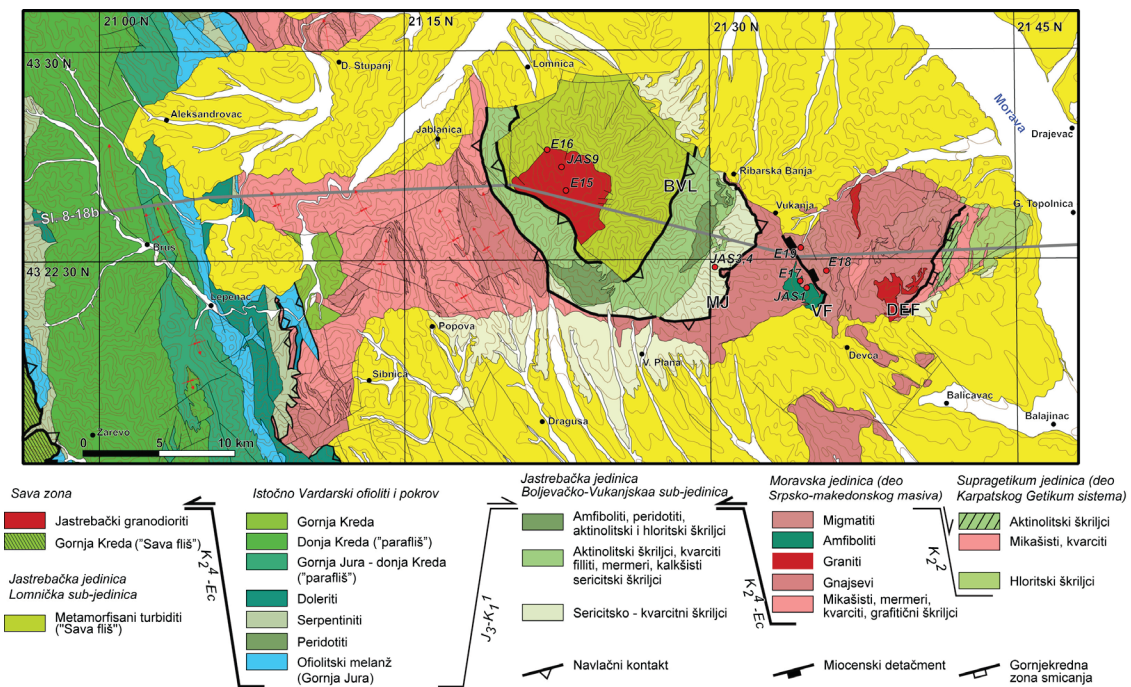
Srednjo-gornjotrijasko otvaranje je bilo praćeno bazičnim do intermedijskim riftnim magmatizmom i formiranjem široke pasivne kontinentalne margine Adrije. Na ovoj margini je zabeleženo postepeno srednjotrijasko-donjojursko produbljavanje sedimentnih facija zapaženih u internoj dinaridskoj jedinici (npr. Chiari et al., 2011; Dimitrijević, 1997; Đeric et al., 2007; Goričan et al., 2012; Monjoie et al., 2008; Pamic, 1984). Vrhunac subdukcije u Neotetisu je bio praćen gornjojursko-donjokrednim obdukovanjem preko margine Adrije i Evrope. Ovo je rezultiralo navlačenjem ofiolitskog pojasa dugog oko 180 km preko margine Adrije koja je danas eksponirana u internim Dinaridima (Zapadna Vardarska ofiolitska jedinica) i navlačenjem ofiolita i vulkanita ostrvskog luka preko evropskih-karpatiskih jedinica (Istočna Vardarska

Ofiolitska jedinica) (Slika 6-6, npr. Dimitrijević, 1997; Robertson, 2006; Schmid et al., 2008).

Naknadnim kredno-paleogenim sažimanjima brojne jedinice u području Dinarida su navučene ka jugozapadu, među kojima one najinternije (Istočno Bosansko-durmitorska jedinica, Drinsko-ivanjički element, Jadar-Kopaonik blok, Slika 6-6) u gornjim strukturnim nivoima sadrže ranije obdukovane ofiolite (Schmid et al., 2008). Pri ovim naknadnim navlačenjima, distalni deo margine Adrije bio je uvučen u dublje nivoe litosfere i lokalno metamorfisan. Ove metamorfisane stene su naknadno eksponirane tektonskom ekshumacijom u podini brojnih miocenskih ekstenzionih detačmenta duž pružanja Dinarida (npr. Schefer et al., 2010; Toljić et al., 2013; van Gelder et al., 2015). Kasno donjokredni tektonski događaj bio je praćen kolizijom tokom najmlađe gornje krede do eocena i pratećim formiranjem Sava zone kao suture u Dinaridima. Ova zona litostratigrafski je predstavljena najvećim delom mastrihtskim naslagama kontrakcionih turbidita dubokomorskog rova (tj. flišne naslage) (Slika 6-6, npr. Matenco i Radivojević, 2012; Pamić, 2002; Schmid et al., 2008; Ustaszewski et al., 2009). Kompresioni događaji lokalno su bili prekinuti gornjokrednim (gornji Turon – Kampan) epizodama ekstenzije (Toljić, 2006; van Gelder et al., 2015; Toljić et al., 2018). Magmatogena aktivnost povezana sa subdukcijom je započela tokom gornje krede u evropskom izalučnom domenu (Banatitski magmatizam, ~92-67 Ma, npr. Gallhofer et al., 2015). Magmatizam je tokom paleogena postepeno migrirao ka unutrašnjim Dinaridima postajući sve više obogaćen elementima kore, kalijumom ili lokalno natrijumom u jugozapadnim pravcima, najverovatnije kao rezultat migracije dinaridske subdukovane ploče tokom vremena (Cvetković et al., 2000; Cvetković et al., 2013; Schefer et al., 2011).

U blizini istraživanog područja, karpatski orogen navučen ka istoku do severoistoku je formiran tokom krednog zatvaranja Čehlau-Severin okeana, koji je predstavljao deo krupnijeg domena alpskog Tetisa (Săndulescu, 1988; Schmid et al., 2008). Južni Karpati i njihov produžetak u Srbiji bio je već formiran (zatvoren) tokom naizmeničnih etapa kolizije i navlačenja u periodu od mlađe donje krede (~100 Ma) do najmlađe krede (~72-67 Ma). Ovi događaji bili su praćeni paleogeno-donjomiocenskim regionalnim translatornim kretanjima ka severoistoku i rotacijom u pravcu kazaljke na satu

udruženih sa ekstenzijom paralelnom sa orogenom i formiranjem regionalnih zakrivljenih desnih transkurentnih raseda sa maksimalnim iznosima kretanja reda veličina do 100 km (Timočki i Černa rased, Slika 6-6b, Fügenschuh i Schmid, 2005; Iancu et al., 2005; Krautner i Krstić, 2002). Sve je bilo naknadno praćeno miocensko-kvartarnim kolizionim i post-kolizionim sažimanjem istočnih Karpata, zajedno sa tonjenjem subdukovanog dela ploče (Ismail-Zadeh et al., 2012; Matenco et al., 2016). U susednim oblastima Jastrepc (Slika 6-6), navlačenja Supragetikuma preko Getikuma bolje su proučena u južnim Karpatima i njihovom južnom produžetku u Srbiji (Iancu et al., 2005; Krautner i Krstić, 2002). Dalje prema zapadu, Srpsko-makedonski masiv predstavlja deo bloka koji pripada evropskom entitetu (Slika 6-6, Slika 6-7), a karakterišu ga sekvence srednjeg do visokog stepena metamorfizma, koje su lokalno pokrivene proksimalnim sedimentima različite mezozojske starosti (Dimitrijević, 1997).



Slika 6-7: Geološka karta područja Jastrebač sastavljena i generalizovana na osnovu listova 1:100 000 Osnovne Geološke Karte Jugoslavije i rezultata istraživanja vezanih za izradu doktorske disertacije. Nomenklatura tektonskih jedinica i starosti kontakta među njima su preuzeti iz Marović et al. (2007) i Schmid et al. (2008), a modifikovani prema rezultatima izvedenih istraživanja. Debela siva linija je položaj profila iz Slika 7-1b. Crvene tačke su lokacije uzoraka za FT na cirkonima i apatitima, a rezultati su prikazani na Slika 9-2, Tabela 2 i Tabela 3. BVL – kontakt koji razdvaja Boljevačko-vukanjsku i Lomničku subjedinicu u okviru Jastrebačke jedinice; MJ – kontakt između Moravske i Jastrebačke jedinice; VF – Vukanjski rased; DEF – zona smicanja koja razdvaja Moravsku jedinicu i Supragetikum. DEF zona je pojas smicanja sa postepenim opadanjem intenziteta smicanja zapadno i istočno od markiranog kontakta (Erak et al., 2017).

Starost amalgamacije i metamorfizma u jedinici Srpsko-makedonske mase smatrana je za paleozojsku, zbog pokrova sastavljenog od trijaskih nemetamorfisanih sedimenata (Karamata et al., 2003; Malešević et al., 1980; Meinhold et al., 2010; Ramovš et al., 1989). Kontakt između Srpsko-makedonske mase i navlake Supraetikuma je manje poznat usled njegove slabe otkrivenosti na površini terena, ali je opšte mišljenje da je ova oblast bila podvrgnuta retrometamorfizmu u pre-mezozojskim vremenima (Săndulescu, 1984) i da se stoga smatra da je paleozojske starosti ili stariji. Zaključak najskorijih termohronoloških istraživanja južno od istraživnog područja je da je vrhunac metamorfizma u jedinici Srpsko-makedonske mase dostignut za vreme variscijske epohe i da magmatizam opserviran u ovim jedinicama ima dugu paleozojsku evoluciju (Antić et al., 2016a). Ova istraživanja interpretiraju fazu ekshumacije mlađe donjokredne do starije gornjokredne starosti (približno 110-90 Ma), nakon koje su usledile naknadne faze lokalne ekshumacije, kao što je formiranje susednih eocenskih ekstenzionih strukturnih kompleksa (Antić et al., 2016b).

Jedinice unutrašnjih Karpata i njihov kontakt sa Dinaridima duž Sava suture bili su u području Panonskog basena izloženi miocenskoj izalučnoj ekstenziji usled regresivnog povlačenja karpatske subdukovane ploče (npr. Horváth et al., 2015). Uticaj regresivnog povlačenja dinaridske subdukovane ploče bio je uključen pri formiranju jugoistočnog dela ovog basena, koji obuhvata i Moravski rov (Matenco i Radivojević, 2012). Sava zona i drugi navlačni kontakti su bili reaktivirani formiranjem ekstenzionih detačmenta, kojima je ekshumirana prethodno subdukovana distalna margina Adrije, pri čemu je vrhunac deformacija dostignut pre oko 15-14 Ma (Schefer et al., 2011; Stojadinović et al., 2013; Ustaszewski et al., 2010). Iako slabo dokumentovana u Moravskom rovu (Slika 6-6), ekstenzija u blizini kontakta između Karpata i Dinarida počela je ranije (manje od 29 Ma), a završila se kasnije (oko 8 Ma), u poređenju sa ostalim područjima Panonskog basena (Matenco i Radivojević, 2012; Toljić et al., 2013; Balázs et al., 2016).

6.4. Navlačna struktura i sklop jastrebačke dome

Celokupna geometrija Jastrepca ima oblik dome, koja je izgrađena od dve tektonske jedinice: Moravske i Jastrebačke jedinice. Jastrebačka jedinica je podeljena u dve lokalne subjedinice: Boljevačko-vukanjsku i Lomničku subjedinicu (Slika 6-7, Marović

et al., 2007). Sve ove jedinice razdvojene su zonama smicanja (MJ i BVL kontakti na Slika 6-7). Moravska jedinica je deo mnogo krupnije jedinice Srpsko-makedonske mase. U njegovom istočnom delu, Jastrebac pruža retku priliku za istraživanje kontakta između Srpsko-makedonske mase i Supraetikuma, koji je inače u Srbiji uglavnom prekriven miocenskim sedimentima (Slika 6-7). U zapadnom delu, Moravska jedinica je strukturno pokrivena Istočnom Vardarskom ofiolitskom jedinicom i njenim pokrovom, koji je predstavljen krednim, pretežno klastičnim sekvencama. Ofioliti i njihove pokrovne sekvence su ka zapadu navučeni preko najmlađih gornjokrednih sinkinematskih turbidita Sava zone (Slika 6-6, Slika 6-7; pogledati Schmid et al., 2008).

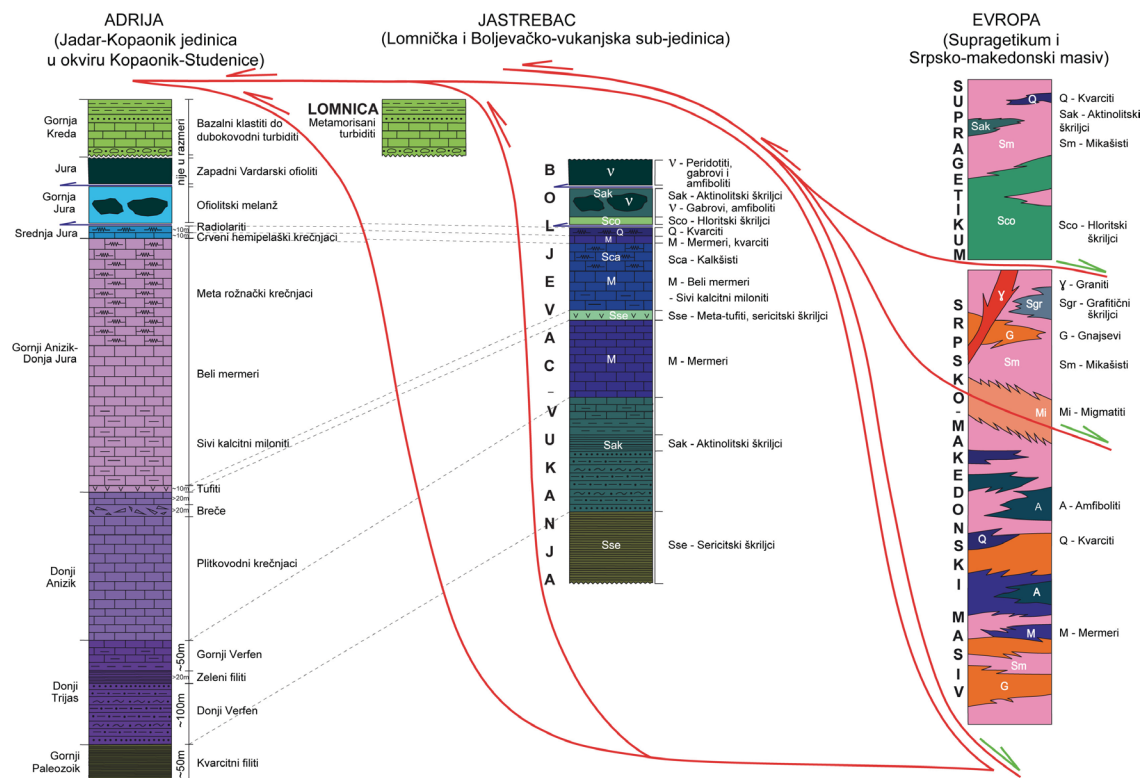
6.4.1. Gornja metamorfna jedinica

Moravska jedinica je predstavljena asocijacijom visokometamorfisanih stena, pretežno amfibolitske facije, koje su lokalno pretrpele retrogradni metamorfizam u uslovima facije zelenih škriljaca (Grubić, 1999; Marović et al., 2007). Ove stene predstavljene su gnajsevima i mikašistima različitog sastava (granatskim mikašistima do dominantno plagioklas-kvarcnim) i migmatitima koji sadrže česte interkalacije kvarcita, amfibolita, kvarc-grafitičnih i grafitičnih škriljaca i mermera (Slika 6-8). Celokupna sekvenca je lokalno intrudovana granitskim telima različitih razmera i sastava, koja su pokrivena mezozojskim tvorevinama.

Moravska jedinica na zapadnoj strani planine Jastrebac izgrađena je pretežno od mikašista, dok gnajsevi, migmatiti i magmatske intruzije dominiraju u njenom istočnom delu (Slika 6-7). Duž istočnog krila, finozični gnajsevi sa interkalacijama amfibolita rasprostranjeni su na prostoru istočno od kontakta sa Boljevačko-vukanjskom jedinicom sve do Vukanjskog raseda (između MJ i VF kontakta, Slika 6-7). Istočno od Vukanjskog raseda, migmatiti ka istoku postepeno prelaze u gnajseve, mikašiste i granitske intruzije. Starosti metamorfizma i protolita u ovim visoko-metamorfisanim sekvencama iz područja jastrebačkih planina nisu poznate, ali su na osnovu korelacije sa krupnijom jedinicom Srpsko-makedonske mase uključene u Paleozoik (npr. Grubić, 1999).

Moravska jedinica prošla je kroz kompleksnu višefaznu deformacionu istoriju, koja uključuje faze nabiranja μ -cm razmera, naknadno prenatranih u cilindrične nabore većih razmera orijentisanih u pravcu SSZ-JJI (Grubić, 1999; Marović et al., 2007).

Ova istraživanja interpretiraju Vukanjski rased (Slika 6-7) kao levu transkurentnu zonu smicanja povezanu sa transtenzionom ekshumacijom planine. Na istočnom kraju Jastrepcu, jedinica Supragetikuma je otkrivena u strukturnom kontaktu sa gnajsevima i mikašistima Moravske jedinice (Slika 6-7, Krautner i Krstić, 2002). Jedinica Supragetikuma sadrži metamorfne stene nižeg stepena metamorfizma, koje su pretežno predstavljene hloritskim škriljcima i mikašistima, sa interkalacijama kvarcita, aktinolitskih škriljaca, amfibolita i amfibolitskih gnajseva (Slika 6-8).



Slika 6-8: Tektonski i litostratigrafski stubovi sa korelacijom između metamornih jedinica Jadar-Kopaonik jedinice (levo) iz podine Studeničkog i Kopaoničkog detačmenta (Schefer et al., 2011; Schefer et al., 2010), metamornih jedinica Jastrepcu (u centru) i stena Moravske jedinice (desno) u oblasti planine Jastrebač (modifikovano iz Marović et al., 2007). Celokupna korelacija prati dobijene rezultate pomoću tektonske šeme Schmid et al. (2008). Slična litostratigrafska i facijalna korelacija su takođe dostupne u drugim područjima Dinarida (npr. Toljić et al., 2013; van Gelder et al., 2015). Plave polustrelce raseda pokazuju gornjojursku-donjokrednu obdukciju, dok je naknadna kontrakcija obeležena crvenim, a ekstenzija zelenim strelicama (Erak et al., 2017).

6.4.2. Donja metamorfna jedinica

Strukturno pozicionirana u nižem položaju u odnosu na Moravsku jedinicu, Jastrebačka jedinica izgrađuje centar planine i razdvojena je tektonskim kontaktom na Donju Lomničku i Boljevačko-vukanjsku subjedinicu (BVL Slika 6-7, Marović et al., 2007). Donja Lomnička subjedinica predstavljena je sekvencom metasedimentnih stena

formiranih pretežno od grubozrnih turbiditnih protolita sa značajnim bočnim varijacijama, metamorfoisanim maksimalno do facije zelenih škriljaca (Pantić et al., 1969; Rakić et al., 1976). Ova sekvenca sadrži retke ostatke fosila kredno-paleogene starosti (Marović et al., 2007; Rakić et al., 1976). U centru Lomničke jedinice utisnut je pluton Ravnište (Slika 6-7), koji je predstavljen uglavnom granodioritom sa pratećim intruzijama izdanačkih razmera, kiselih dajkova i silova koji presecaju okolne metasedimente i dobro su razvijeni istočno i jugoistočno od glavne intruzije. Ovi sedimenti su u kontaktnoj zoni pretrpeli metasomatski rast minerala i porast stepena metamorfizma. Finalna faza magmatske aktivnosti je obeležena pojavama aplitskih i kvarcnih žica. Prema istorijskim podacima, starost intruzije dobijena termohronološkim datovanjem Rb-Sr metodom iznosi $37,3 \pm 5$ Ma (Červenjak et al., 1963; Grubić, 1999). Metasedimentna jedinica je svakako značajno deformisana tokom poslednje dve faze nabiranja, koje su u neposrednoj blizini i okolini dome bile praćene sa formiranjem klivaža aksijalne površi i nabora sa simetričnom orijentacijom (Grubić, 1999; Marović et al., 2007).

Strukturno viša Boljevačko-vukanjska subjedinica sadrži različite varijetete stena, koje su generalno metamorfisane u uslovima facije zelenih škriljaca, za razliku od stena Lomničke subjedinice (Slika 6-7 i Slika 6-8). Veći deo stena predstavljen je epidotskim, aktinolitskim, sericitskim i hloritskim škriljcima, kvarcitima, filitima, mermerima i kalkšistima koji sadrže velika tela amfibolita i peridotita (Slika 6-7). Amfibolite često karakteriše gabroidna tekstura. Prisustvo više sericitsko-kvarcitne zone na margini dome, a više aktinolitske zone u centru je generalno korišćeno za detaljniju podelu jedinica, iako je njihov prelaz postepen (Rakić et al., 1976; Krstić et al., 1980). Metamorfisani krečnjaci sadrže mezozojsku ili rano tercijarnu deformisanu faunu (Krstić et al., 1980). Tektonski afiniteti i starost protolita stena Boljevačko-vukanjske subjedinice su i dalje stvar diskusije. Starost protolita ovih stena je interpretirana kao paleozojska i mlađa (Rakić et al., 1976), ili delom gornjokredno-paleogena (Marović et al., 2007). Za ove stene se smatra da pripadaju Karpato-balkanidima (Krstić et al., 1980), tj. da su deo navlake Supragetikuma iz domena karpatskog navlačnog sistema (Grubić, 1999).

6.4.3. Ofioliti i sedimentni pokrov

Ofioliti koji su interpretirani kao deo Centralne Vardarske zone (prema Dimitrijević, 1997) ili Istočne Vardarske ofiolitske jedinice (prema Schmid et al., 2008) strukturno leže preko Moravske jedinice u krajnjim zapadnim delovima jastrebačkih planina (Slika 6-7 i Slika 6-8). Ofiolitski melanž je otkriven u uskoj izduženoj zoni ispod ofiolita i sačinjen je od blokova dunita i serpentinisanih harzburgita, dok su u neraščlanjenom ofiolitskom melanžu prisutni dijabazi (doleriti), jastučasti bazalti, pre-titonski radiolariti i dubokovodni šejlovi zajedno sa plitkovodnijim detritusom, kao što su karbonatni peščari i konglomerati (Rakić et al., 1972). U strukturno višoj poziciji, ofioliti su predstavljeni velikom izduženom zonom dijabaza, serpentinita i peridotita (Slika 6-7). Sekvenca koja počinje titonskim plitkovodnim krečnjacima i na koju se nastavljaju transgresivni berijasko-cenomanski klastično-karbonatni sedimenti („paraflis“ Dimitrijević i Dimitrijević 1987; Dimitrijević, 1997; Karamata, 2006), prekriva celokupnu ofiolitsku jedinicu duž zapadne padine Jastrepca. Gornjokredni konglomerati, plitkovodne naslage i turbiditi su bili taloženi transgresivno preko moravske podine duž zapadnog krila dome (Slika 6-7).

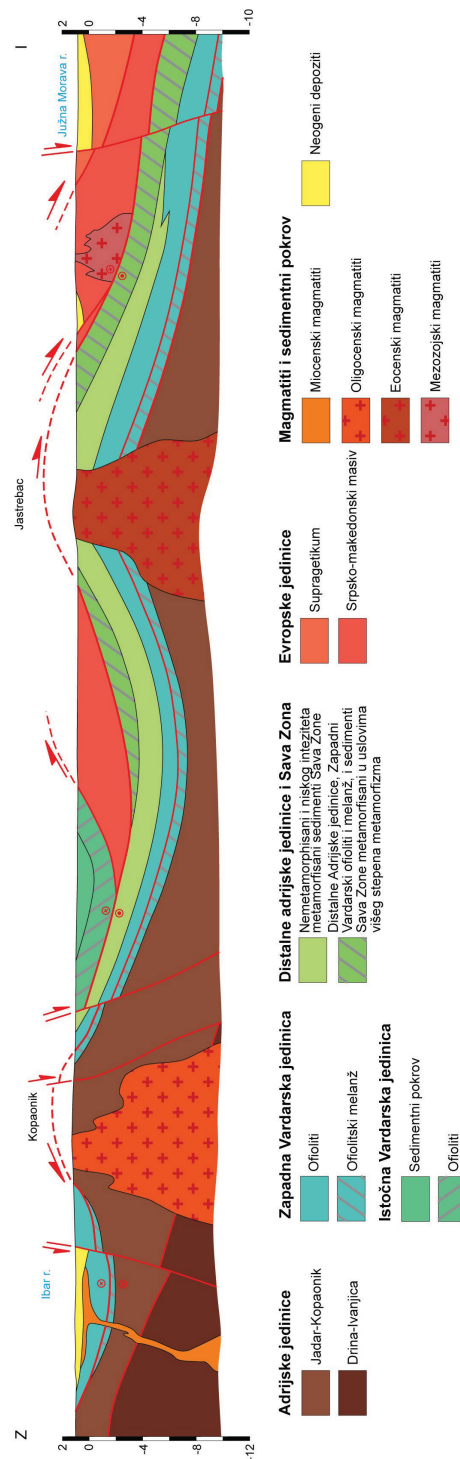
U najzapadnijem delu istraživanog područja, ofiolitska jedinica i sekvenca koja je deponovana preko nje, navučene su preko tipičnih najmlađih krednih sedimenata Sava zone (Slika 6-7, Slika 6-8). Ovi sedimenti se na istoku graniče sa strukturom Kopaonika (Slika 6-6b) i karakteriše ih pelaška i turbiditna sedimentacija sa periodičnim značajnim prinosom ofiolitskog detritusa koji obeležava zatvaranje Neotetisa i formiranje zone suture, koja je bila značajno reaktivirana tokom kasnijeg miocenskog ekstenzionog događaja (Schefer et al., 2010).

Neogeni sedimenti okružuju i njihovim gornjim delom transgresivno prekrivaju tektonske jedinice Jastrepca (Slika 6-7, Marovic et al., 2007). Ovi donjomiocenski do srednjomiocenski transgresivni sedimenti pokazuju kontinentalno aluvijalni (konglomeratični) karakter facija, sa postepenim prelazom u plitkovodno-jezerski i na kraju marinski tip sedimentacije. Prateći diskordanciju u blizini granice između srednjeg i gornjeg miocena, gornji deo sedimentacije je regresivan i postepeno se menja u jezersku i kontinentalnu gornjomiocensko-pliocensku sedimentaciju.

7. KORELACIJA JASTREBAČKE JEDINICE SA TEKTONO-STRATIGRAFSKIM JEDINICAMA U REGIONU

Metamorfisana sekvenca Jastrebačke jedinice (Slika 6-8) je slična drugim sekvencama ekshumirane distalne margine Adrije, zajedno sa ofiolitima i metamorfsanim sedimentima Sava zone koji leže preko nje. Najmlađi kredni (-donjopaleogeni?) metaturbiditi Lomničke jedinice koji su pretrpeli postepeni porast metasomatizma usled centralno utisnutog plutona Ravnište, mogu se korelisati sa dubokovodnim sinkontrakcionim turbiditima dubokomorskog rova i pelaškim sedimentima slične starosti, koji su rasprostranjeni u celokupnom domenu Sava zone, ako se uzme u obzir ulazak sadržaja suture u dublje delove subdukcione zone i njen metamorfizam u oblasti Jastrepca i naknadnu ekstenzionu ekshumaciju u jezgru velike dome (Slika 6-6c, Slika 8-18b, pogledati Schmid et al., 2008). Izdanci takvih sedimenata nalaze se na istočnom krilu Kopaonika (Slika 7-1), zapadno od Jastrepca, gde su opservirani više pelaški sedimenti sa interkalacijama ofiolitskog detritusa ("Scaglia Rossa" sa ofiolitskim detritusom prema Schmid et al., 2008; Schefer, 2010). Istoj starosti pripadaju metaturbiditi Lomničke jedinice, koji predstavljaju ekvivalente ovih sedimenata, taloženih u proksimalnijem području dubokomorskog rova, a preko kojih je izvršeno navlačenje Srpsko-makedonske mase.

Metamorfisani melanž koji se zapaža u Boljevačko-vukanjskoj jedinici očigledno je metamorfisani ekvivalent ofiolitskog melanža, koji je opserviran svugde ispod Zapadnih Vardarskih ofiolita (Slika 6-8). Ispod njega, metamorfna sekvenca je ekvivalent nemetamorfisane sedimentne sukcesije distalne adrijske jedinice koja ukazuje na postepeno produbljavanje tokom vremena, počevši od srednjeg Trijasa. Kalkšisti sa interkalacijama mermera do kvarcitnih sekvenci, koji su opservirani u Boljevačko-vukanjskoj jedinici su ključni u ovoj interpretaciji. U susednim oblastima Studeničkog i Kopaoničkog prozora (Slika 6-6) za slične kalkšiste (tj. Kopaonička formacija, metamorfisani dubokovodni krečnjaci i karbonatni turbiditi) je određena gornjotrijaska starost, a interpretirani su kao produkt povećanja dubine sedimentacije od plitkovodnih krečnjaka do dubokovodnih radiolarita, koji su prepoznati u njihovim protolitima (Schefer et al., 2010). Na većoj udaljenosti od istraživanog područja, slični kalkšisti Fruške Gore su interpretirani kao starije srednjotrijaski, ukazujući na raniji period povećanja dubine sedimentacije u prostoru distalnih domena basena pasivne margine.



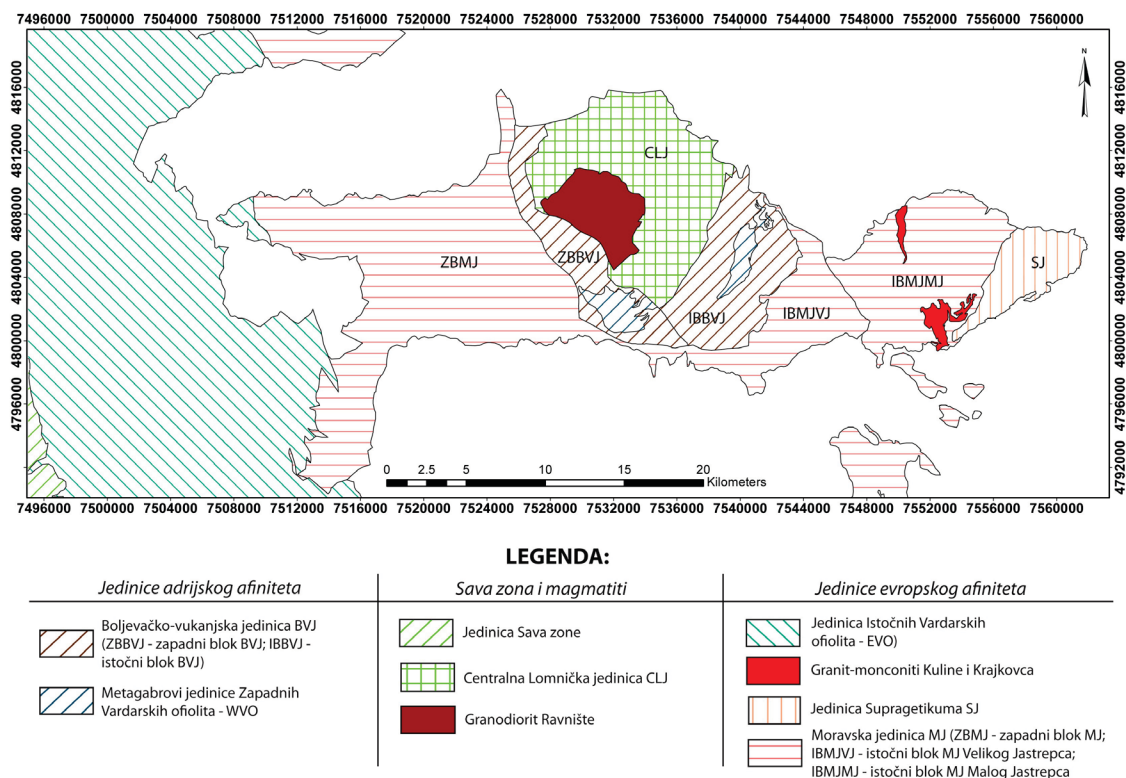
Slika 7-1: Regionalni tektonski profil koji prikazuje strukturu Kopaoničkog prozora (iz Schefer, 2010) kombinovanu sa strukturom jastrebačke dome kao rezultatom ovih istraživanja. Glavna ekstenzionna smicanja u Kopaoničkom prozoru su sa tektonskim pravcem transporta ka severu, a ekstenzija praćena tektonskim transportom po pravcu istok-zapad u istom području je sporedna. U jastrebačkoj domi glavna ekstenzionna smicanje je praćeno tektonskim transportom ka istoku, a efekti ekstenzionnih deformacija orijentisanih pravcem sever-jug ne mogu biti adekvatno objašnjeni i u svakom slučaju su minorni. Inklinacija sedimenata Sava suture je sa dubinom manja u poređenju sa interpretacijom na Slika 6-6c, na osnovu nižeg intenziteta ekshumacije dobijenog ovim istraživanjima u Lomničkoj jedinici (Erak et al., 2017).

Ovaj događaj usledio je nakon rano gornjoanizijskog kontinentalnog riftovanja i pratećeg magmatizma (Toljić et al., 2013, pogledati Pamic, 1984; Dimitrijević, 1997). Na osnovu date opservacije da je za razliku od dome Kopaonika (Slika 7-1), Boljevačko-vukanjska jedinica iz područja više distalnih delova adrijske pasivne kontinentalne margine, može se spekulirati da su kalkšisti u istraživanim područjima starije srednjotrijaske (ladinski kat) starosti (Slika 6-8). U ovoj hipotezi kvarciti, koji leže preko, mogli bi biti metamorfisani gornjotrijaski-srednjojurski radiolariti, dok mermeri i aktinolitski škriljci iz podine mogu predstavljati ekvivalente klastično-karbonatne sekvence donjo-srednjotrijaske starosti, koja sadrži vulkanite vezane za riftovanje (Slika 6-8). Takva spekulativna teorija u saglasnosti je sa različitim starostima riftovanja i termalnog sleganja duž adrijske pasivne kontinentalne margine, a koje su opservirane u području Dinarida (npr. Pamic et al., 1984; Missoni, 2012).

Izvan istraživanog područja, gornjokredni turbiditi Sava zone se nalaze u središnjem tektonskom položaju, gde su tektonski pokriveni jedinicama evropske margine (tj. Srpsko-makedonska masa / Moravska jedinica), a zajedno navučeni ili drugačije leže preko pasivne margine Adrije (tj. Jadar-Kopaonik jedinica u neposrednoj oblasti istraživanog područja, Slika 6-6b). U istraživanom području, metamorfisani ekvivalenti ovih turbidita Lomničke jedinice su u najnižoj tektonskoj poziciji, ispod metamorfisanih adrijskih ekvivalenata Boljevačko-vukanjske jedinice. Ovo je u vezi sa sekvencom navlačenja kojima su visoko metamorfisane stene Boljevačko-vukanjske jedinice uvučene u dublje nivoe litosfere u odnosu na Lomničku jedinicu. Njihov navlačni kontakt (BVL na Slika 8-18) je očigledno posledica navlačenja tipa "out of sequence", tokom gornjokredno-eocenskih kontrakcija.

8. TEKTONSKI SKLOP I STRUKTURNA SVOJSTVA PODRUČJA JASTREPCA

Istraživani teren Jastrepcu izgrađen je od visokometamorfisanih, niskometamorfisanih i kontaktno promjenjenih stena sa plutonima intrudovanim unutar njih. Korelacijom metamorfisanih stena sa njihovim nemetamorfisanim ekvivalentima iz neposredne okoline određeni su paleogeografski afiniteti tektono-stratigrafskih jedinica na Jastrepcu. U sklop područja Jastrepcu ulaze tri krupne strukturno-tektonske jedinice: Moravska, Jastrebačka i jedinica Supragetikuma. Utvrđeni su različiti afiniteti ovih krupnih jedinica, tj. Lomnička jedinica izgrađena je od Lomničke subjedinice koja predstavlja sadržaje Sava zone i Boljevačko-vukanjske subjedinice adrijskog afiniteta (videti poglavlje 7), dok su Moravska jedinica (videti potpoglavlje 6.4) i jedinica Supragetikuma iz domena evropske ploče (Slika 8-1). Ove krupne strukturno-tektonske jedinice se u području Jastrepcu karakterišu različitim strukturno-tektonskim sadržajima i višefaznom deformacionom evolucijom.



Slika 8-1: Prikaz krupnih strukturno-tektonskih jedinica šireg područja Jastrepcu sa izdvojenim i označenim manjim homogenim celinama u okviru istraživanog područja.

Interna tektonska struktura ofiolita, ofiolitskog melanža i njihovog sedimentnog pokrova, kao dela Istočno Vardarskih ofiolita (EVO na Slika 8-1), nije bila u fokusu terenskih strukturoloških proučavanja, pa ovde neće biti detaljnije prikazana. Postojeći podaci (Rakić et al., 1976) upućuju da su sedimenti ubrani u nabore sa osama pružanja pravcem SSZ-JJI, a da su interni odnosi usloženi kretanjima po rasedima istog pravca pružanja.

8.1. Strukturne karakteristike tektono-stratigrafskih homogenih celina

Uzimajući u obzir da su ove krupne jedinice tektonskim kontaktima podeljene na blokove (videti potpoglavlje 6.4) i da Jastrebac predstavlja domu sa pružanjem istok-zapad, izdvojene su manje strukturno homogene celine: zapadni blok Moravske strukturne jedinice, zapadni blok Boljevačko-vukanjske strukturne jedinice, centralna Lomnička strukturna jedinica, istočni blok Boljevačko-vukanjske strukturne jedinice, istočni blok Moravske strukturne jedinice Velikog Jastrepcia, istočni blok Moravske strukturne jedinice Malog Jastrepcia i strukturna jedinica Supragetikuma (Slika 8-1).

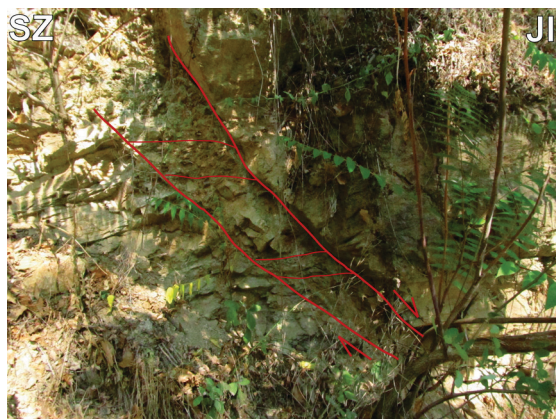
Proučavanje elemenata sklopa i njihovih međusobnih prostornih odnosa izvedeno je kroz više faza, što je omogućilo dobijanje relevantnih podataka za definisanje vremenskih odnosa deformacija. U terenskoj fazi prikupljeni su podaci u području izdanaka. U okviru strukturno homogenih celina razmatrani su sledeći elementi sklopa: folijacija, nabori, rasedi i pukotine. Folijacija je dobro izražena u metamorfnim stenama Jastrepcia i biće detaljno prikazana u okviru svake homogene celine. U terenskim uslovima zapažene su morfološki različite vrste nabora, koji će biti detaljno diskutovani u okviru zasebnih strukturno homogenih celina. Rasedi su čest element tektonskog sklopa Jastrepcia. Konstatovano je prisustvo svih kinematskih tipova raseda, kao i značajnih rasednih zona, po kojima je izvedena finalna ekshumacija magmatogeno-metamorfno jezgra Jastrepcia. Podaci o pružanju raseda su prikupljeni u relativno malom broju i biće statistički obrađeni u okviru celokupnog područja jastrebačke dome. Pukotine se koncentrišu u više sistema i najčešće su razvijeni klizni tipovi pukotina, koje su pretežno vezane za zone većih raseda, dok su tenzione pukotine najčešće otvorene i nezapunjene rupturi. Analiza pukotina urađena je integralno sa rasedima za celokupno područje jastrebačke dome.

8.1.1. Rupturni sklop jastrebačke dome

Rupturne strukture u području Jastrepc predstavljene su rasedima i pukotinama različitih kinematskih tipova. Vreme njihove geneze i aktivnosti ukazuje na više deformacionih faza, što se može zaključiti na osnovu superpozicije i međusobnih odnosa ovih struktura. Ovi odnosi su dodatno iskomplikovani reaktivacijom i inverzijom starijih ruptura pri naknadnim deoformacionim događajima, kao i čestog rotiranja i raskidanja struktura različitih generacija, pri čemu su ove zadobile drugačiju orijentaciju ili su potpuno uništene. Različite generacije raseda su analizirane u okviru izdvojenih deformacionih faza (videti Poglavlje 8.2). Tokom terenskih opservacija razlomnih struktura konstatovani su različiti kinematski tipovi, kao što su normalni (Fotografija 8-1, Fotografija 8-2) i reversni rasedi (Fotografija 8-3 i Fotografija 8-4).



Fotografija 8-1: Rasedna površ podinskog bloka levog gravitacionog raseda opserviranog u aktinolitiskim škriljcima severno od Anateme.



Fotografija 8-2: Rasedna zona sa gravitacionim kretanjem u gnajsevima Čukurovca.

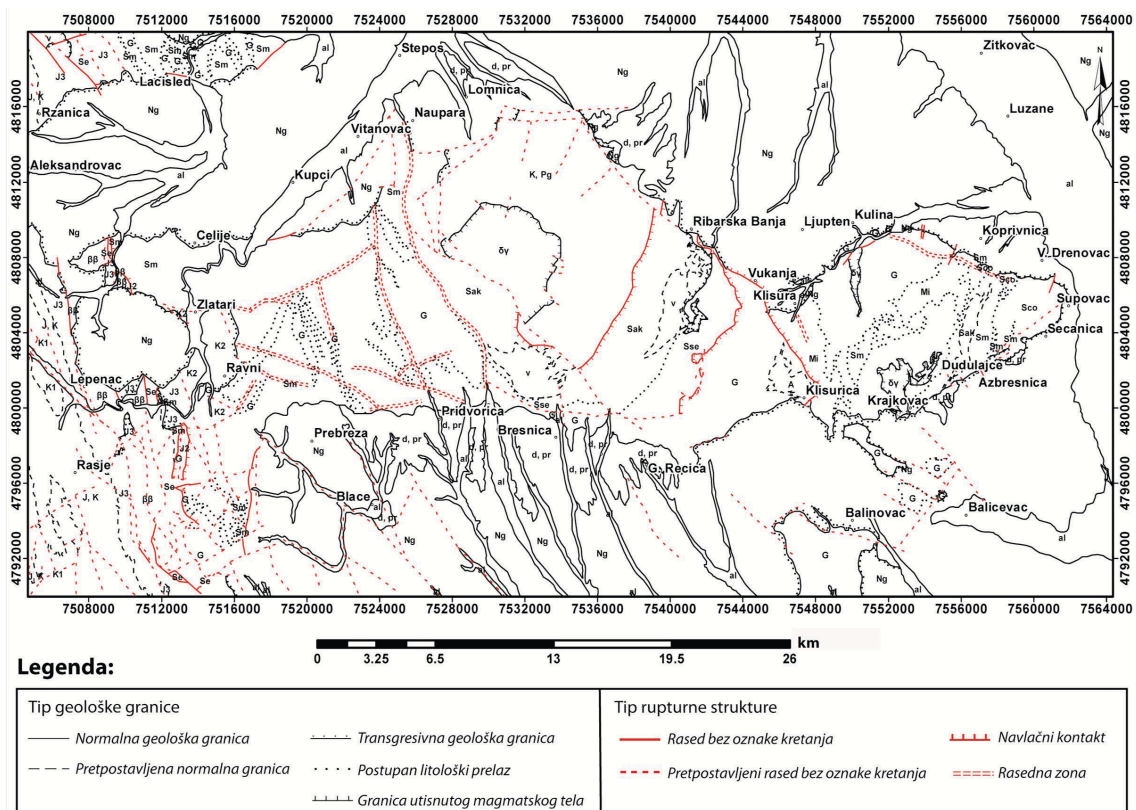


Fotografija 8-3: Rasedno ogledalo povlatnog bloka sa a- i b-lineacijom koje ukazuju na levo reversno kretanje po rasedu u neposrednoj blizini kontakta metaturbidita i granodiorita Ravnište, u jugozapadnim delovima njegovog rasprostranjenja.



Fotografija 8-4: Reversan rased opserviran u neposrednoj blizini navlačnog kontakta metasedimenata Lomničke jedinice i aktinolitiskih škriljaca Boljevačko-vukanjske jedinice u dolini Srndaljske reke.

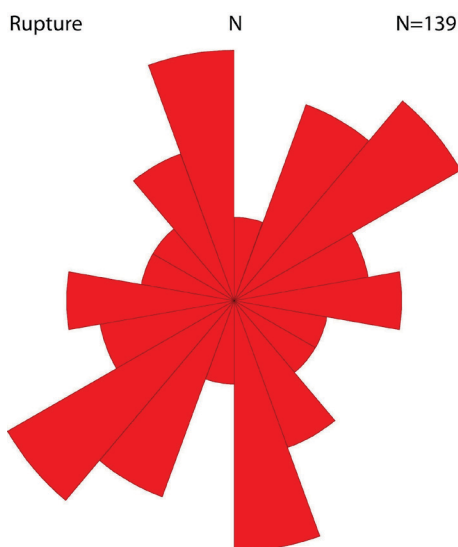
Na Jastrepcu dominiraju krupne dislokacije sa generalnim pružanjem severozapad-jugoistok do severoistok-jugozapad, po kojima se različite tektono-stratigrafske jedinice nalaze u tektonskom odnosu. Uzimajući u obzir da se jastrebačka doma generalno pruža pravcem istok-zapad, ovim markantnim dislokacijama je podeljena na manje homogene celine. Na zapadnoj padini Jastrepcu rupture se pretežno pružaju u pravcu SSZ-JJI (Slika 8-2), što je u saglasnosti sa pružanjem najmarkantnije strukture u tom području na kontaktu između istočnog bloka Moravske jedinice i istočnog bloka Boljevačko-vukanjske jedinice. Među homogenim blokovima na istočnim padinama Jastrepcu preovlađuju tektonske kontaktne zone sa pravcem pružanja severoistok-jugozapad, osim u području između istočnog bloka Moravske jedinice i zapadnog bloka Moravske jedinice Malog Jastrepcu koje razdvaja Vukanjski rased (Slika 8-2), a koji kao najmarkantnija struktura u ovom području predstavlja detačment sa pravcem pružanja severozapad-jugoistok po kojem su izvedena kretanja velikih iznosa sa ekshumacijom beizmenta.



Slika 8-2: Prikaz markantnih rupturnih dislokacija u području jastrebačke dome na osnovu kombinovanih terenski prikupljenih i podataka OGK (listovi Kruševac (Rakić et al., 1976), Niš (Rakić et al., 1973), Aleksinac (Krstić et al., 1980) i Kuršumlija (Malešević et al., 1980)).

Inače, ove krupne dislokacije predstavljaju navlačne kontakte gornjokredno-paleogene starosti, koji su tokom miocenske ekstenzije bili reaktivirani i po kojima je izvršena ekshumacija magmatogeno-metamorfnog jezgra jastrebačke dome (pogledati diskusiju u poglavlju 10).

Usled skromnog broja prikupljenih kinematskih indikatora, izvedena je integralna statistička analiza pružanja raseda i pratećih pukotina smicanja iz sistema krupnijih rupturnih dislokacija opserviranih u celokupnom području rasprostranjenja jastrebačke dome. Podaci o položaju rupturnih elemenata sklopa su statistički analizirani i prikazani na rozeti (Slika 8-3), gde se izdvajaju dva dominantna pravca pružanja. Dominantni pravac pružanja pukotina severoistok-jugozapad se poklapa sa generalnim trendom orijentacije opserviranih raseda i tektonskih kontakata sa pratećim rasedima iz ovih sistema u istočnom delu jastrebačke dome (Slika 8-1, Slika 8-2, Prilog 1). Drugi markantan pravac pružanja SSZ-JJI saglasan je sa orijentacijom glavnog tektonskog kontakta između Moravske i Boljevačko-vukanjske jedinice na zapadnim i sa opštim trendom pružanja Vukanjskog raseda na istočnim padinama Jastrepcā (Slika 8-18, Prilog 1), kao i sa pružanjem opserviranih raseda iz ovih sistema. Na rozeti (Slika 8-2) je primetno rasipanje podataka koje je posledica višefazne evolucije ovog područja sa čestim reaktiviranjem, rotiranjem starijih raseda tokom mlađih faza. Manje izražen pravac pružanja istok-zapad je saglasan sa pružanjem jastrebačke strukture i prisutan je u sistemu krupnih dislokacija koje su razvijene u severnim i južnim obodnim područjima dome (Slika 8-2, Prilog 1).



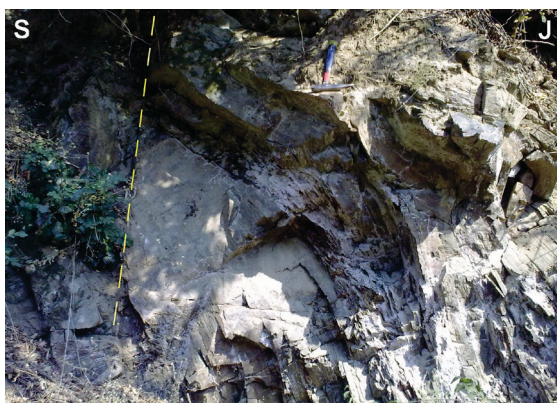
Slika 8-3: Rozeta orijentacije ruptura opserviranih u području Jastrepcā.

8.1.2. Strukturni sklop zapadnog bloka Moravske jedinice

Zapadno krilo planine Jastrepc izgrađeno je od visokometamorfisanih stena Moravske jedinice (Slika 8-1), koja u širem smislu pripada Srpsko-makedonskoj masi (videti potpoglavlje 6.4). Stene ove jedinice se na istoku nalaze u tektonskom kontaktu sa niskometamorfisanim stenama Boljevačko-vukanjske jedinice, a na zapadu sa mezozojskim ofiolitima i sedimentima (Prilog 1). Visokokristalaste tvorevine su pretrpele aktivna paleozojska oblikovanja i metamorfizam, a prenabrane su tokom alpskih faza. Alpske deformacije su dovele do prenabiranja i raskidanja starijih struktura, pri čemu su one potpuno uništene ili drugačije orijentisane.

Merena folijacija u okviru ove homogene celine je statistički obrađena i prikazana na konturnom dijagramu (Slika 8-4), gde se polovi ravni folijacije koncentrišu u jedan široki rasplinuti π -pojas, koji ukazuje na više generacija nabora. Na dijagramu se jasno mogu izdvojiti naborne strukture sa strukturnim karakteristikama opserviranih uspravnih nabora (Fotografija 8-5). Maksimum u severozapadnom polju predstavlja jugoistočno krilo sa vrlo strmim padnim uglom, dok maksimum u jugoistočnom polju ukazuje na severozapadno krilo sa takođe strmim padnim uglom. Ose ovih nabornih struktura tonu ka severoistoku.

Terenskim istraživanjima su opservirani nabori različitih geometrija, kao što su simetrični uspravni nabori (Fotografija 8-5), izoklini nabori (Fotografija 8-27), nabori sa subhorizontalnim aksijalnim ravnima (Fotografija 8-44) i asimetrični nabori sa zapadnom vergencom (Fotografija 8-6).

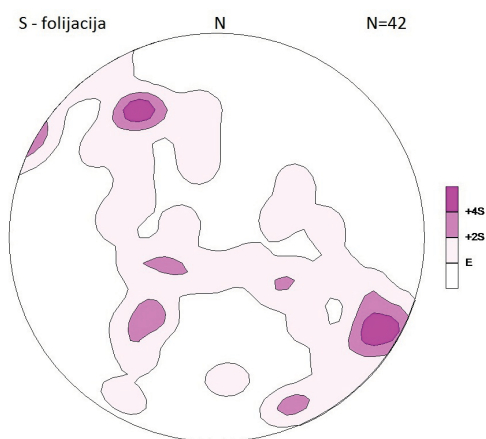


Fotografija 8-5: Jugoistočno krilo uspravnog nabora sa aksijalnim klivažom (žuta isprekidana linija) u gnajsevima severno od sela Pridvorice.

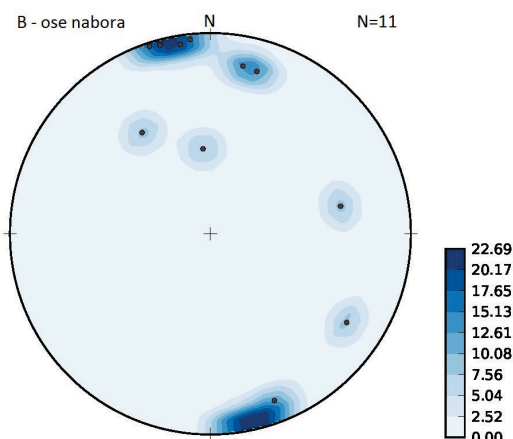


Fotografija 8-6: Asimetrični nabori sa zapadnom vergencama u mikašistima u području Jankove Klisure.

Prikupljeni podaci o prostornom položaju osa opserviranih nabora u ovom području su statistički analizirani i prikazani na konturnom dijagramu (Slika 8-5). Ose nabornih struktura grade maksimume u severnom i južnom polju, koji oslikavaju nabore pružanja sever-jug sa vergencom ka zapadu i osama koje blago tonu ka severu i jugu, što se generalno poklapa sa karakteristikama opserviranih asimetričnih nabora (Fotografija 8-6). Takođe, pružanje osa nabora pravcem sever-jug karakteriše i krupnije naborne strukture u ovoj oblasti (Prilog 1). Polovi osa nabora u severnom kvadrantu reprezentuju ose nabora sa uspravnim aksijalnim površima (Fotografija 8-5).



Slika 8-4: Konturni dijagram folijacije merene u području zapadnog dela Moravske jedinice.



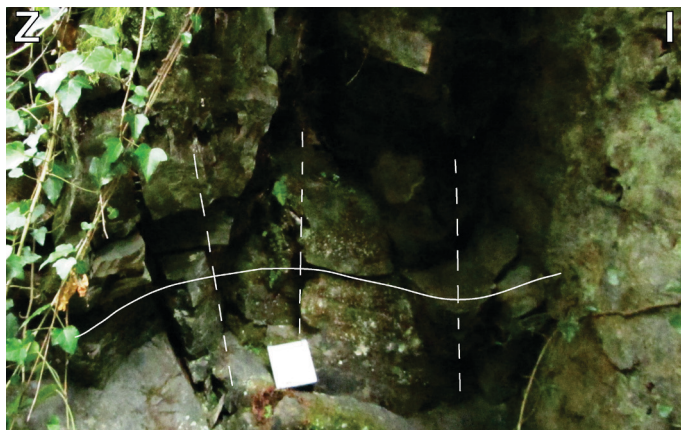
Slika 8-5: Konturni dijagram osa nabora merenih u području zapadnog dela Moravske jedinice.

8.1.3. Strukturni sklop zapadnog bloka Boljevačko-vukanjske jedinice

Niskometamorfisane stene Boljevačko-vukanjske jedinice izgrađuju šire područje jezgra jastrebačke dome. U području Velikog Jastrepcu ova jedinica je na istoku u tektonskom kontaktu sa granodioritom Ravnište i kredno-paleogenim metasedimentima Lomničke jedinice, dok je na zapadu u tektonskom kontaktu sa stenama Moravske jedinice (Slika 8-1). Ove stene su pretrpele metamorfizam u faciji zelenih škriljaca, a korelacijom sa njihovim nemetamorfisanim ekvivalentima utvrđeno je da su adrijskog afiniteta (videti poglavlje 7). Počev od starijeg mezozoika i kroz period kenozoika pretrpele su složene tektonske procese i višefazna strukturna preoblikovanja.

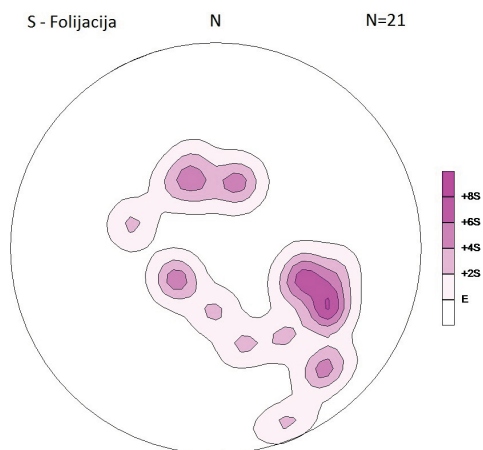
Podaci o folijaciji izmereni na terenu u ovom homogenom području su statistički analizirani, pri čemu je konstruisan konturni dijagram folijacije (Slika 8-6). Na dijagramu polovi ravni folijacije formiraju jedan široki rasplinuti π -pojas, koji ukazuje na više generacija nabora sa različitim geometrijskim i strukturnim karakteristikama. Na dijagramu su najbolje izražene naborne strukture koje po strukturnim karakteristikama

odgovaraju opserviranim uspravnim naborima (Fotografija 8-7). Jasno izražen maksimum u jugoistočnom polju dijagrama markira severozapadno, dok je drugo južno krilo ovih nabora predstavljeno submaksimumima u severnom delu dijagrama. Ove naborne strukture karakteriše osa koja tone ka zapadu.

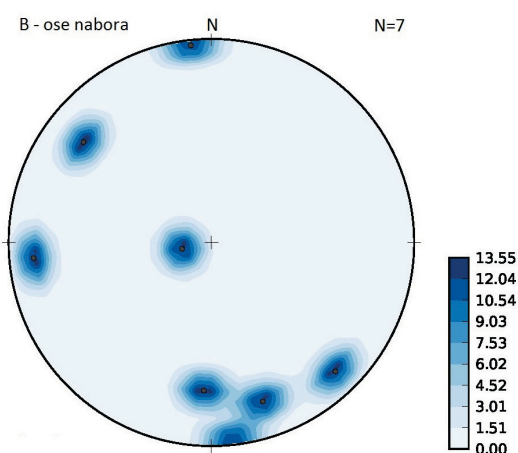


Fotografija 8-7: Uspravni nabori u aktinolitiskim škriljcima iz doline Velike Reke.

Na terenu je konstatovano prisustvo više tipova nabornih struktura nastalih pri različitim deformacionim fazama. U ovom delu terena su opservirani asimetrični nabori sa zapadnom vergencom, nabori sa subhorizontalnim aksijalnim ravnima (Fotografija 8-42) i simetrični uspravni nabori (Fotografija 8-7, Fotografija 8-37).



Slika 8-6: Konturni dijagram folijacije merene u zapadnom delu Boljevačko-vulkanjske jedinice.



Slika 8-7: Konturni dijagram osa nabora merenih u zapadnom delu Boljevačko-vulkanjske jedinice.

Terenski izmereni elementi prostornog položaja osa opserviranih nabora u ovom području su statistički analizirani i prikazani na konturnom dijagramu (Slika 8-7), gde do izražaja dolaze maksimumi grupisani u južnom polju, koji sa submaksimumom u severnom polju ukazuju na nabore pravca pružanja sever-jug sa blagom vergencom ka

zapadu i osama koje blago tonu ka jugu i podređeno ka severu, što se generalno poklapa sa pružanjem opserviranih asimetričnih nabora. Grupisani polovi osa nabora u severozapadnom kvadrantu oslikavaju ose uspravnih nabora (Fotografija 8-7), koji su na konturnom dijagramu folijacije markirani maksimumima polova ravni folijacije (Slika 8-6), koje u ovom području blago tonu ka zapadu.

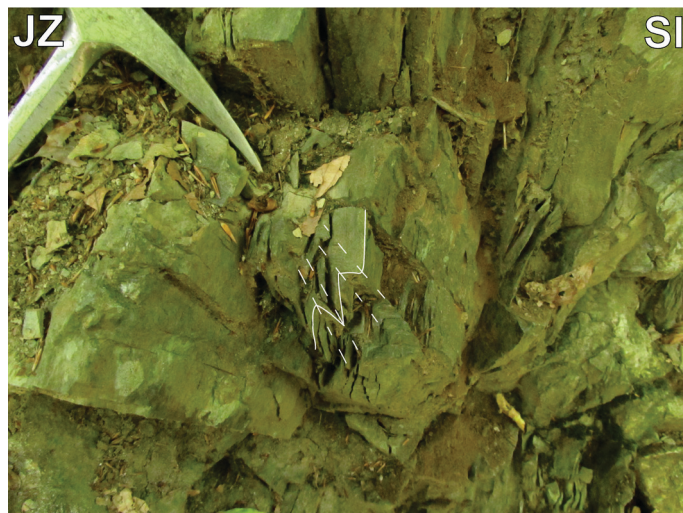
8.1.4. Strukturni sklop centralne Lomničke jedinice

Ovu jedinicu izgrađuju kredno-paleogeni sedimenti u koje je intrudovan granodioritski pluton (Slika 8-1). Sedimenti okružuju centralno utisnuti pluton Ravnište pod čijim uticajem su kontaktno-termalno promenjeni, osim u jugozapadnom delu rasprostranjenja gde se nalaze u tektonskom kontaktu prema aktinolitskim škriljcima Boljevačko-vukanjske jedinice.

Korelacijom je utvrđeno da predstavljaju slabo metamorfisane ekvivalente turbidita Sava Zone gornjokredno-paleogene starosti (videti poglavlje 7). Njihov sadašnji strukturni položaj u okviru niskometamornog jezgra jastrebačke dome ukazuje na kompleksnu i višefaznu deformacionu istoriju.

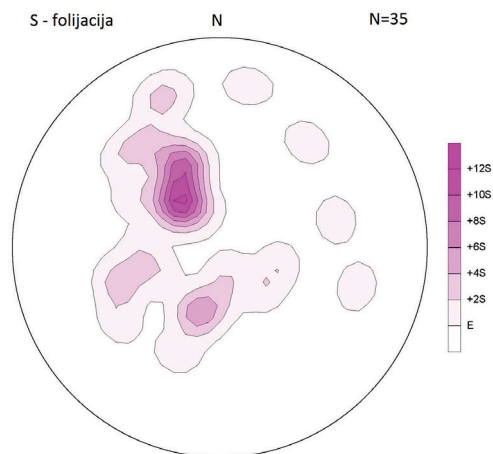
Folijacija merena u ovoj homogenoj jedinici je statistički prikazana na konturnom dijagramu (Slika 8-8). Planare su markirane populacijom polova u poljima blizu centra dijagrama i čine rasplinuti π -pojas sa maksimumom u sever-severozapadnom kvadrantu, što se može tumačiti kao raspored planarnih slojnih površina izrazito monoklinog generalno blagog pada ka jugoistoku. Dva submaksimuma u severoistočnom kvadrantu odgovaraju formnim elementima opserviranih asimetričnih nabora sa zapadnim vergencama. Generalno, rasipanje polova u poljima blizu i oko centra dijagrama odražava geometriju dome sa bolje izraženim istočnim krilom što je u saglasnosti sa blagim padovima folijacije od plutona, osim na zapadu i jugozapadu.

Terenski su prikupljeni podaci o elementima različitih tipova nabora. Opservirani su asimetrični nabori sa zapadnom vergencom, simetrični uspravni nabori, izoklini nabori (Fotografija 8-26) i ševron nabori (Fotografija 8-8) koji su tipični za turbidite sa smenom visoko kompetentnih peščara i nisko kompetentnih šejlova.

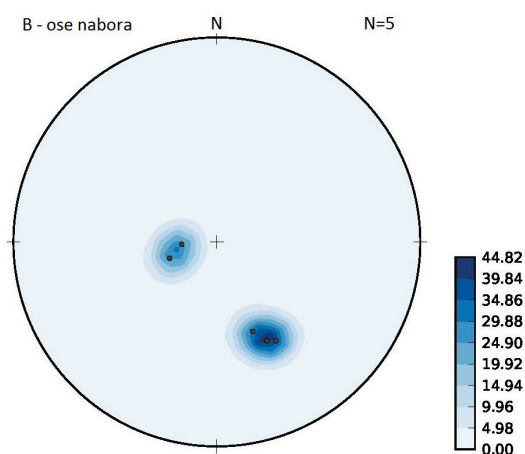


Fotografija 8-8: Ševron nabori u kontaktnom području metaturbidita i granodiorita Ravnište u njegovom jugozapadnom delu rasprostranjenja.

Na konturnom dijagramu (Slika 8-9) statistički su prikazani podaci izmerenih osa opserviranih nabora. Na dijagramu do izražaja dolaze maksimumi grupisani u jugoistočnom kvadrantu, koji ukazuju na nabore sa osama pravca pružanja severozapad-jugoistok, koje blago tonu ka jugoistoku, što se poklapa sa pružanjem opserviranih simetričnih uspravnih nabora, dok grupisanje polova osa nabora blizu centra u zapadnom polju oslikavaju ose opserviranih ševron nabora (Fotografija 8-8), koje u ovom području strmo tonu ka zapadu.



Slika 8-8: Konturni dijagram folijacije merene u području Lomničke jedinice.



Slika 8-9: Konturni dijagram osa nabora merenih u području Lomničke jedinice.

8.1.5. Strukturni sklop istočnog bloka Boljevačko-vukanjske jedinice

Boljevačko-vukanjska strukturna jedinica, pozicionirana između Lomničke jedinice na zapadu i istočnog dela Moravske jedinice na istoku, prostorno zauzima istočne delove

Velikog Jastrepc (Slika 8-1). Izgrađena je od različitih tipova slabo metamorfisanih stena. Analogno stenama istočnog bloka Boljevačko-vulkanjske jedinice, stene ove jedinice metamorfisane u faciji zelenih škriljaca su iz adrijskog domena (videti poglavlje 7) i karakteriše ih kompleksna i višefazna deformaciona evolucija od starijeg mezozoika i kroz period kenozoika.

Mereni elementi folijacije su statistički analizirani i prikazani na konturnom dijagramu (Slika 8-10). Planare su markirane populacijom polova u poljima blizu centra dijagrama i čine rasplinuti π -pojas, gde se zapaža velika sličnost sa rasporedom maksimuma i submaksimuma na dijagramu polova ravni folijacije opserviranih u centralnoj Lomničkoj jedinici (Slika 8-8). Maksimalna koncentracija polova folijacije obrazuje maksimum u okviru severozapadnog kvadranta, što se može tumačiti kao raspored planarnih površina folijacije izrazito monoklinog blagog pada ka jug-jugoistoku. Dva submaksimuma u severoistočnom kvadrantu odgovaraju folijacijama koje su ubrane u asimetrične nabore sa zapadnim vergencama.

Tokom terenskih opservacija, prikupljeni su podaci koji upućuju na nekoliko generacija geometrijski različitih nabornih struktura. Prepoznati su nabori sa subhorizontalnim aksijalnim ravnima (Fotografija 8-9, Fotografija 8-43), asimetrični nabori sa zapadnom vergencom (Fotografija 8-10, Fotografija 8-29) i simetrični uspravni nabori.



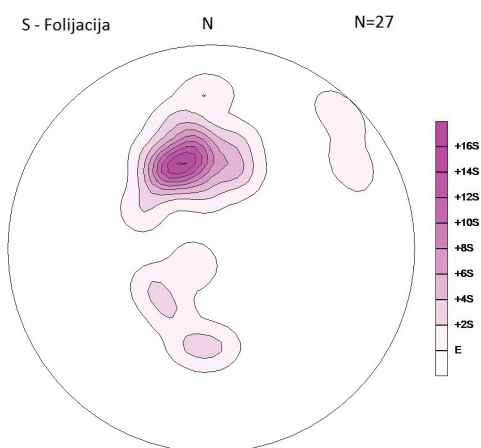
Fotografija 8-9: Nabori sa subhorizontalnim aksijalnim ravnima osmatrani u aktinolitiskim škriljcima u području Boljevca.



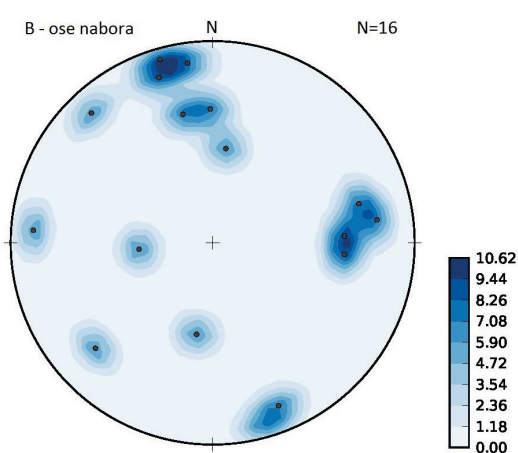
Fotografija 8-10: Asimetrični nabori sa zapadnim vergencama opservirani u aktinolitiskim škriljcima iz neposredne okoline Ribarske banje.

Podaci izmerenih osa opserviranih nabora su statistički obrađeni na konturnom dijagramu (Slika 8-11), gde se može prepoznati više različitih generacija nabora. Maksimumi grupisani u istočnom polju dolaze do izražaja i oslikavaju ose opserviranih

nabora sa subhorizontalnim aksijalnim ravnima (Fotografija 8-9). Grupisanje polova osa nabora sa maksimumom u severozapadnom kvadrantu i submaksimumom u južnom polju ukazuje na nabore pravca pružanja sever-jug i osama koje blago tonu ka severu i ređe ka jugu, što se generalno poklapa sa pružanjem opserviranih simetričnih uspravnih nabora. Rasipanje polova osa nabora u severozapadnom i jugozapadnom kvadrantu odgovara opserviranim asimetričnim naborima sa zapadnim vergencama (Fotografija 8-10).



Slika 8-10: Konturni dijagram folijacije merene u području istočnog dela Boljevačko-vukanjske jedinice.



Slika 8-11: Konturni dijagram osa nabora merenih u području istočnog dela Boljevačko-vukanjske jedinice.

8.1.6. Strukturni sklop istočnog bloka Moravske jedinice Velikog Jastrepcu

Ova strukturno-tektonska homogena celina prikazana je na skici (Slika 8-1), gde zauzima prostor u području između istočnog bloka Boljevačko-vukanjske jedinice na zapadu i Vukanjskog raseda na istoku. Predstavlja deo krupnije jedinice Srpsko-makedonske mase (videti poglavlje 6.4) i izgrađena je od različitih tipova visokometamorfisanih stena. Stene ove homogene celine su pretrpele metamorfizam, aktivna paleozojska oblikovanja i preoblikovanja, a prenabrane su tokom alpskih faza, kada su starije strukture potpuno uništene ili drugačije orijentisane usled njihovog rotiranja, raskidanja i prenabiranja.

Polovi ravni izmerene folijacije se na konturnom dijagramu (Slika 8-12) koncentrišu u jedan široki rasplinuti π -pojas, koji ukazuje na više generacija nabora sa različitim geometrijskim i strukturnim karakteristikama. Na dijagramu su najbolje izražene naborne strukture koje po strukturnim karakteristikama odgovaraju opserviranim asimetričnim naborima sa zapadnim vergencama. Jasno izražen maksimum u

jugoistočnom polju dijagrama markira severozapadno, a drugo jugoistočno krilo nabora predstavljeno je submaksimumom u severoistočnom kvadrantu dijagrama. Ove naborne strukture se karakterišu osama koje tonu ka severu. Rasipanje polova u poljima blizu i oko centra dijagrama oslikava generalnu geometriju dome sa blagim padovima.

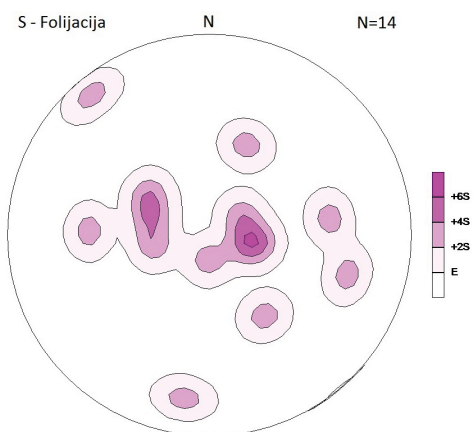


Fotografija 8-11: Simetrični uspravni nabori u gnajsevima iz severnog područja Mikulovca.

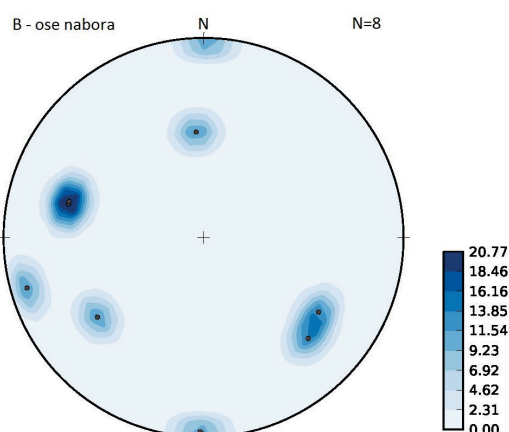


Fotografija 8-12: Disharmonični nabori mm-cm dimenzija u amfibolitima iz severnog područja Mikulovca.

Terenski su opservirane različite generacije nabornih struktura koje obuhvataju asimetrične nabore sa zapadnom vergencom (Fotografija 8-28), simetrične uspravne nabore (Fotografija 8-11), nabore sa subhorizontalnim aksijalnim ravnima i disharmonične nabore mm-cm dimenzija (Fotografija 8-12).



Slika 8-12: Konturni dijagram folijacije merene u području istočnog dela Moravske jedinice.



Slika 8-13: Konturni dijagram osa nabora merenih u području istočnog dela Moravske jedinice.

Statistička analiza osa opserviranih nabora je prikazana na konturnom dijagramu (Slika 8-13), gde se prepoznaje nekoliko generacija nabora. Na dijagramu do izražaja dolaze maksimumi grupisani u zapadnom polju koji oslikavaju ose opserviranih simetričnih uspravnih nabora (Fotografija 8-11). Grupisanje polova osa nabora sa submaksimumom

u jugoistočnom kvadrantu ukazuje na opservirane nabore sa subhorizontalnim aksijalnim ravnima. Rasipanje polova osa nabora u severnom i južnom polju odgovara opserviranim asimetričnim naborima sa zapadnim vergencama.

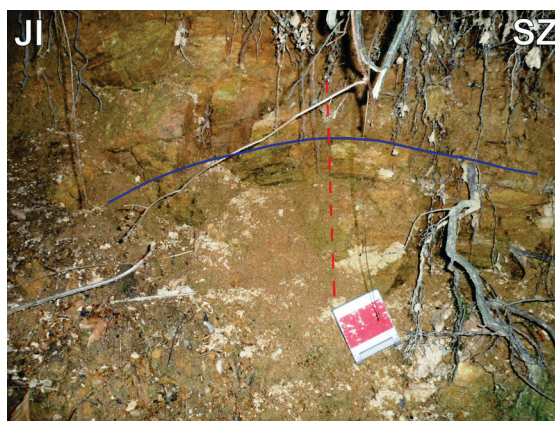
8.1.7. Strukturni sklop istočnog bloka Moravske jedinice Malog Jastrepc

Mali Jastrebac u zapadnom delu izgrađen je od visokometamorfisanih stena Moravske jedinice u koje su utisnute granit-monconitske intruzije (Slika 8-1). Stene ove jedinice su na istoku u tektonskom odnosu sa stenama jedinice Supraetikuma, dok su na zapadu Vukanjskim rasedom jasno odvojene od stena istočnog bloka Moravske jedinice Velikog Jastrepc, u odnosu na koje se nalaze u strukturno višem položaju. Stene koje ulaze u sastav ove strukturno-tektonske homogene celine su deo krupnije jedinice Srpsko-makedonske mase (videti poglavlje 6.4) i bile su zahvaćene višefaznim metamorfizmom, aktivnim paleozojskim oblikovanjima i preoblikovanjima, a tokom alpskih faza usled prenabiranja, rotiranja i raskidanja su starije strukture potpuno poništene ili preorijentisane.

Elementi pada folijacije na konturnom dijagramu (Slika 8-14) grade jedan širok π -pojas, koji ukazuje na prisustvo različitih generacija nabora u ovom području. Najizraženiji planarni elementi na dijagramu reprezentuju simetrične uspravne nabore (Fotografija 8-14) sa izrazito razvijenim maksimumima u severoistočnom kvadrantu, koji predstavljaju jugozapadno i zapadno krilo ovih nabornih struktura sa generalnim pružanjem severoistok i osom koja blago tone ka jugozapadu.



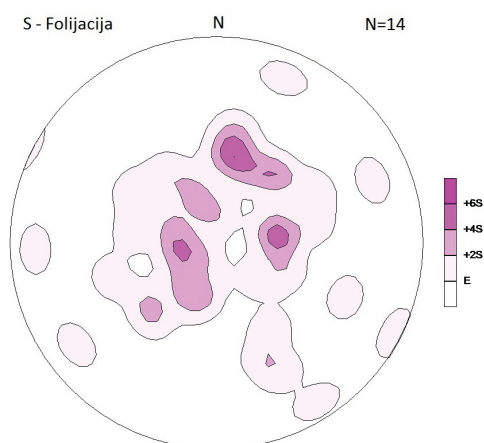
Fotografija 8-13: Izoklini nabori opservirani u migmatitima iz područja Golešnice.



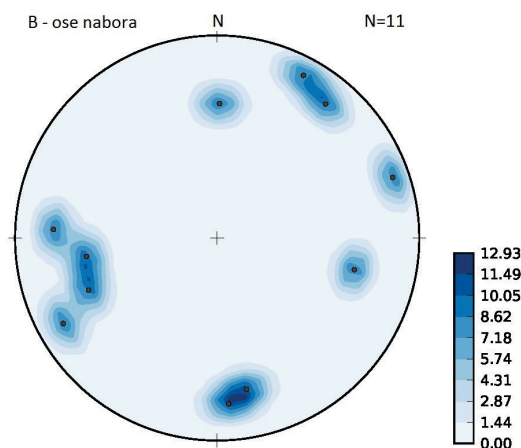
Fotografija 8-14: Uspravni simetrični nabori u migmatitima južno od Stambolije.

U području Malog Jastrepc u okviru Moravske jedinice su mereni elementi nabornih struktura različitih tipova, kao što su izoklini nabori (Fotografija 8-13) i simetrični uspravni nabori (Fotografija 8-14).

Podaci o elementima nabora su statistički obrađeni, a njihove ose su prikazane na konturnom dijagramu (Slika 8-15), gde je primetno prisustvo više različitih generacija nabora. Na dijagramu do izražaja dolaze maksimumi grupisani u južnom delu, koji sa polovima u severnom delu dijagrama oslikavaju opservirane izokline nabore sa osama koje tonu ka jugu i podređeno ka severu (Fotografija 8-13). Grupisanje polova osa nabora sa submaksimumom u jugozapadnom kvadrantu zajedno sa grupisanim polovima osa nabora u severoistočnom polju ukazuju na opservirane simetrične uspravne nabore (Fotografija 8-14) koji se karakterišu sa pružanjem severoistok-jugozapad, prikazanim na dijagramu (Slika 8-14).



Slika 8-14: Konturni dijagram folijacije merene u području Moravske jedinice Malog Jastrepc.



Slika 8-15: Konturni dijagram osa nabora merenih u području Moravske jedinice Malog Jastrepc.

8.1.8. Strukturni sklop jedinice Supraetikuma

Ova jedinica izgrađuje krajnje istočne padine Malog Jastrepc (Slika 8-1). Na zapadu je tektonskim kontaktom odvojena od bloka Moravske strukturne jedinice Malog Jastrepc, dok je sa ostalih strana okružena basenskim sedimentima neogena. Stene ove tektonske homogene celine su paleozojske starosti, a imale su kompleksnu tektono-termalnu evoluciju i višefaznu deformacionu istoriju.

Uzimajući u obzir da su terenska istraživanja najvećim delom bila fokusirana na područje jastrebačke dome, u ovom delu terena prikupljen je skroman broj strukturnih podataka.

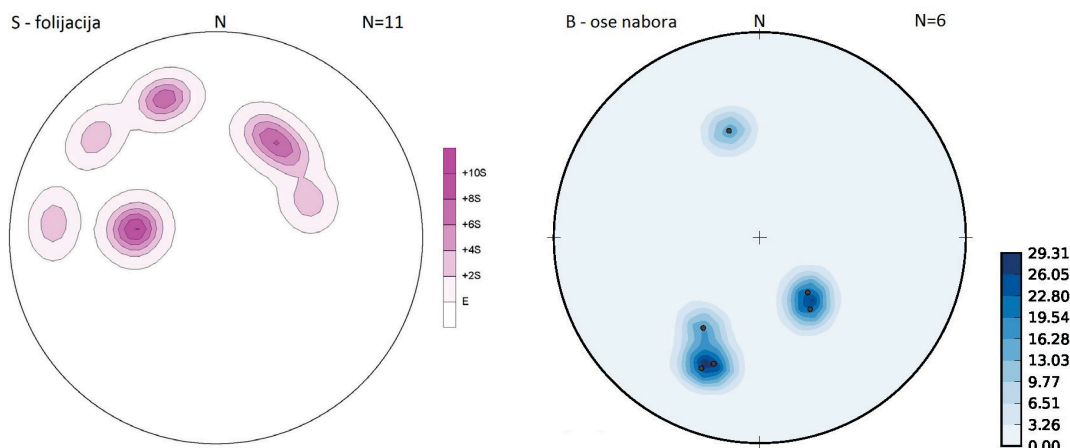
Podaci o merenoj folijaciji u području jedinice Supraetikuma su statistički obrađeni i prikazani na konturnom dijagramu (Slika 8-16). Planare su markirane populacijom polova koji su predstavljeni sa nekoliko maksimuma u severnom delu dijagrama. Do izražaja dolaze maksimumi u zapadnom kvadrantu i u severoistočnom kvadrantu, koji predstavljaju istočno i jugozapadno krilo nabornih struktura, čija osa tone ka jugoistoku. Ove naborne strukture odgovaraju opserviranim simetričnim uspravnim naborima (Fotografija 8-15).



Fotografija 8-15: Simetrični uspravni nabori u hloritskim škriljcima opservirani istočno od Zmijine glave.

Pri terenskim istraživanjima u okviru homogene jedinice Supraetikuma, opservirani su različiti geometrijski tipovi nabora u području izdanaka. Generalno, naborne strukture su formirane pri različitim deformacionim fazama, a predstavljene su izoklinim naborima i simetričnim uspravnim naborima (Fotografija 8-15).

Statistički analizirane ose opserviranih nabora su prikazane na konturnom dijagramu (Slika 8-17), gde se polovi osa grupišu u više maksimuma, ukazujući na različite generacije nabora. Na dijagramu do izražaja dolaze maksimumi grupisani u jug-jugozapadnom polju koji oslikavaju ose opserviranih izoklinih nabora, dok maksimum u jugoistočnom kvadrantu predstavlja ose opserviranih simetričnih uspravnih nabora (Fotografija 8-15).



Slika 8-16: Konturni dijagram folijacije merene u području jedinice Supragetikuma.

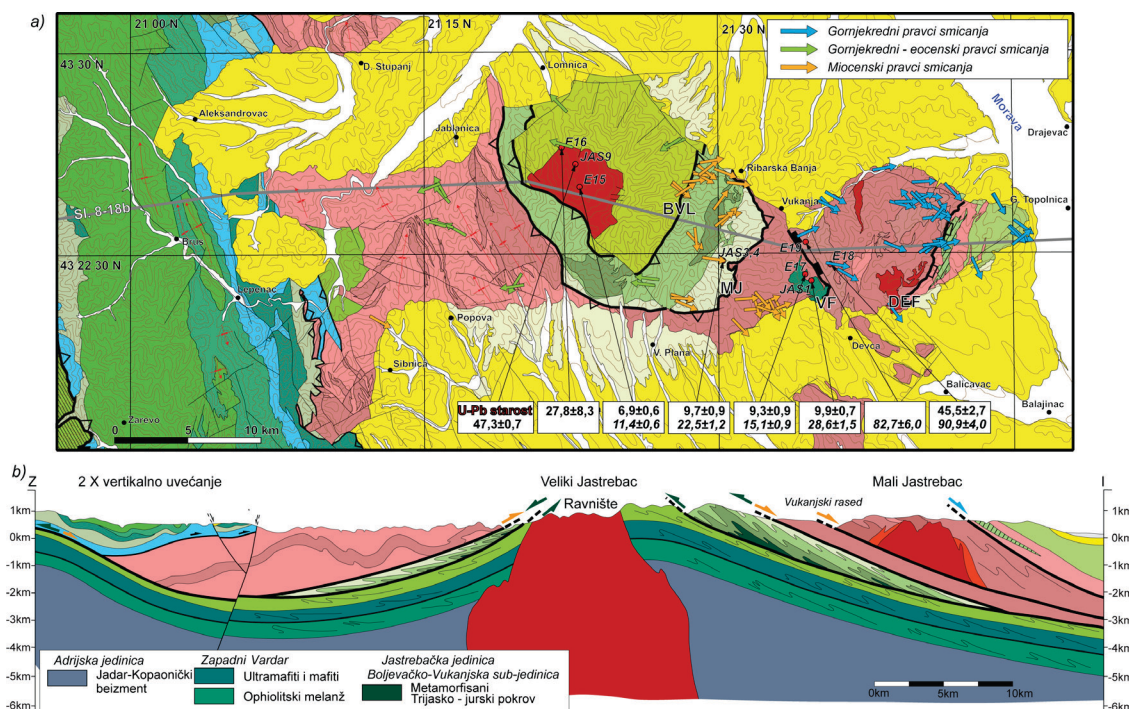
Slika 8-17: Konturni dijagram osa nabora, merenih u području jedinice Supragetikuma.

8.2. Strukturna obeležja deformacionih faza (D1-D5) u području Jastrepa

Rezultati klasične statističke analize strukturnih podataka ukazali su na kompleksnost istraživnog prostora i složenu geodinamičku evoluciju sa višefaznim i dugotrajnim oblikovanjima. Dobijeno rasipanje strukturnih podataka je jednim delom posledica velike pokrivenosti terena Jastrepa i prikupljenog malog broja kinematskih podataka za klasičnu statističku analizu. Sa druge strane, glavni uzročnici generalnog rasipanja strukturnih podataka su svakako višefazna tektono-termalna evolucija i generalni sklop dome u području Jastrepa (Slika 8-18b). Uzimajući u obzir da su neki od glavnih ciljeva ovih istraživanja prepoznavanje mehanizama tektonskog transporta, vremensko razgraničavanje glavnih deformacionih faza, izdvajanje struktura po kojima su izvedena značajnija kretanja krupnih tektonskih segmenata litosfere i kao jedan od krajnjih ciljeva rekonstrukcija tektono-termalne evolucije prepoznatih tektono-stratigrafskih jedinica, izvedena je analiza duktilnih kinematskih indikatora vezanih za aktivnost detačmenta regionalnih razmera u ovim prostorima. Statistička analiza je bila orijentisana ka proučavanju “britl” i duktilnih struktura u okviru izdvojenih deformacionih faza.

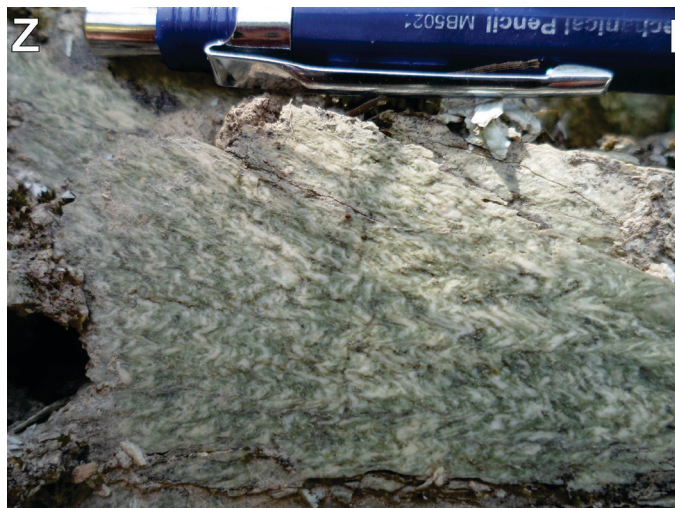
Kod rekonstrukcije karaktera tektonskog transporta, pošlo se od pretpostavke da strukture sa velikim iznosima kretanja kao što su detačmenti, mogu poslužiti za doslednije određivanje pravaca tektonskog transporta, u odnosu na manje rupturne strukture. Stoga je osnova rekonstrukcije tektonske mobilnosti bazirana na proučavanju

makro i mikrostruktura razvijenih pre svega u domenima prepoznatih krupnih zona duktilnih i pratećih “britl” smicanja.



Slika 8-18: Rezultati kinematskih i termohronoloških istraživanja. Boje jedinica na karti i profilu prate legendu iz Slika 6-7, osim za jedinice iz dubljih nivoa koje su prikazane na profilu. a) Geološka karta područja Jastrepcu (usklađena sa Slikom 6-7) sa kinematskim pokazateljima duktilnog smicanja i termohronološkim starostima dobijenim ovim istraživanjima. Debela siva linija označava položaj geološkog profila iz Slike 8-18b. Starosti markirane narandžastom bojom su bile izložene uticaju metasomatskih promena plutona i nisu korišćene u interpretaciji (pogledati tekst za dalje detalje). BVL – kontakt koji razdvaja Boljevačko-vukanjsku i Lomničku subjedinicu u okviru Jastrebačke jedinice; MJ – kontakt između Moravske i Jastrebačke jedinice; VF – Vukanjski rased; DEF – zona smicanja koja razdvaja Moravsku jedinicu i Supraetikum. DEF zona je široka zona rasprostranjenih deformacija, koje se postepeno smanjuju zapadno i istočno od markiranog kontakta. Plave strelice – D1, zelene strelice – D3, narandžaste strelice – D5. b) Geološki profil duž pružanja jastrebačke dome i susjednih oblasti. Interpretirane dubine su proračunate na osnovu površinske projekcije po pružanju i upravno na pružanje struktura. Vertikalna razmera je 2 puta uvećana. Položaj profila je prikazan na Slici 8-18a. Polustrelice predstavljaju pravce smicanja na kontaktima između jedinica, a značenje boja je isto kao na Slici 8-18a (Erak et al., 2017).

Najstarije deformacione strukture na Jastrepcu nalaze se u stenama Moravske jedinice, koje su metamorfisane pod uslovima amfibolitske facije. Opservirane strukture predstavljene su krenulacijom (Fotografija 8-16) i izoklinim naborima μ -cm razmera u metasedimentima i lokalno u okviru metamorfisanih magmatskih stena (gnajsevi, migmatiti i amfiboliti).



Fotografija 8-16: Krenulacioni klivaž u aktinolitskim škriljcima iz južnog područja Boljevca.

Strukture malih razmera nisu primećene u jursko-krednom pokrovu koji prekriva Moravski beizment i na svim opserviranim izdancima su deformisane tokom mlađih faza tektonskih oblikovanja. Zbog toga moraju biti starije i najverovatnije formirane tokom starijeg paleozojskog događaja, kojem je bila izložena krupnija jedinica Srpsko-makedonske mase. Uporedive su sa sličnim strukturama i starostima deformacija koje su opservirane izvan istraživanog područja (npr. Kydonakis et al., 2014; Antić et al., 2016a,b). Deformacioni događaj, kojim su formirane prethodno opisane strukture, je stariji od D1-D5 sekvence tektonskih faza i nije obuhvaćen ovim istraživanjima, pa neće biti razmatran u nastavku.

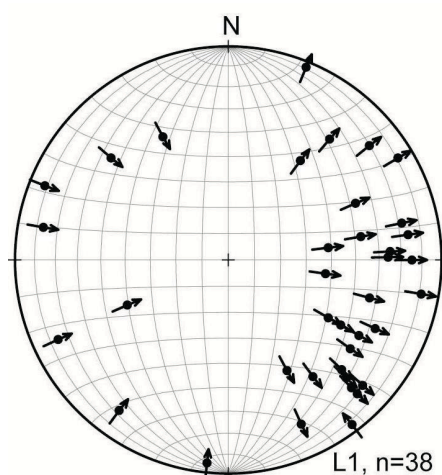
Glavna folijacija u metamorfitima svih jedinica na Jastrepcu karakteriše se blagim padovima ka zapadu ili ka istoku, od centra koji se nalazi u središnjem delu centralne Lomničke jedinice, što ukazuje na strukturu tipa dome (Slika 8-20, pogledati Marović et al., 2007). Ovo je posledica višefaznog nabiranja kombinovanog sa više faza “britl” i duktilnog smicanja, što ukazuje na višefaznu post-paleozojsku deformacionu istoriju planine Jastrebac. Deformaciona istorija Jastrepcu je opisana grupisanjem struktura u deformacione faze na osnovu njihove superpozicije i analize njihovih varijacija u različitim tektonskim jedinicama. Takvo grupisanje može obuhvatiti strukture nastale pri različitim temperaturnim uslovima, tonjenjem ili ekshumacijom, ili tokom jednog tektonskog događaja, ili tokom naknadnih vertikalnih pokreta u oblastima tektonskih kontakata. Kinematske opservacije su kvantitativno relevantne uzimajući u obzir relativno male razmere planine Jastrebac i pokrivenost njenih terena sa malim brojem

izdanaka, što je inače slučaj i sa planinama u području Panonskog basena (npr. Toljic et al., 2013).

Generalno, sveobuhvatna deformaciona istorija istraživanog područja uključuje D1 fazu ekstenzije ka istoku, praćenu kontrakcionim događajem koji obuhvata tri faze (D2 izoklino nabiranje, D3 asimetrično nabiranje i smicanje ka zapadu, kao i formiranje D4 otvorenih nabora sa subvertikalnim aksijalnim ravnima) i na kraju D5 fazu ekstenzionih deformacija sa tektonskim transportom ka istoku i formiranjem “britl” normalnih raseda i nabora sa subhorizontalnim aksijalnim ravnima.

8.2.1. Smicanje praćeno tektonskim transportom ka istoku (D1)

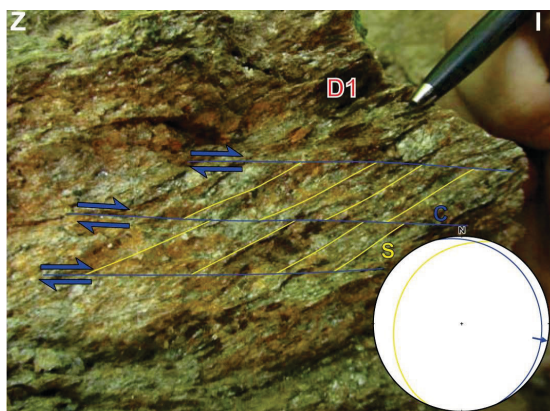
Najstariji razmatrani deformacioni događaj D1 najbolje je istražen u Moravskoj jedinici i Supragetikumu istočno od Vukanjskog raseda (Slika 6-7, Slika 8-18). Izdvajanje ovih deformacija zapadno od Vukanjskog raseda je znatno otežano usled naknadnih deformacija uzrokovanih smicanjem i metamorfizmom. D1 se karakteriše smicanjem sa dominantnim pravcem tektonskog transporta ka istoku, koji konsekventno preseca stariju krenulaciju malih razmera i izokline nabore, čija starost je interpretirana kao paleozojska. Smicanje karakteriše lokalno rasipanje indikatora tektonskog transporta ka SI, SSI, II i JII (Slika 8-19, plave strelice na Slika 8-18a), zbog delimične reorijentacije naknadnim deformacijama, nabiranjem, rasedanjem ili mlađim smicanjima.



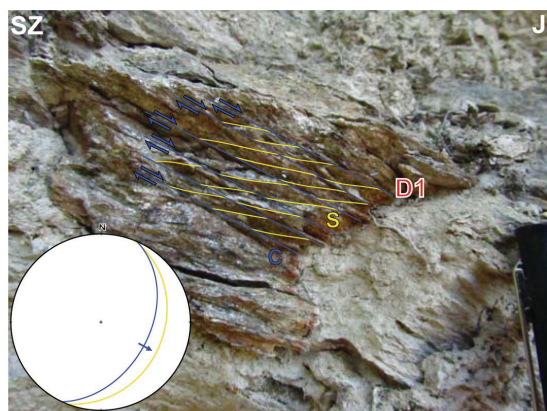
Slika 8-19: Strečing lineacija i pravci smicanja za najstariju deformacionu fazu (D1) rekonstruisani na osnovu merenja na izdancima i mikrostrukturnih opservacija (plave strelice na Slika 8-18a).

Na izdancima, D1 deformacije su prepoznate kao strukture smicanja razvijene u visoko metamorfisanim stenama Moravske jedinice. Migmatiti, mikašisti i gnajsevi su bili

izloženi ekstenziji, koja se prepoznaje u zonama smicanja milimetarskih do decimetarskih razmera (Fotografija 8-17, Fotografija 8-18).



Fotografija 8-17: Zone smicanja sa tektonskim transportom ka istoku (D1) u migmatitima Moravske jedinice istočno od Vukanjskog raseda.

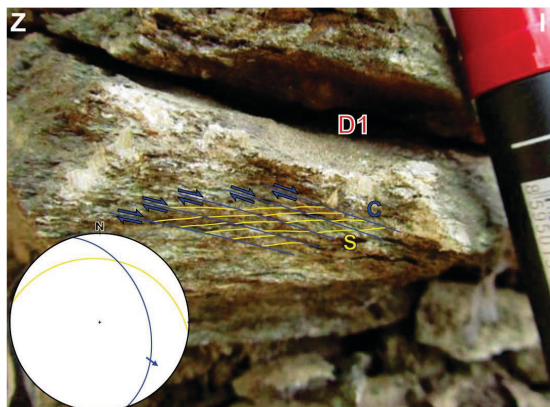


Fotografija 8-18: Zone smicanja sa rekonstruisanim tektonskim transportom ka jugoistoku (D1) u mikašistima Moravske jedinice istočno od Vukanjskog raseda.

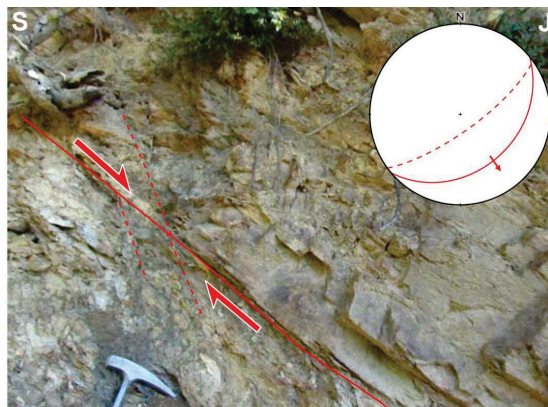
Ove strukture ukazuju na pravac tektonskog transporta ka istoku, gde su stene bile manje izložene uticaju naknadnih mlađih deformacija. Tokom strukturne analize konstatovano je i da porfiroblasti feldspata i granata često formiraju asimetrične indikatore pravaca smicanja, kao što su σ - ili δ -klasti (Fotografija 8-21).

Slične pojave su takođe prisutne u jedinici Supraetetikuma koja obuhvata najistočniji deo dome (Fotografija 8-19, Fotografija 8-22), gde je smicanje bilo povezano sa metamorfizmom nižeg stepena iz facije zelenih škriljaca. Po svemu sudeći, D1 smicanja su zahvatila Moravsku i jedinicu Supraetetikuma u širokoj zoni istočno od Vukanjskog raseda (Slika 8-18a). Na izdancima, ova duktilna smicanja bočno nestaju ili su sa bočnim prelazima u kataklastične do “britl” strukture, kao što su normalni rasedi sa kretanjima povlatnih krila raseda ka istoku ili ka jugoistoku (Fotografija 8-20).

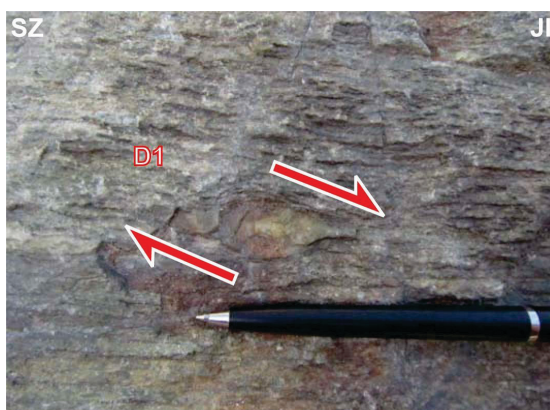
Opservacije ovih istraživanja ukazuju da su deformacije bile povezane sa ekshumacijom do plićih strukturnih nivoa, iako osmatrane strukture nisu dovoljni pokazatelji. Ovo je važno jer je jasno razdvajanje između kataklastičnih i “britl” struktura mlađeg ekstenzionog događaja (D5) prilično otežano. S toga su ovi D1 normalni rasedi prikazani na dijagramima zajedno sa normalnim rasedima D5 faze (Slika 8-27).



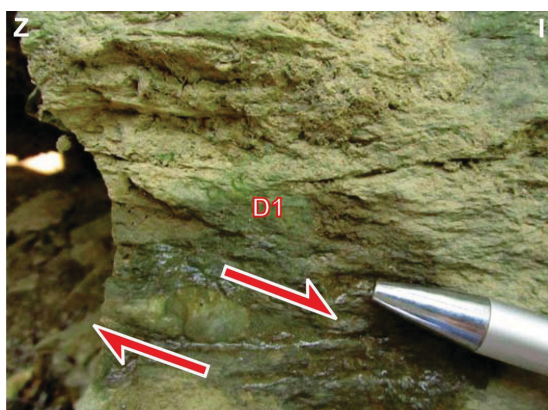
Fotografija 8-19: Zone smicanja sa tektonskim transportom ka istoku (D1) u hloritskim škriljcima Supragetikuma u istočnom delu Jastrepca.



Fotografija 8-20: Normalni rased sa Ridlovim ravnima koje ukazuju na smicanje praćeno tektonskim transportom ka jugoistoku (D1) u gnajsevima Moravske jedinice istočno od Vukanjskog raseda.



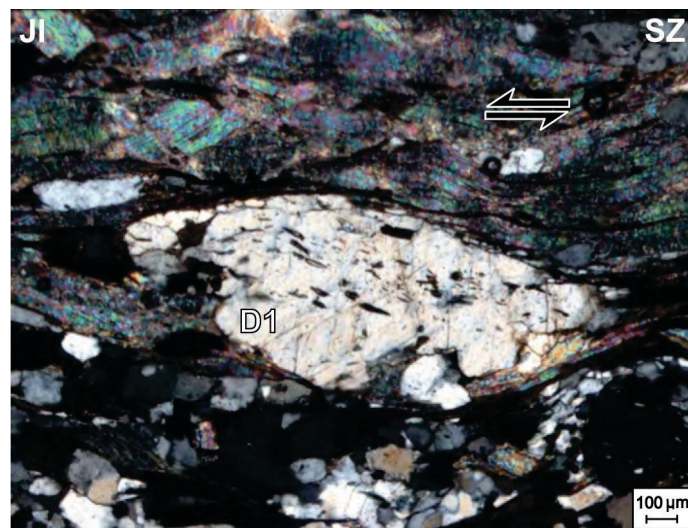
Fotografija 8-21: Primer σ -klasta koji ukazuju na smicanje praćeno tektonskim transportom ka jugoistoku (D1) u gnajsevima Moravske jedinice istočno od Vukanjskog raseda.



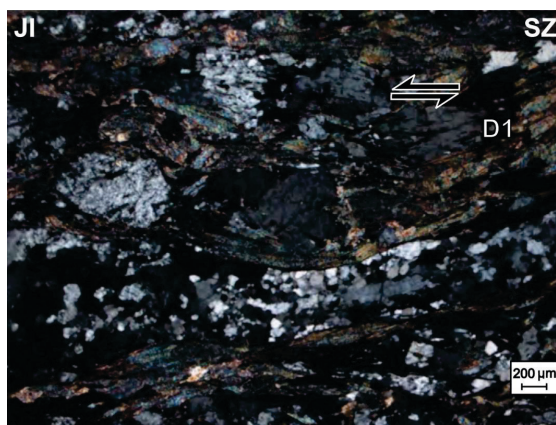
Fotografija 8-22: Primer σ -klasta koji ukazuju na smicanje praćeno tektonskim transportom ka istoku (D1) u hloritskim škriljcima Supragetikuma u istočnom delu Jastrepca.

U preparatima za strukturološku analizu mikrostruktura pomoću polarizacionog mikroskopa u propuštenoj svetlosti, milonitska struktura (Fotografija 8-23, Fotografija 8-24 i Fotografija 8-25) je povezana sa folijacijom i velikim brojem kinematskih indikatora, kao što su σ -klasti i liskuni sočivastog oblika.

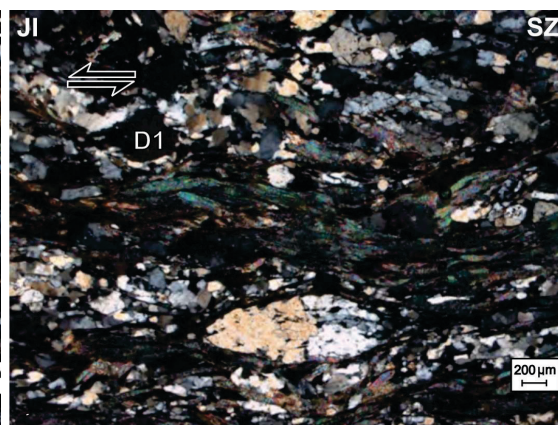
Smenjivanje pojaseva milonita i proto-milonita pokazuje da su te deformacije bile koncentrisane u uskim zonama smicanja. Lokalno su zapažene elongacije feldspatnih ili kvarcnih agregata i kinematski indikatori sinhronih sporednih smicanja u suprotnom pravcu. Mikrostrukture su najbolje izražene u domenu deformacija starije folijacije.



Fotografija 8-23: Primer σ -klasta i "mica-fish" koji ukazuju na smicanje sa pravcem tektonskog transporta ka jugoistoku (D1), u škriljcima istočno od Vukanjskog raseda. Lokacija uzorka E9 je prikazana na Slika 8-18. Crne strelice – pravac smicanja.



Fotografija 8-24: "Mica-fish" koji ukazuju na smicanje sa pravcem tektonskog transporta ka jugoistoku (D1) u škriljcima istočno od Vukanjskog raseda. Lokacija uzorka E9 je prikazana na Slika 8-18. Crne strelice – pravac smicanja.



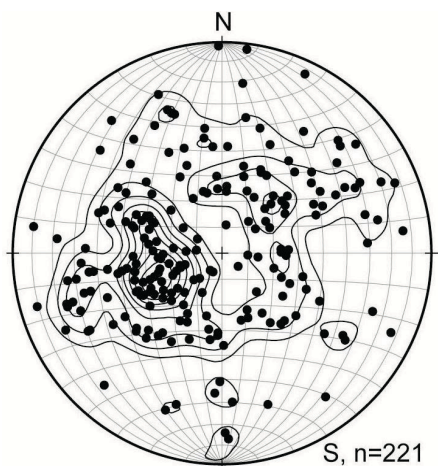
Fotografija 8-25: "Mica-fish" i σ -klast koji ukazuju na smicanje sa pravcem tektonskog transporta ka jugoistoku (D1) u škriljcima istočno od Vukanjskog raseda. Lokacija uzorka E9 je prikazana na Slika 8-18. Crne strelice – pravac smicanja

Smicanje u celokupnom visokotemperaturnom metamorfizmu Moravske jedinice ukazuje da je deformisanje bilo povezano sa metamorfnim uslovima nižeg stepena, što se može uočiti na osnovu redukcije veličine zrna minerala i njihove transformacije u minerale nižeg stepena, kao što su hlorit i sericit. Proučavani metamorfni asamblaž upućuje na temperature od oko 400 °C. Uzorci prikupljeni iz stena Moravske jedinice pokazuju da ovom neometamorfizmu prethodi ranija faza metamorfizma u uslovima amfibolitske facije, koji je po svoj prilici paleozojske starosti.

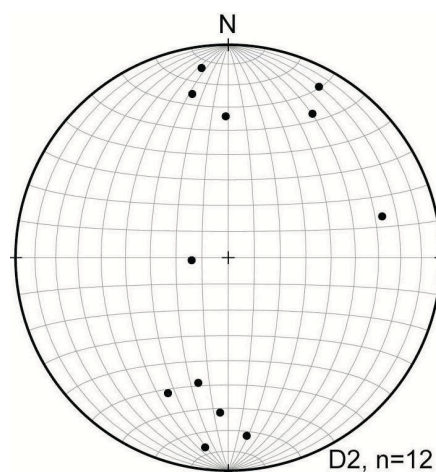
8.2.2. Kontrakcione deformacije (D2-D4)

Kontrakcione strukture su mlađe od D1 deformacija i prethode mlađem ekstenzionom događaju. Superpozicioni odnosi zapaženi na terenu omogućavaju dalju podjelu na više sukcesivnih kontrakcionih faza. Ipak, neke od ovih faza su dokumentovane sa relativno malim brojem kinematskih merenja. Ovakve opservacije su relevantne, ali nisu dovoljne za dalje razdvajanje tektonskih događaja. Zbog toga su sukcesivne kontrakcione faze grupisane u jedan tektonski događaj. Strukture iz ovog domena deformacija su bolje izražene zapadno od Vukanjskog raseda (Slika 6-7, Slika 8-18).

Prva faza kontrakcije (D2) je povezana sa formiranjem folijacije (S2) i pratećih stisnutih izoklinih nabora (F2). U okviru Jastrebačke i Lomničke jedinice folijacija S2 je nastala prekomponovanjem originalne slojevitosti i bila je povezana sa izoklinim nabiranjem. Drugim rečima, transpozicijom sedimentne slojevitosti zajedno sa klivažom aksijalne ravni izoklinih nabora formirana je kompozitna folijacija. U okviru Moravske i jedinice Supraetikuma, S2 predstavlja folijaciju aksijalnih ravni F2 izoklinih nabora, kojima su deformisane i maskirane strukture kao što su starija krenulacija malih razmera i izoklini nabori paleozojske starosti.



Slika 8-20: Polovi glavne folijacije u metamorfnim stenama Moravske i Jastrebačke jedinice.

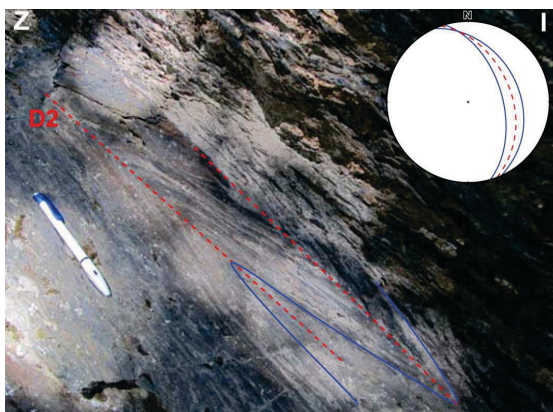


Slika 8-21: Ose (šarniri) izoklinih nabora vezanih za drugu (D2) deformacionu fazu.

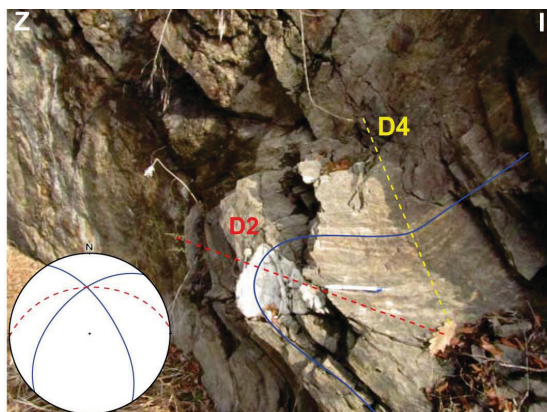
Površni nastale tokom D1 smicanja su ubrane D2 izoklinim nabiranjem istočno od Vukanjskog raseda, dok je takva superpozicija na zapadu teško uočljiva usled naknadnih deformisanja duktilnim smicanjem i metamorfizmom. S2 folijacija je predstavljena blagim padovima na oba krila dome (Slika 8-20). Ose izoklinih F2 nabora, opserviranih

na izdancima (Fotografija 8-26), su pretežno orijentisane po pravcu pružanja S-J do SSI-JJZ (Slika 8-21).

Izoklini nabori D2 decimetarskih do metarskih razmera su posebno dobro uočljivi u Moravskoj jedinici između kontakta sa Jastrebačkom jedinicom i Vukanjskim rasedom (između MJ i VF, Slika 6-7), gde su lokalno prenaabrani naknadnim deformacionim događajima (Fotografija 8-27). Aksijalne ravni F2 nabora imaju blage padove ka istoku ili ka zapadu sa osama koje blago tonu ka severu ili ka jugu (Slika 8-21).

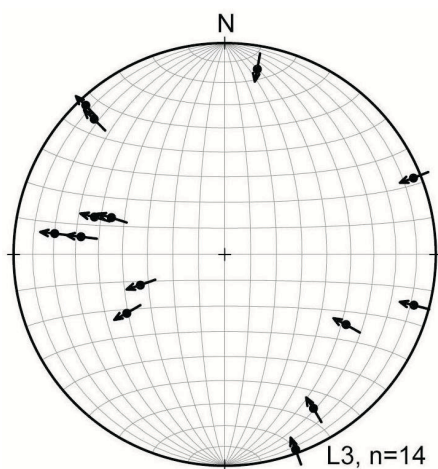


Fotografija 8-26: Izoklini nabori (D2) u metaturbiditima Lomničke subjedinice duž istočnog krila dome.

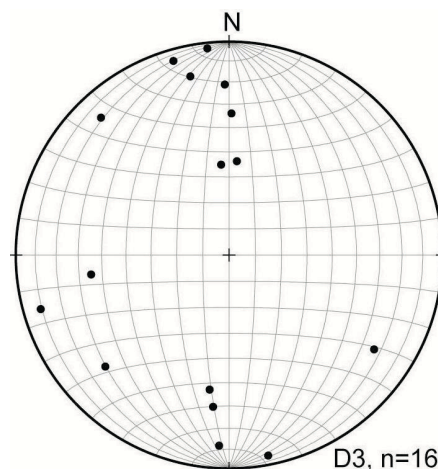


Fotografija 8-27: Izoklini nabori (D2) prenaabrani simetričnim naborima (D4) u mikašistima Moravske jedinice na zapadnom krilu dome.

Druga faza kontrakcije (D3) je predstavljena asimetričnim naborima, smicanjem sa tektonskim transportom ka zapadu i reversnim rasedima (Slika 8-22, Slika 8-18a), prisutnim kako u niskometamorfisanom jezgru tako i u visokometamorfnim stenama na krilima dome.

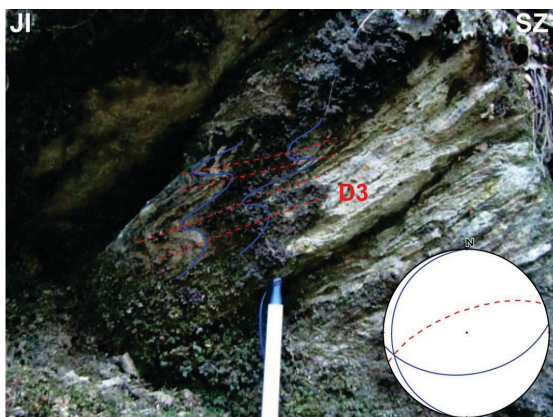


Slika 8-22: Strečing lineacija sa pravcima smicanja treće faze (D3) ka zapadu.

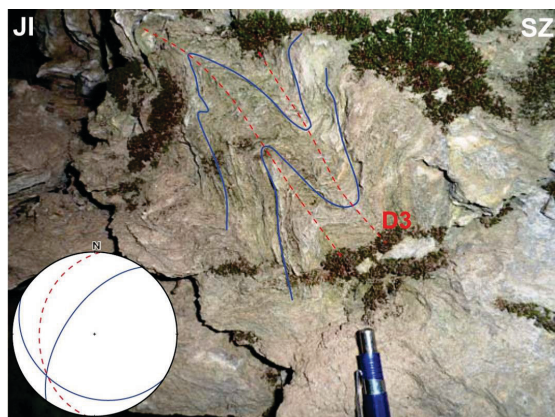


Slika 8-23: Ose (šarniri) asimetričnih nabora vezanih za treću (D3) deformacionu fazu.

Slično izoklinim naborima i asimetrični nabori (D3) imaju ose tonjenja sa blagim padovima ka severozapadu ili ka jugozapadu (Slika 8-23). Na izdancima, asimetrični nabori su često decimetarsko-metarskih razmera (Fotografija 8-28, Fotografija 8-29). Ovi nabori su bolje razvijeni u litologijama sa dobro razvijenom, penetrativnom folijacijom, kao što su mikašisti, kalkšisti i ostale škriljave stene.



Fotografija 8-28: Asimetrični nabori (D3) u gnajsevima Moravske jedinice na istočnom krilu dome.



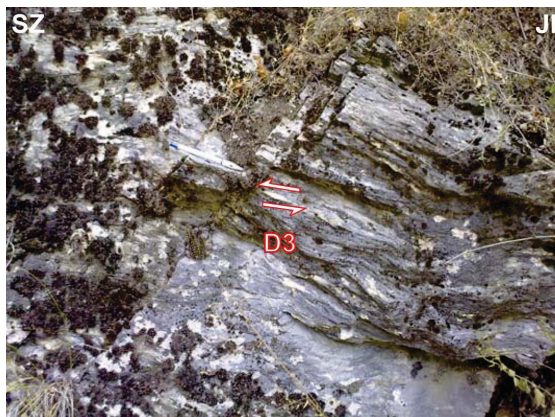
Fotografija 8-29: Asimetrični nabori (D3) u sericitskim škriljcima Boljevačko-vukanjske subjedinice na jugoistočnom krilu dome.

Tragovi smicanja i kinematski indikatori (Slika 8-22, zelene strelice na Slika 8-18a) su očigledni u metasedimentima Lomničke subjedinice (Fotografija 8-30, Fotografija 8-31 i Fotografija 8-32), gde smicani feldspati ili kvarcne interkalacije često pokazuju strukturu σ -klasta.



Fotografija 8-30: Primer σ -klasta koji pokazuju (D3) smicanje sa tektonskim transportom ka severozapadu u metapeščarima Lomničke subjedinice na zapadnom krilu dome.

Litostratigafski sadržaji zapadnog dela Moravske jedinice sadrže S-C strukture nastale tokom ove deformacione faze.

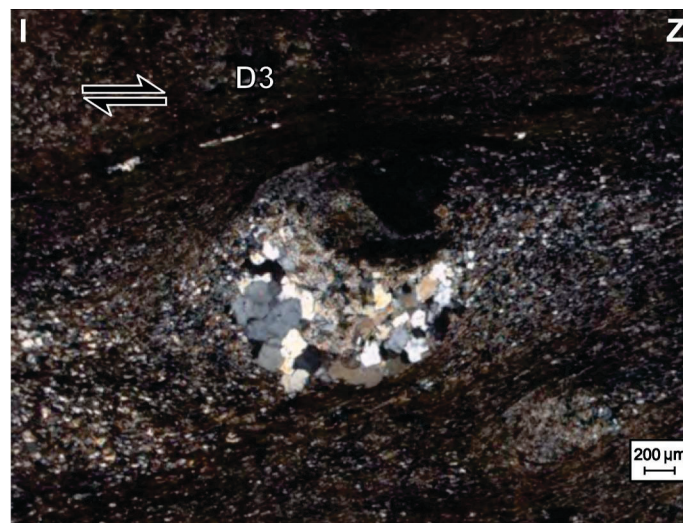


Fotografija 8-31: Primer σ -klasta koji pokazuju (D3) smicanje sa tektonskim transportom ka severozapadu u sericitskim škriljcima Lomničke subjedinice na zapadnom krilu dome.

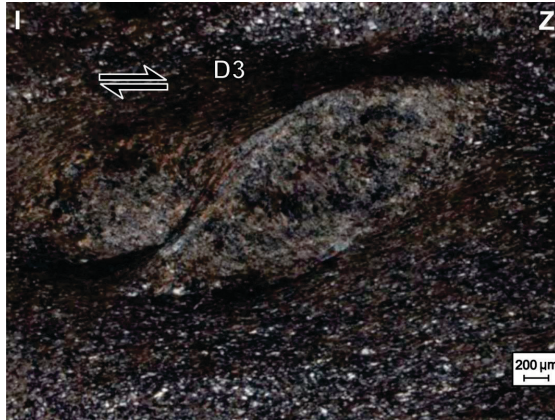


Fotografija 8-32: Primer σ -klasta koji pokazuju (D3) smicanje sa pravcem tektonskog transporta ka severozapadu u metapeščarima Lomničke subjedinice na istočnom krilu dome.

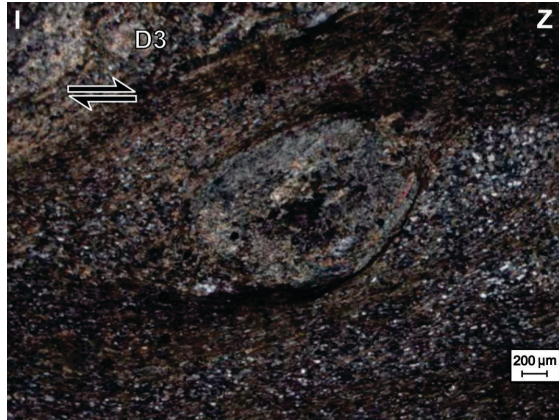
U preparatima za posmatranje pod polarizacionim mikroskopom u propuštenoj svetlosti pripremljenim iz uzorka E1 (Slika 8-18 i Prilog 1), uočava se milonitska struktura koja je povezana sa zonama smicanja i σ -klastima razvijenim tokom slabog metamorfnog rasta u metasedimentima Lomničke subjedinice, a koji su metamorfisani pri nižim uslovima facije zelenih škriljaca (Fotografija 8-33, Fotografija 8-34 i Fotografija 8-35).



Fotografija 8-33: Primer σ -klasta koji ukazuje na smicanje (D3) praćeno tektonskim transportom ka zapadu u metapeščarima Lomničke subjedinice na zapadnom krilu dome. Lokacija uzorka E1 je prikazana na Slika 8-18. Crne strelice – pravac smicanja.



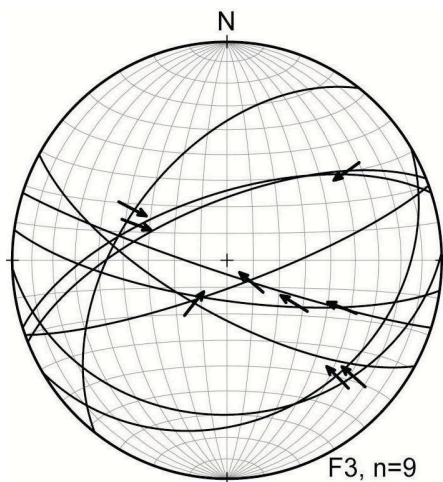
Fotografija 8-34: Primer σ -klasta koji ukazuje na smicanje (D3) praćeno tektonskim transportom ka zapadu u metapeščarima Lomničke subjedinice na zapadnom krilu dome. Lokacija uzorka E1 je prikazana na Slika 8-18. Crne strelice – pravac smicanja.



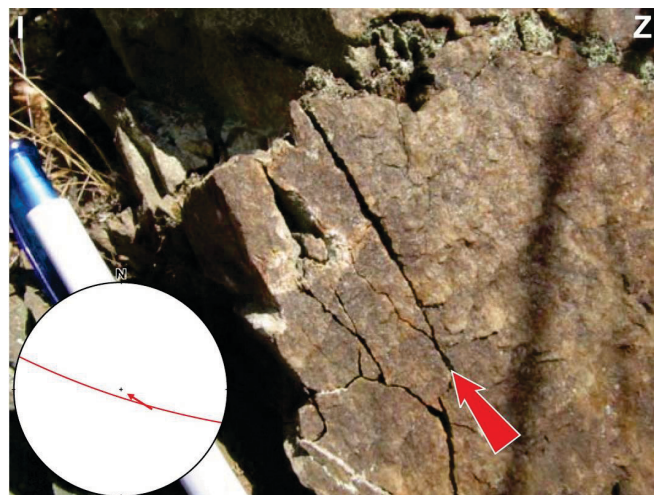
Fotografija 8-35: Primer σ -klasta koji ukazuje na smicanje (D3) praćeno tektonskim transportom ka zapadu u metapeščarima Lomničke subjedinice na zapadnom krilu dome. Lokacija uzorka E1 je prikazana na Slika 8-18. Crne strelice – pravac smicanja.

Takođe, tokom D3 deformacione faze su formirani reversni rasedi, koji su prisutni u svim jedinicama Jastrepcā (Fotografija 8-36). Ovo su reversni rasedi, koji su bili aktivni u kompresionom naponskom polju orijentisanom pravcem severozapad-jugoistok, a koji su ponekad rotirani naknadnim deformacijama (Slika 8-24).

Grupisanje ovih “britl” i duktilnih struktura u jednu deformacionu fazu opravdano je usled sinhronog tonjenja segmenta litosfere, kojim su stene zapadno od Vukanjskog raseda tokom D3 kontrakcione faze dospele iz plitkih “britl” u metamorfne uslove.

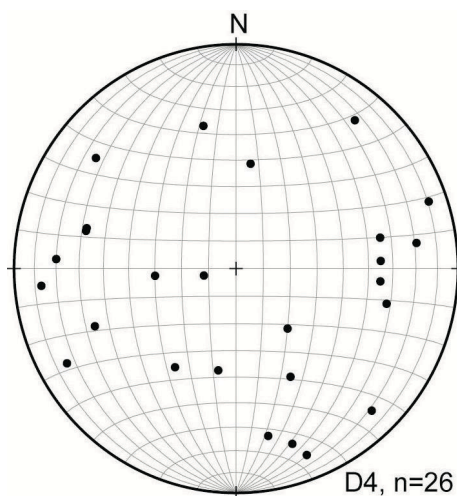


Slika 8-24: “Britl” reversni rasedi prikazani trasama i pravcima kretanja po njima.

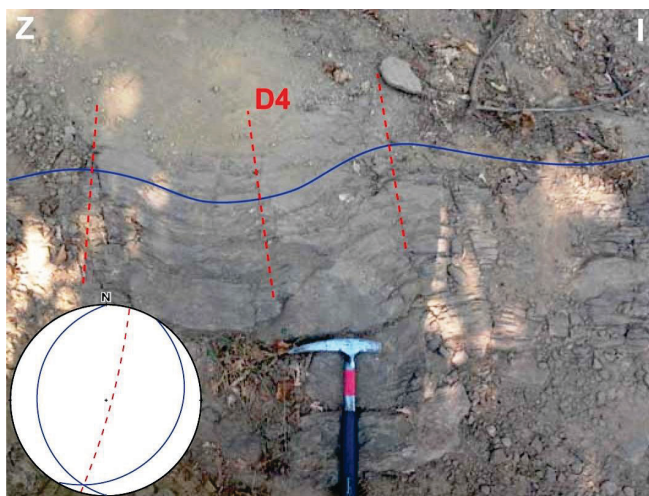


Fotografija 8-36: Povlatni blok reversnog raseda (D3) koji pokazuje smicanje sa pravcem tektonskog transporta ka severozapadu u metapeščarima Lomničke subjedinice na istočnom krilu jastrebačke dome.

Trećom fazom kontrakcije (D4) formirani su otvoreni i uspravni simetrični nabori (Slika 8-25). Na izdancima ovi nabori su generalno metarskih razmera i deformišu (ubiraju) ranije kontrakcione strukture (Fotografija 8-27, Fotografija 8-37), a prisutni su u svim jedinicama jastrebačkih planina. Šarniri i aksijalne ravni opserviranih nabora ne prikazuju prioritetan pravac (Slika 8-25), pa su pri istraživanjima grupisani na osnovu njihovih karakteristika i superpozicije deformacija. Generalno, pravac osa tonjenja ovih nabora prati opštu strukturu dome jastrebačkih planina i centralno utisnutog plutona, što upućuje na direktnu genetsku povezanost.



Slika 8-25: Ose (šarniri) uspravnih nabora vezanih za četvrtu (D4) deformacionu fazu.

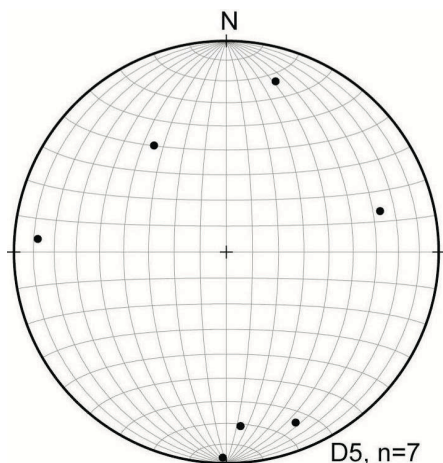


Fotografija 8-37. Uspravni simetrični nabori (D4) u zelenim škriljcima Boljevačko-vukanjske subjedinice na južnom krilu dome.

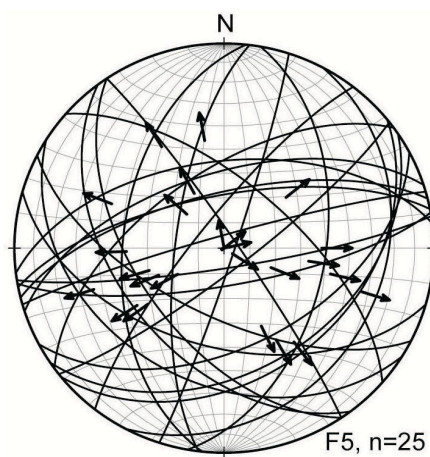
8.2.3. Ekstenzione deformacije (D5)

Poslednja značajna deformaciona faza (D5) obuhvata “britl” i duktilne strukture. Proučavane strukture su predstavljene smicanjima sa pravcem tektonskog transporta ka istoku, koja su udružena sa naborima sa subhorizontalnim aksijalnim ravnima u svim jedinicama zapadno od Vukanjskog raseda (Slika 8-26, Slika 8-18a). Ova faza je takođe povezana sa normalnim rasedima, koji su zapaženi u svim proučavanim jedinicama (Slika 8-27).

Terenskim osmatranjima zapadno od Vukanjskog raseda uočeni su prelazi struktura iz duktilnih u “britl” deformacije, što ukazuje da su ovi strukturni sadržaji nastali tokom ekshumacije. Ovo je saglasno sa superpozicionim odnosima na terenu, na što ukazuju podaci da su ovim deformacijama bile zahvaćene sve strukture formirane u ranijim deformacionim fazama (Fotografija 8-38).



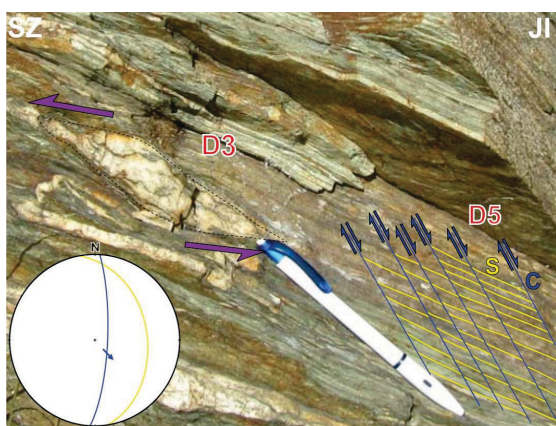
Slika 8-26: Ose (šarniri) nabora sa subhorizontalnim aksijalnim ravnima vezanim za (D5) deformacionu fazu.



Slika 8-27: Normalni rasedi prikazani kao ravni raseda sa određenim pravcem kretanja.

Smicanja izvedena tokom ove deformacione faze su posebno intenzivna u neposrednoj podini Vukanjskog raseda i odvijala su se u uslovima niskog stepena metamorfizma, u odnosu na uslove koji su egzistovali tokom starije D1 deformacione faze.

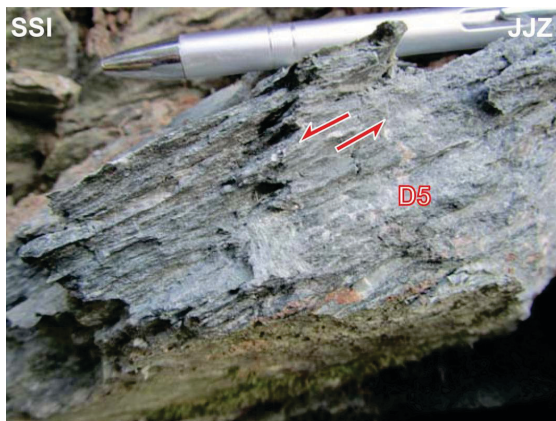
Strukture vezane za D5 smicanje obuhvataju milonitsku folijaciju (S5), dobro razvijenu strečing lineaciju, σ -klaste i zone smicanja malih razmera ("shear band"). Navedene strukture su najbolje izražene u škriljcima Boljevačko-vukanjske subjedinice, migmatitima Moravske jedinice iz podine Vukanjskog raseda i metapeščarima Lomničke subjedinice (Fotografija 8-45, Fotografija 8-39, Fotografija 8-40 i Fotografija 8-41).



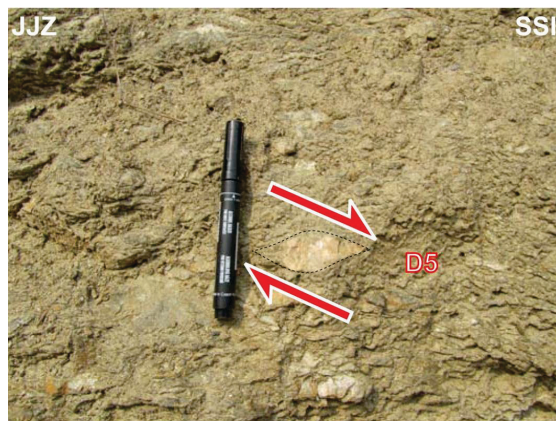
Fotografija 8-38. Superpozicioni odnosi (D3) smicanja praćenog tektonskim transportom ka severozapadu (σ -klast na levoj strani) i mlađih (D5) zona smicanja sa tektonskim transportom ka jugu u aktinolitskim škriljcima Jastrebačke jedinice na istočnom krilu dome.



Fotografija 8-39. Primer σ -klasta koji pokazuju (D5) smicanje praćeno tektonskim transportom ka jugoistoku u kredno-paleogenim metapeščarima do metapelitima Lomničke subjedinice na istočnom krilu dome.

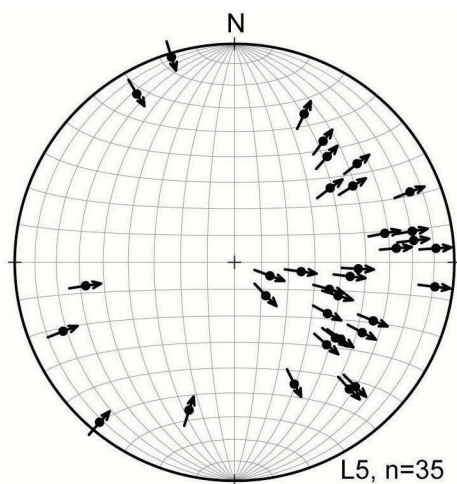


Fotografija 8-40: Primer σ -klasta koji pokazuju (D5) smicanje sa tektonskim transportom ka sever-severoistoku u aktinolitskim škriljcima Boljevačko-vukanijske jedinice na istočnom krilu dome.

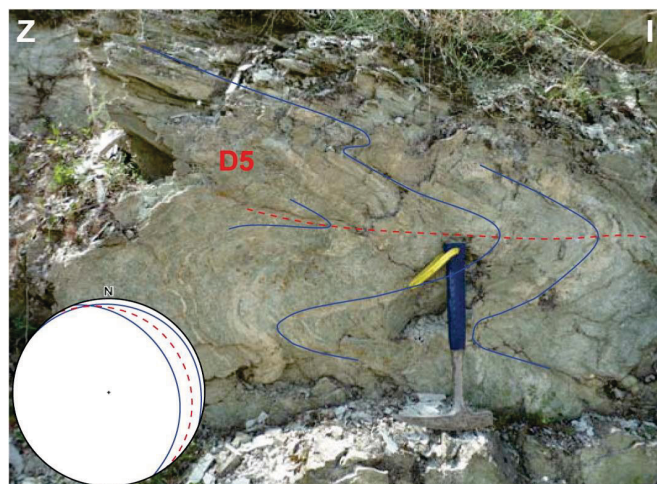


Fotografija 8-41: Primer σ -klasta koji pokazuju (D5) smicanje sa pravcem tektonskog transporta ka sever-severoistoku u migmatitima Moravske jedinice istočno od Vukanjskog raseda.

Retrogradni metamorfizam praćen hloritizacijom ili redukcijom veličine zrna liskuna uočljiv je u jedinicama višeg stepena metamorfizma. Strečing lineacija ima blage padove, u istim pravcima kao i krila dome, sa kinematskim indikatorima koji generalno ukazuju na smicanja sa pravcem tektonskog transporta ka istoku (Slika 8-28, narandžaste strelice na Slika 8-18a), sa odstupanjima ka severoistoku na severnoj ili ka jugozapadu na južnoj padini dome.

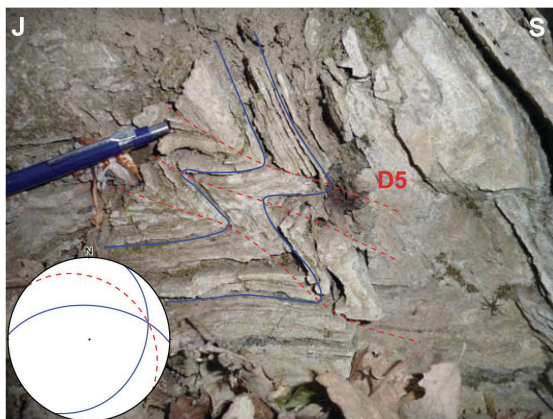


Slika 8-28: Strečing lineacija sa pravcima smicanja vezanog za petu deformacionu fazu.

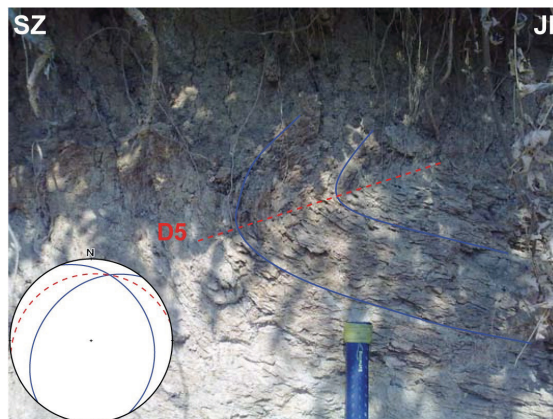


Fotografija 8-42: Nabori sa subhorizontalnim aksijalnim ravnima (D5) u aktinolitskim škriljcima Boljevačko-vukanijske subjedinice na istočnom krilu dome.

Ove deformacije su bile sinhronne takođe sa formiranjem nabora decimetarskih do metarskih razmera sa subhorizontalnim aksijalnim ravnima kojima su deformisane folijacija velikih padnih uglova ili prethodne generacije nabora (Slika 8-26, Fotografija 8-42, Fotografija 8-43, Fotografija 8-44, nabori kolapsa, prema Froitzheim, 1997).

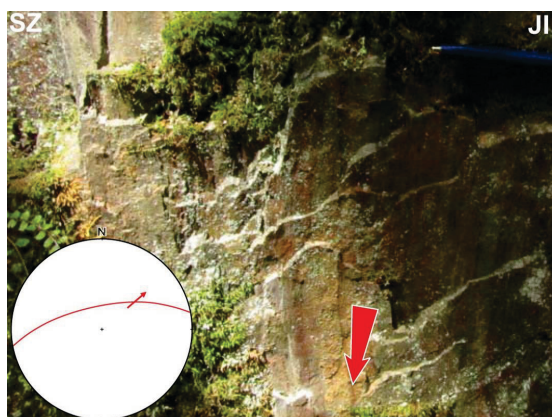


Fotografija 8-43: Nabor sa subhorizontalnim aksijalnim ravnima (D5) u sericitskim škriljcima Boljevačko-vukanjske subjedinice na jugoistočnom krilu dome.

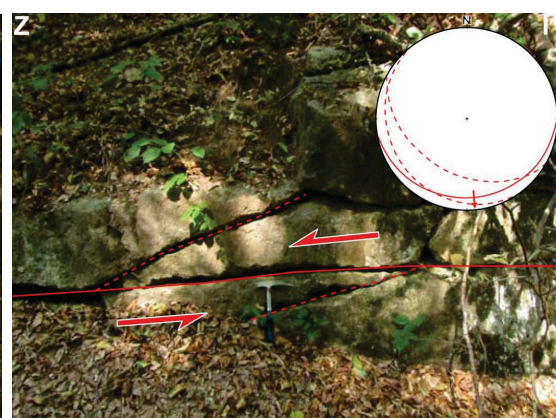


Fotografija 8-44: D5 nabor sa subhorizontalnom aksijalnom ravni u mikašistima Moravske jedinice na jugozapadnom krilu dome.

Na većoj udaljenosti zapadno od Vukanjskog raseda, intenzitet deformacija opada i postaje postepeno sve više "britl", a milonitske strukture su zamenjene kataklastičnim smicanjima i normalnim rasedima. Takvi normalni rasedi presecaju D5 milonite iz okruženja Vukanjskog raseda, što je najverovatnije efekat ekshumacije tokom deformacija.



Fotografija 8-45: Povlatni blok normalnog raseda i strije koje ukazuju na kretanja ka severoistoku (D5) u aktinolitiskim škriljcima Boljevačko-vukanjske subjedinice na zapadnom krilu dome.



Fotografija 8-46: Sub-horizontalni deo listričnog normalnog raseda sa Ridlovim ravnima koje u granodioritu na zapadnoj strani dome ukazuju na (D5) smicanje sa tektonskim transportom ka jugu.

Ovi normalni rasedi u području dome imaju različite orijentacije (Slika 8-27), ali generalno grubo pokazuju pravac ekstenzije istok-zapad, dok na severnoj i južnoj padini dome pokazuju pravac sever-jug sa padom od same dome (Fotografija 8-45, Fotografija 8-46). Normalni rasedi su često rotirani tokom formiranja dome (Fotografija 8-46). Oni takođe deformišu okolne miocenske sedimente koji okružuju Jastrebac i udruženi su sa

produktima sinkinematske depozicije, kao što su depozicione rasedne breče, erozija podine raseda i klinasti tip depozicije sa "book-shelf" geometrijom rotiranih blokova.

Opservacije u području izdanaka ukazuju na obnovljene kontrakcione deformacije malih razmera tokom pliocena-kvartara. Mali broj reversnih raseda sa metarskim iznosima kretanja i jugozapadnim vergencama je proučavan u kvartarnim sedimentima zapadnih i istočnih delova Jastrepcā. Lokalno, mezozojske stene su reversnim rasedima navučene preko miocenskih sedimenata (npr. kod sela Vukanja, Slika 8-18). Na severnoj i južnoj padini planine, gornjopliocenske-kvartarne gruboklastične aluvijalne naslage isklinjavaju prema planini pod nagibom od 1-8°, pri čemu su uglovi na južnoj padini Jastrepcā veći, što sugerše na opštu asimetriju pliocensko-kvartarnog antiformalnog izdizanja. Međutim, dostupni podaci nisu dovoljni za jasno definisanje takve strukture i njenih genetskih mehanizama u području Jastrepcā.

9. REZULTATI ODREDBE STAROSTI EKSHUMACIJE

Određivanje termohronoloških starosti je od kritičnog značaja za definisanje iznosa i intenziteta ekshumacije tokom različitih deformacionih faza u području Moravske i Jastrebačke jedinice. Nisko-temperaturna termohronologija je često kombinovana sa kinematskim studijama sa ciljem da se precizno odrede vremenski okviri deformacionih faza i ustanove iznosi vertikalnih kretanja izazvanih ovim deformacijama. Kako su jedan od značajnijih ciljeva ove studije iznosi ekshumacije jedinica koje predstavljaju beizment, analizirani su uzorci koji su prikupljeni iz metamorfnih i magmatskih stena jezgra jastrebačke dome. Za određivanje apsolutne starosti U-Pb metodom analiziran je uzorak iz plutona Ravnište.

9.1. Geohronološki rezultati U-Pb na cirkonu

Starost granodioritske intruzije u centralnom području Velikog Jastrepcia ima veliki značaj za razumevanje evolucije jastrebačke dome i definisanje apsolutnih starosti pojedinih deformacionih faza. Granodiorit Ravnište prema unutrašnjem sklopu, odnosu prema kontaktnoj površini i domastom rasporedu gornjokredno-paleogene krovine predstavlja konkordantni pluton lakolitskog oblika, površine oko 25 km², a brojne žice i intenzivne promene u stenama u koje se granodiorit utiskivao indiciraju na apikalni deo batolita (Rakić et al., 1976). Apsolutna starost određena Sr metodom je $37,3 \pm 5$ miliona godina, dok je K-Ar metoda istih stena dala drugačiju, ali ipak sličnu starost od 52 ± 2 miliona godina, što prema Rakić et al. (1976) ukazuje na gornjoeocensko-donjooligocensko utiskivanje granodiorita u gornjokredno-paleogene sedimente, koji su pritom kontaktno metamorfisani i zasvođeni u plitku, prostranu domu. Nepouzdanost postojeće Rb-Sr starosti plutona Ravnište je korigovana određivanjem apsolutne starosti U-Pb metodom na cirkonu iz uzorka granodiorita (JAS9). Uzorak je uzet iz krupnozrnog varijeteta granodiorita sa krupnim biotitima u severnom delu eksponirane intruzije Ravnište.

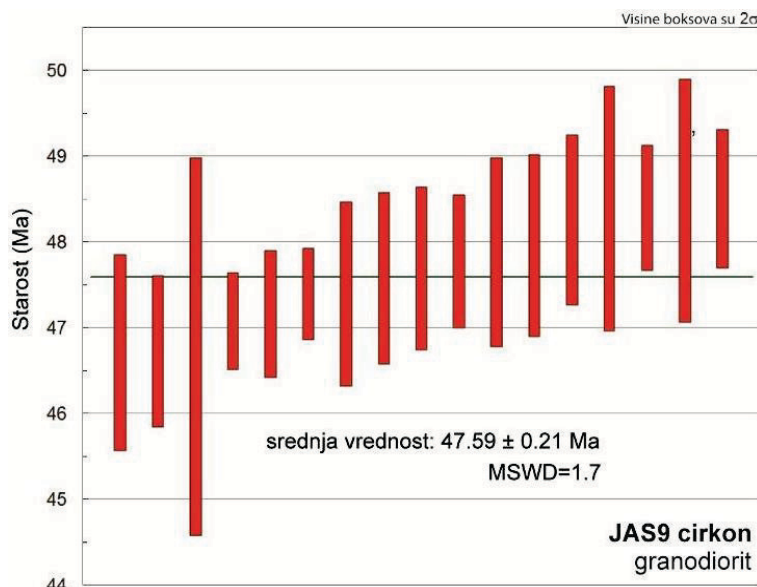
Za uzorak JAS9 urađeno je trideset sedam U-Pb odredbi jezgra i ruba individualnih kristala cirkona (Tabela 1). Oko polovine kristala dalo je različite starosti jezgra i ruba, gde su starosti jezgra do znatno starija u odnosu na starosti rubova. Starija jezgra interpretirana su kao nasleđena zrna u ovom magmatskom uzorku. Nasleđene starosti variraju od arhaik-rani proterozoik (3,2-2,4 Ga) do neoproterozoik-karbon (645-340

Ma) do nekih srednje mezozojskih (165-124 Ma) i mlađe mezozojskih - starije kenozojskih (70-60 Ma) (Tabela 1). Nijedno zrno nije imalo naročito visoke odnose U/Th (>10) i zbog toga najverovatnije nijedna tačka ne odražava metamorfni događaj.

Tabela 1: U-Pb geohronološke analize na cirkonima uzorka JAS9; C - analize jezgra cirkona, R - analize ruba cirkona. Nekoliko kristala cirkona sadrži starija nasleđena jezgra. Izražena eocenska populacija na spektrumu mlađe starosti je bila korišćena za određivanje starosti kristalizacije (Erak et al., 2017).

Analiza						Odnos izotopa							Dobijene starosti (Ma)						
	U	206Pb	U/Th	206Pb*	±	207Pb*	±	206Pb*	±	Greška	206Pb*	±	207Pb*	±	206Pb*	±	Pouzdanost starosti	±	
	(ppm)	204Pb		207Pb*	(%)	235U*	(%)	238U	(%)	Greška	238U*	(Ma)	235U	(Ma)	207Pb*	(Ma)	(Ma)	(Ma)	
DRH-JAS9-1	1711	17727	2,6	21,0981	4,3	0,0667	5,8	0,0102	4,0	0,68	65,5	2,6	65,6	3,7	69,3	101,2	65,5	2,6	
DRH-JAS9-2	801	28655	3,2	21,4019	11,6	0,0522	11,9	0,0081	2,9	0,25	52,0	1,5	51,6	6,0	35,2	277,6	52,0	1,5	
DRH-JAS9-3	210	11416	1,9	16,9258	11,6	0,1589	12,5	0,0195	4,6	0,37	124,5	5,7	149,8	17,4	570,1	254,0	124,5	5,7	
DRH-JAS9-4R	555	9604	4,3	21,3432	8,7	0,0470	9,1	0,0073	2,4	0,27	46,7	1,1	46,6	4,1	41,8	208,9	46,7	1,1	
DRH-JAS9-5C	1587	20738	2,6	20,6593	4,6	0,0489	4,8	0,0073	1,2	0,25	47,1	0,6	48,5	2,3	119,1	109,5	47,1	0,6	
DRH-JAS9-6R	972	31054	2,6	21,3321	8,8	0,0559	9,0	0,0086	1,8	0,20	55,5	1,0	55,2	4,9	43,0	211,8	55,5	1,0	
DRH-JAS9-8R	1610	14916	1,6	20,7620	4,3	0,0490	4,5	0,0074	1,1	0,25	47,4	0,5	48,6	2,1	107,4	102,5	47,4	0,5	
DRH-JAS9-10R	1285	17726	2,7	21,5006	6,6	0,0483	6,8	0,0075	1,5	0,22	48,4	0,7	47,9	3,2	24,2	158,1	48,4	0,7	
DRH-JAS9-11C	919	14822	1,7	20,9436	7,8	0,0615	8,4	0,0093	3,2	0,38	60,0	1,9	60,6	5,0	86,8	185,3	60,0	1,9	
DRH-JAS9-12R	2011	21753	2,5	20,9832	3,5	0,0494	4,0	0,0075	2,1	0,51	48,2	1,0	48,9	1,9	82,3	82,6	48,2	1,0	
DRH-JAS9-13C	773	17037	2,9	22,7085	17,1	0,0509	18,0	0,0084	5,4	0,30	53,8	2,9	50,4	8,8	-108,6	424,1	53,8	2,9	
DRH-JAS9-14R	3531	48541	5,8	20,5837	1,8	0,0527	2,9	0,0079	2,3	0,79	50,6	1,2	52,2	1,5	127,7	41,9	50,6	1,2	
DRH-JAS9-15C	1891	45022	2,4	21,5913	4,4	0,0482	4,7	0,0076	1,7	0,35	48,5	0,8	47,8	2,2	14,0	107,0	48,5	0,8	
DRH-JAS9-16R	1567	13841	3,7	20,1761	4,8	0,0516	5,6	0,0075	2,9	0,52	48,5	1,4	51,1	2,8	174,6	110,9	48,5	1,4	
DRH-JAS9-17C	576	92367	5,1	18,7987	1,5	0,3983	1,8	0,0543	1,1	0,59	340,9	3,6	340,4	5,3	337,1	33,7	340,9	3,6	
DRH-JAS9-18R	1233	11266	3,6	22,3526	11,8	0,0324	12,0	0,0053	1,7	0,15	33,8	0,6	32,4	3,8	-69,9	289,7	33,8	0,6	
DRH-JAS9-19C	885	5754	2,5	21,5140	13,3	0,0544	13,7	0,0085	3,3	0,24	54,5	1,8	53,8	7,2	22,7	320,2	54,5	1,8	
DRH-JAS9-20R	1034	16702	3,3	22,8152	11,2	0,0455	11,5	0,0075	3,0	0,26	48,4	1,4	45,2	5,1	-120,2	275,9	48,4	1,4	
DRH-JAS9-21C	775	15447	1,8	20,8737	4,8	0,1467	5,7	0,0222	3,0	0,53	141,6	4,2	139,0	7,4	94,7	114,4	141,6	4,2	
DRH-JAS9-22R	1239	31603	4,0	21,0987	4,7	0,0487	5,2	0,0075	2,3	0,44	47,9	1,1	48,3	2,5	69,2	111,0	47,9	1,1	
DRH-JAS9-23C	55	59637	1,9	3,9854	0,8	16,9495	3,8	0,4899	3,7	0,98	2570,3	77,9	2932,0	36,1	3190,5	12,5	3190,5	12,5	
DRH-JAS9-24R	1214	22851	3,1	21,5734	7,5	0,0472	7,8	0,0074	2,3	0,29	47,4	1,1	46,8	3,6	16,0	180,0	47,4	1,1	
DRH-JAS9-25C	193	1090	3,5	19,2645	14,0	0,1916	15,1	0,0268	5,6	0,37	170,3	9,5	178,0	24,6	281,4	321,3	170,3	9,5	
DRH-JAS9-26R	1361	30092	2,9	20,9578	4,0	0,0488	4,5	0,0074	2,0	0,44	47,7	0,9	48,4	2,1	85,2	95,3	47,7	0,9	
DRH-JAS9-27C	489	3521	5,4	23,5818	13,5	0,0640	13,9	0,0109	3,3	0,24	70,2	2,3	63,0	8,5	-202,4	340,2	70,2	2,3	
DRH-JAS9-28R	1174	11461	3,0	21,9874	11,1	0,0460	11,2	0,0073	1,6	0,14	47,2	0,7	45,7	5,0	-29,8	269,4	47,2	0,7	
DRH-JAS9-29C	1144	5392	9,3	19,5234	5,5	0,1246	6,2	0,0176	2,9	0,46	112,8	3,2	119,3	7,0	250,7	127,6	112,8	3,2	
DRH-JAS9-30R	1325	13454	3,2	22,3172	8,0	0,0449	8,2	0,0073	1,9	0,23	46,7	0,9	44,6	3,6	-66,0	195,6	46,7	0,9	
DRH-JAS9-31C	270	17683	2,0	19,8032	10,7	0,1802	11,1	0,0259	2,9	0,26	164,7	4,7	168,2	17,2	218,0	248,7	164,7	4,7	
DRH-JAS9-32R	1188	22579	2,6	21,5633	12,2	0,0474	12,4	0,0074	2,1	0,17	47,6	1,0	47,0	5,7	17,1	293,6	47,6	1,0	
DRH-JAS9-33C	1578	42493	1,8	14,4770	0,5	1,0034	8,5	0,1054	8,4	1,00	645,7	51,9	705,5	43,1	901,0	11,3	645,7	51,9	
DRH-JAS9-34R	1391	19194	2,9	20,6229	4,6	0,0499	5,1	0,0075	2,2	0,43	48,0	1,1	49,5	2,5	123,2	108,2	48,0	1,1	
DRH-JAS9-35C	1410	73588	3,6	6,5163	3,1	2,6624	27,6	0,1258	27,5	0,99	764,0	198,0	1318,1	206,9	2384,8	53,0	2384,8	53,0	
DRH-JAS9-36R	3438	4313	3,5	19,8832	7,9	0,0548	7,9	0,0079	0,8	0,11	50,7	0,4	54,2	4,2	208,6	182,3	50,7	0,4	
DRH-JAS9-37C	729	63742	2,8	15,0092	0,7	0,8320	4,1	0,0906	4,0	0,99	558,9	21,4	614,7	18,7	826,1	14,0	558,9	21,4	
DRH-JAS9-38R	1146	24257	3,1	21,3290	13,1	0,0481	13,2	0,0074	1,6	0,12	47,8	0,8	47,7	6,1	43,4	313,2	47,8	0,8	
DRH-JAS9-39C	188	2001	2,3	18,7836	15,0	0,1658	16,6	0,0226	7,0	0,42	144,0	10,0	155,8	23,9	338,9	341,4	144,0	10,0	
DRH-JAS9-40R	1297	1826	2,4	19,9086	12,9	0,0504	13,8	0,0073	4,7	0,34	46,8	2,2	50,0	6,7	205,6	301,1	46,8	2,2	

Iz ostalih jezgra kao i svih rubova dobijene su saglasne eocenske starosti, sedamnaest integrisanih tako da određuju prosečnu $238\text{U}/206\text{Pb}$ starost od $47,59 \pm 0,21$ Ma (MSWD= 1,7) (Tabela 1, Slika 9-1). Dobijena starost je interpretirana kao starost kristalizacije plutona Ravnište. Starija eocenska starost od 52 ± 2 miliona godina može se shvatiti kao početak utiskivanja intruzije, a mlađa starost od $37,3 \pm 5$ miliona godina kao dovođenje plutona u pliće nivoe kore.



Slika 9-1: ^{238}U - ^{206}Pb integrisana starost kristalizacije za uzorak JAS9 (Erak et al., 2017).

9.2. Termohronološki rezultati "fission track" na apatitima i cirkonima

Šest uzoraka korišćenih za analize "fission track" (u nastavku teksta FT) na cirkonima su prošli Chi-square (χ^2) testove sa vrednostima ispod 80% (Tabela 2, Slika 9-2g-l). Takođe, svih šest uzoraka korišćenih za analize FT na apatitima su prošli Chi-square (χ^2) testove sa vrednostima 100%, do tog stepena da potvrđuju homogenost populacije starosti (Tabela 3, Slika 9-2a-f).

Prosečne dužine FT apatitskih traka se kreću u opsegu između $11,68 \pm 0,51$ i $14,36 \pm 0,84$ μm , mestimično sa malim brojem dostupnih dužina potpunih traka. Srednje vrednosti Dpar (prosečnog prečnika ugravirane brazde sa standardnom devijacijom) su između 1,19 i 2,88 μm (Tabela 3). Svi parametri uzoraka su detaljno prikazani u Tabela 2 i Tabela 3, dok su njihove centralne starosti i lokacije prikazane na Slika 8-18. Iz uzorka JAS1 dobijena je cirkonska FT centralna starost od $28,6 \pm 1,5$ Ma, dok je apatitska FT (u nastavku teksta AFT) centralna starost istog uzorka $9,9 \pm 0,7$ Ma. Iz uzorka JAS3 dobijena je cirkonska FT (u nastavku teksta ZFT) centralna starost od $22,5 \pm 1,2$ Ma, dok je AFT centralna starost istog uzorka $9,7 \pm 0,9$ Ma. Iz uzorka E16 dobijena je AFT centralna starost $27,8 \pm 8,3$ Ma, koja ukazuje na hlađenje uzorka između ~ 120 °C i ~ 60 °C tokom gornjeg oligocena (AFT zona delimičnog poravnjanja, Laslett, 1987). Iz uzorka E17 dobijene su cirkonska FT centralna starost od $15,1 \pm 0,9$ Ma i apatitska FT centralna starost od $9,3 \pm 0,9$ Ma. Istočno od Vukanjskog raseda (Slika 8-18), uzorak E18 dao je cirkonsku FT centralnu starost od $90,9 \pm 4,0$ Ma, dok je

apatitska FT centralna starost istog uzorka $45,5 \pm 2,7$ Ma. Relativno kratke izmerene prosečne vrednosti ograničenih traka ($11,68 \pm 0,51$ μm , 17 traka, Tabela 3) ukazuju na eocenske termalne uticaje. Cirkonska FT centralna starost može biti korelisana sa uzorkom E19 iz kojeg je dobijena ZFT centralna starost od $82,7 \pm 6,0$ Ma, što ukazuje na sličnu istoriju hlađenja tokom gornje krede. Uzorak E15 iz granodiorita Ravnište je dao cirkonsku FT centralnu starost od $11,4 \pm 0,6$ Ma i apatitsku FT centralnu starost od $6,9 \pm 0,6$ Ma, dok izmerene dužine dve ograničene trake imaju veoma visoke prosečne vrednosti od $14,36 \pm 0,84$ μm (Tabela 2, Tabela 3).

Tabela 2: Analitički podaci za FT na cirkonima. Sve starosti su centralne starosti sa 1σ standardnom greškom (Galbraith i Laslett, 1993). ρ_s (ρ_i) = spontana (indukovana) gustina traka; $P(\chi^2)$ = verovatnoća dobijanja Chi-square (χ^2) za n stepeni slobodnog kretanja (n je broj kristala). Staklo CN-1, Zeta 128 ± 3 ; svi uzorci su prošli Chi-sq test na 5 % (Erak et al., 2017).

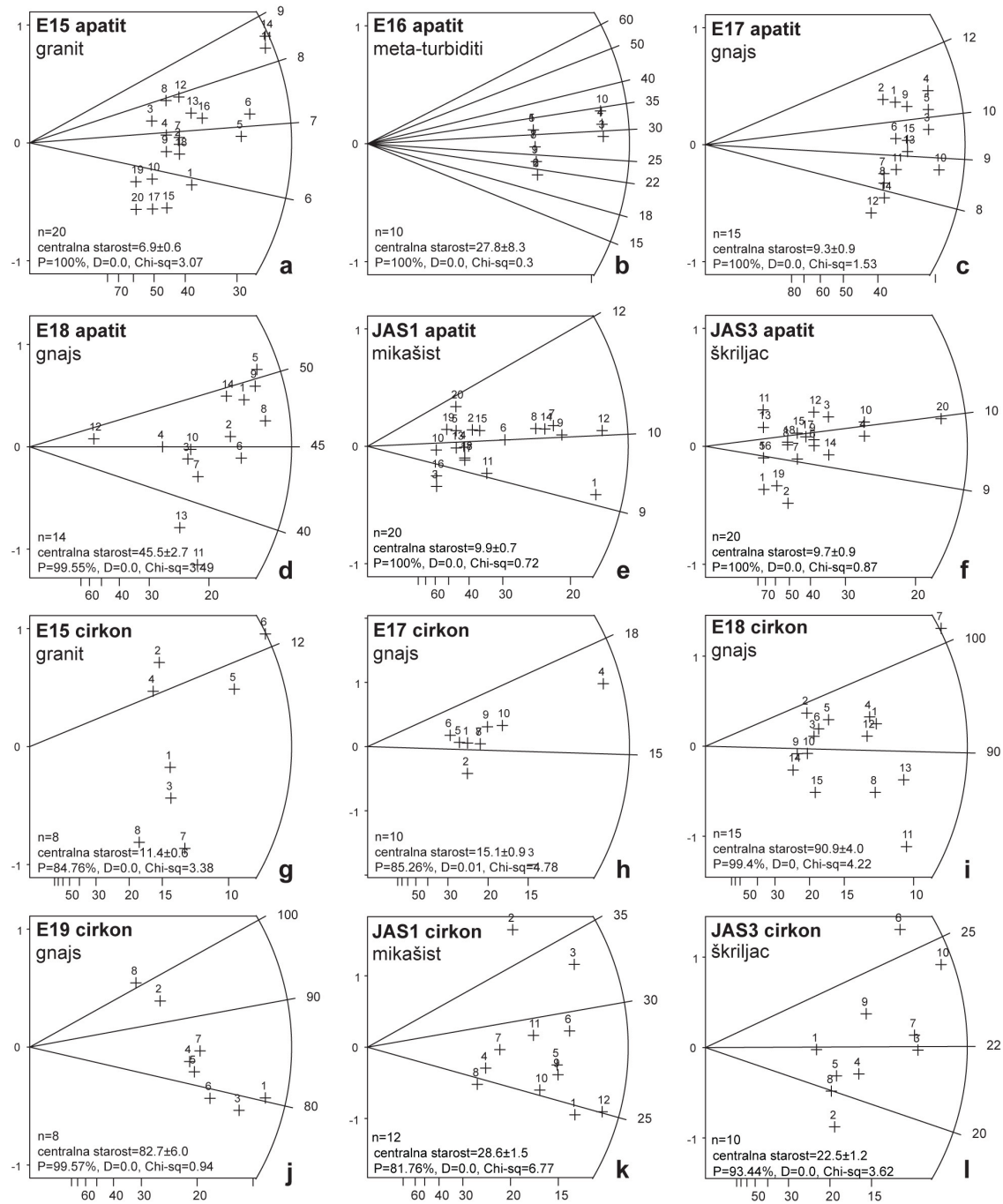
Analitički podaci FT na cirkonima								
Broj uzorka	Tip stene	Broj zrna	ρ_a 10^6tr/cm^2 (N_a)	ρ_s 10^6tr/cm^2 (N_s)	ρ_i 10^6tr/cm^2 (N_i)	$P(\chi^2)$ (%)	Rasipanje starosti (%)	"Fission track" starost (Ma)
JAS3/4	Hloritski škriljac	10	0,5184 (10704)	2,711 (797)	3,990 (1173)	93,4	0,00	$22,5 \pm 1,2$
JAS1	Mikašist	12	0,5184 (10704)	4,002 (859)	4,631 (994)	81,7	0,00	$28,6 \pm 1,5$
E15	Granodiorit	8	0,4719 (9744)	2,499 (715)	6,641 (1900)	84,7	0,00	$11,4 \pm 0,6$
E17	Gnajs	10	0,4719 (9744)	2,689 (457)	5,361 (911)	85,2	0,01	$15,1 \pm 0,9$
E18	Gnajs	15	0,4719 (9744)	7,403 (3120)	2,441 (1029)	99,4	0,00	$90,9 \pm 4,0$
E19	Gnajs	8	0,4719 (9744)	5,587 (810)	2,028 (294)	99,5	0,00	$82,7 \pm 6,0$

Tabela 3: Analitički podaci za FT na apatitima. Sve starosti su centralne starosti sa 1σ standardnom greškom (Galbraith i Laslett, 1993). ρ_s (ρ_i) = spontana (indukovana) gustina traka; $P(\chi^2)$ = verovatnoća dobijanja Chi-square (χ^2) za n stepeni slobodnog kretanja (n je broj kristala); Std – standardno odstupanje u distribuciji dužina traka; Dpar – prosečni prečnik ugravirane brazde sa standardnom devijacijom. Staklo CN-5, Zeta 358 ± 10 ; svi uzorci su prošli Chi-sq test na 5 % (Erak et al., 2017).

Analitički podaci FT-a na apatitima											
Broj uzorka	Tip stene	Broj zrna	ρ_a 10 ⁶ tr/cm ² (N _a)	ρ_s 10 ⁶ tr/cm ² (N _s)	ρ_i 10 ⁶ tr/cm ² (N _i)	P(χ ²) (%)	Rasipanje starosti (%)	“Fission track” starost (Ma)	Opseg merenja d Dpar (# Dpar)	Srednja dužina traka (μm) /(#lengths)	Std (μm)
JAS3/4	Hloritski škrljac	20	11,698 (24152)	0,087 (143)	1,885 (3084)	100	0,00	9,7 ± 0,9	1,19 -1,55 (100)		
JAS1	Mikašist	20	11,698 (24152)	0,122 (234)	2,584 (4962)	100	0,00	9,9 ± 0,7	1,23 -1,63 (100)	13,53 ± 1,44 (2)	1,02
E15	Granodiorit	20	10,537 (21755)	0,072 (139)	1,972 (3786)	100	0,00	6,9 ± 0,6	1,93 -2,30 (100)	14,36 ± 0,84 (2)	1,18
E16	Metapeščar	10	10,537 (21755)	0,015 (13)	0,104 (88)	100	0,00	27,8 ± 8,3	1,56 -2,88 (18)		
E17	Gnajs	15	10,537 (21755)	0,094 (130)	1,902 (2637)	100	0,00	9,3 ± 0,9	1,72 -2,28 (71)	14,48 (1)	
E18	Gnajs	14	10,537 (21755)	0,372 (464)	1,537 (1918)	99,4	0,00	45,5 ± 2,7	1,89 -2,25 (169)	11,68 ± 0,51 (17)	2,08

Dobijeni rezultati indiciraju prilično jasnu istoriju hlađenja svih tektonskih jedinica na Jastrepcu. Vukanjski rased razdvaja dve oblasti sa različitim istorijama hlađenja (Slika 8-18). Sve jedinice zapadno od ovog raseda (tj. Moravska i Jastrebačka jedinica, uključujući poslednju jedinicu sa obe subjedinice) su prošle kroz dug period gornjooligocensko–miocenskog hlađenja. Sa obzirom na znatno starije utiskivanje plutona Ravnište od pre $47,59 \pm 0,21$ Ma, hlađenje mora reflektovati ekshumaciju. Hlađenje na koje ukazuju cirkonske FT starosti se odvijalo u intervalu ~ 29 -11 Ma. Izražene razlike duž Vukanjskog raseda ukazuju na diferencijalnu tektonsku ekshumaciju. Sa jasnim izuzetkom uzorka E16, ostale četiri apatitske FT starosti grupišu se u mali vremenski interval gornjeg miocena ~ 10 -6 Ma. Kombinovanje sa AFT starošću uzorka E18 od $45,5 \pm 2,7$ Ma neposredno istočno i duž Vukanjskog raseda ukazuje na tektonsku ekshumaciju. Nasuprot tome, iz uzorka E16 dobijena je veća apatitska FT starost ~ 28 Ma. Ovaj uzorak je prikupljen iz kontaktne metamorfne zone plutona Ravnište, gde je stena pretrpela intenzivnu rekristalizaciju, što ukazuje na značajno ponovno zagrevanje i cirkulaciju fluida kroz stene duž žica i dajkova. Moguće da je stenski sadržaj iz kojeg je uzet uzorak pretrpeo seriju sukcesivnih ponovnih zagrevanja i da je centralna starost dobijena na osnovu smanjenog broja merenih apatita (10, Slika 9-2) pre kumulativna, nego starost ekshumacije, gde je značajan uticaj imala metasomatska cirkulacija rastvora (npr. Luijendijk et al., 2011). Zbog toga je ovaj uzorak isključen iz daljih interpretacija. Ostali uzorci locirani na većoj udaljenosti od plutona nisu bili izloženi njegovom termalnom uticaju, što pokazuje brzo bočno opadanje intenziteta metasomatizma. Distribucija cirkonskih FT podataka pokazuje dve različite starosti od $28,6 \pm 1,5$ i $15,1 \pm 0,9$ Ma u neposrednom području zapadne podine Vukanjskog raseda. Zapadno na postepeno većoj udaljenosti, cirkonske FT starosti pokazuju različit, ali mlađi par starosti od $22,5 \pm 1,2$ i $11,4 \pm 0,6$ Ma. Ove razlike su interpretirane kao rezultat dugovremenog zadržavanja u ZFT zoni delimičnog poravnanja tokom oligocensko-miocenskog hlađenja. Ovo takođe ukazuje da su oblasti na većim udaljenostima zapadno od Vukanjskog raseda bile ekshumirane nešto kasnije nego neposredna podina. Kumulativna ekshumacija tokom gornjeg oligocena – miocena u oblasti zapadno od Vukanjskog raseda trebalo bi da je reda veličina od oko 7 km, uzimajući u obzir visoke vrednosti današnjeg geotermalnog gradijenta od ~ 30 °C/km i

~200 °C temperaturnog opsega ZFT i AFT zone delimičnog poravnanja (Laslett, 1987; Tagami, 2005).



Slika 9-2: Rezultati odredbi starosti. a-f) Rezultati FT analize na apatitima sa distribucijom za jedan kristal., n je broj brojanih kristala; P — verovatnoća dobijanja Chi-square (χ^2); D = disperzija starosti u jednom kristalu; g-l) Rezultati FT analize na cirkonima sa distribucijom za jedan kristal., n je broj brojanih kristala; P — verovatnoća dobijanja Chi-square (χ^2); D = disperzija starosti u jednom kristalu; Radijalni dijagrami predstavljaju distribucije starosti za pojedinačna cirkonska i apatitska zrna, dobijene pomoću TrackKey softvera (Dunkl, 2002). Sive linije označavaju najistaknutija poklapanja pikova, x i y ose pokazuju procentualne relativne greške i standardna odstupanja (Erak et al., 2017).

Istočno od Vukanjskog raseda u neposrednoj oblasti njegovog povlatnog bloka, dve dostupne cirkonske FT starosti ukazuju na hlađenje tokom gornjokrednih vremena ~94-80 Ma (Slika 8-18). U istoj oblasti, dostupna starost jednog zrna apatita od $45,5 \pm 2,7$ Ma, u okviru greške, je u opsegu utiskivanja plutona Ravnište i njegovog naknadnog hlađenja.

Samo ograničen broj FT dužina traka u apatitima je bilo moguće izmeriti (Tabela 3), onemogućavajući dalje vremensko-temperaturno modelovanje puteva hlađenja (npr. Ketcham et al., 2003). Temeljna analiza niskotemperaturnih termohronoloških starosti (Slika 8-18) pokazuje da je ekshumacija bila prostorno distribuirana tokom gornjeg oligocena – miocena sa cirkonskim FT i apatitskim FT starostima stenskih sadržaja situiranih u neposrednoj prostornoj blizini. Takva distribucija u razmerama celokupne dome ukazuje na dug period ekshumacije i nemoguće je razgraničiti tektonske od ostalih ekshumacionih procesa. S toga, vremensko-temperaturno modelovanje nije izvedeno, jer nije bilo neophodno. Naprotiv, tektonska ekshumacija tokom ovog perioda je jasno izražena diferencijalnom ekshumacijom duž Vukanjskog raseda (Slika 8-18a) i struktura opserviranih na terenu, što je potvrđeno i korelacijom sa sličnim starostima tektonske ekshumacije struktura iz neposredne okoline planine Jastrebac.

10. REKONSTRUKCIJA TEKTONO-TERMALNE EVOLUCIJE JASTREBAČKE DOME

Kombinovana kinematska i termohronološka istraživanja područja planine Jastrebac su pokazala kompleksnu višefaznu evoluciju koja je delimično u saglasnosti sa prethodnim, više kvalitativnim zaključcima. Ovim istraživanjima utvrđena višefazna evolucija obuhvata događaje od gornjokredne ekshumacije u području kontakta između Moravske jedinice i Supraetikuma, zatim najmlađe kredno-eocenske faze kontrakcije i utiskivanja plutona Ravnište, koji su bili vezani za krupniji tektonski događaj navlačenja Moravske jedinice preko Jastrebačke jedinice, a koji je ispoljen uvođenjem ovih jedinica u dublje delove litosfere, smicanjem, metamorfizmom i kontinuiranom kontrakcijom do njihove konačne gornjooligocensko-miocenske ekshumacije u površinske nivoe, mehanizmom ekstenzionog detačmenta, čime je kao krajnji rezultat formirana jastrebačka doma. Pri tome, treba istaći da su istraživanja ukazala na starije događaje u okviru evolucije područja Jastrepcā. Korelacijom tektono-stratigrafskih jedinica Jastrepcā sa njihovim nemetamorfisanim ekvivalentima, utvrđene su tri krupne tektonske jedinice, među kojima je najstarija Moravska jedinica, kao deo krupnije jedinice Srpsko-makedonske mase. Zaključak najskorijih termohronoloških istraživanja južno od istraživānog područja je da je vrhunac metamorfizma u jedinici Srpsko-makedonske mase dostignut za vreme variscijske epohe i da magmatizam opserviran u ovim jedinicama ima dugu paleozojsku evoluciju (Antić et al., 2016a). Pri analiziranju struktura opservirane su krenulacija i izoklini nabori malih razmera (μ -cm razmera) u metasedimentima i lokalno u okviru metamorfisanih magmatskih stena (gnajsevi, migmatiti, amfiboliti), koje moraju biti starije i najverovatnije su formirane tokom starijeg paleozojskog događaja, kojem je bila izložena krupnija jedinica Srpsko-makedonske mase. Pomenuta interpretacija je uporediva sa sličnim strukturama i starostima koje su opservirane izvan istraživānog područja (npr. Kydonakis et al., 2014; Antić et al., 2016a,b). Međutim, kako je cilj istraživanja doktorske disertacije bio odrediti i definisati tektono-termalnu evoluciju jastrebačke dome ovi stariji događaji u evoluciji područja Jastrepcā nisu razmatrani.

10.1. Smicanje i gornjokredna ekshumacija u području kontakta između Moravske jedinice i Supragetikuma (D1)

Utvrđivanje značaja D1 smicanja istočno od Vukanjskog raseda je otežano u poređenju sa jasnije izraženim naknadnim događajima. D1 i D5 miloniti su različitog stepena metamorfizma, ali indiciraju sličan pravac smicanja sa tektonskim transportom ka istoku. D1 i D5 strukture nisu mogle biti formirane tokom istog tektonskog događaja, zato što su gornjokredno-donjopaleogeni protoliti lomničkih turbidita, koji su pretrpeli D5 ekstenzione deformacije, mlađi od dve gornjokredne starosti dobijenih “fission track” metodom na cirkonima (cenoman – donji kampan u okvirima greške) iz područja istočno od Vukanjskog raseda, koje je izgrađeno od visokotemperaturnih D1 milonita. D1 miloniti iz facije zelenih škriljaca su očigledno mlađi od paleozojskih deformacija nastalih pri uslovima amfibolitske facije, jer presecaju ove starije strukture. Opservacije ovih odnosa su jedinstvene, jer je kontakt između Srpsko-makedonskog masiva (tj. Moravska jedinica) i Supragetikuma veoma retko otkriven u Srbiji. Uzimajući u obzir prostornu povezanost D1 deformacija i ekshumacije gornjokredne starosti, može se interpretirati faza gornjokredne ekshumacije povezane sa smicanjem, praćenog tektonskim transportom ka istoku. Međutim, ovakva interpretacija bi bila spekulativna, ako bi se bazirala samo na podacima dostupnim u istraživanom području, pošto razlika u hlađenju od ~180 °C može uključivati uticaj drugih tektonskih ili erozionih procesa.

Postoje dve mogućnosti za interpretaciju D1 zone smicanja, koja je konstatovana na kontaktu između Moravske i jedinice Supragetikuma. Prva interpretacija bi bila da zona smicanja reflektuje navlačenje unutar pojedinih delova same Moravske jedinice sa tektonskim transportom ka istoku, u blizini njenog kontakta sa Supragetikumom. U prvoj hipotezi, zona smicanja je prvobitno imala pad ka zapadu, a kasnije je rotirana izdizanjem podine po naknadnom detačmentu (pogledati diskusiju napred). Prema ovoj interpretaciji, takvo navlačenje tipa “out of sequence” bilo je gornjokredno ili starije, a ekshumacija je tokom ili nakon navlačenja bila potpomognuta erozionim procesima. Ovako prezentovana hipoteza nije potvrđena podacima prikupljenim tokom izvedenih terenskih istraživanja, jer su sve opservirane kontrakcione strukture mlađe od zone smicanja, na šta ukazuju prenabiranja ili presecanja D1 struktura. U drugoj interpretaciji kontakt između Moravske jedinice i Supragetikuma je gornjokredni detačment (DEF zona smicanja na Slika 6-7 i Slika 8-18), koji je formirao široku zonu smicanja u podini,

tj. delu Moravske jedinice koja se nalazi u povlati Vukanjskog raseda. U tom slučaju, vreme hlađenja cirkona bi reprezentovalo starost tektonske ekshumacije podine po ovakvoj ekstenzionoj strukturi.

10.2. Mlađe kredno-eocenska kontrakcija i utiskivanje plutona Ravnište (D2-D4)

Sukcesivne D2-D4 faze zajedno predstavljaju krupniji tektonski događaj, kojim je Moravska jedinica navučena preko Jastrebačke jedinice (MJ kontaktna zona na Slika 6-7 i Slika 8-18) i koji je ispoljen uvođenjem ovih jedinica u dublje delove litosfere, smicanjem, metamorfizmom i kontinuiranom kontrakcijom. Metamorfisane sedimentne i bazične stene Boljevačko-vukanjske subjedinice su bile navučene preko slabo metamorfisanih turbidita Lomničke subjedinice (BVL kontaktna zona na Slika 6-7 i Slika 8-18).

D3 faza se karakteriše visokim intenzitetom smicanja u metasedimentima Lomnice i u gornjim delovima Boljevačko-vukanjske jedinice, što ukazuje na poziciju najbližu podini glavnog navlačnog kontakta za vreme uvođenja u dublje nivoe subdukcione zone. Razlika u stepenu metamorfizma dve tektonske subjedinice Jastrebačke jedinice ukazuje da je njihova superpozicija navlačenja usledila nakon inicijalne faze tonjenja i metamorfizma. Ovo upućuje da je početni metamorfizam nastupio kao odgovor na navlačenja tipa "out of sequence" duž MJ kontakta i da je kasnije bio praćen navlačenjem duž BVL kontakta (Slika 6-7 i Slika 8-18). Geometrija uspravnih nabora (D4) zapažena u svim jedinicama Jastrepca slična je antiformali većih razmera u čijem jezgru se nalazi centralna intruzija Ravnište (Slika 8-18b), što upućuje na činjenicu da je faza formiranja uspravnih nabora (D4) bila još uvek aktivna tokom eocenskog utiskivanja plutona Ravnište pre ~47 Ma.

Celokupna D2-D4 kontrakciona faza se odvila u periodu najmlađa gornja kreda – srednji eocen, što je određeno kombinacijom opservacija pri izvedenim istraživanjima i korelacijom sa starošću struktura i tonjenja u susednoj zapadnoj Sava zoni i zapadnije situiranom području Kopaonika (Slika 6-6b, pogledati Schmid et al., 2008; Schefer et al., 2011). Takođe, ova starost je saglasna sa prethodnim istraživanjima na Jastrepce (Grubić, 1999; Marović et al., 2007). Slično ovim istraživanjima, može se zaključiti da je ovo sažimanje bilo sinhrono sa depozicijom grubozrnih sinkinematskih turbidita

dubokomorskog rova, koji su zatim bili uvučeni u zonu subdukcije, metamorfisani i kasnije ekshumirani kao sadržaj Lomničke jedinice.

U istraživanom području, ovaj značajan kontrakcioni događaj nije glavni uzročnik finalne ekshumacije Srpsko-makedonske mase. Sudeći prema malobrojnim podacima, izučavani kompresioni događaj nije rezultirao resetovanjem starosti cirkona koji datiraju ekshumaciju, a koja je potvrđena odredbom starosti apatita od približno 45 Ma. Ova starost je vrlo približna starosti utiskivanja plutona Ravnište (~47 Ma). Stoga, apatitski FT sistem je mogao biti termalno resetovan njegovim utiskivanjem i kasnijim hlađenjem. Sama strukturalna pozicija uzorka E18 (Slika 8-18) zahteva posebnu opreznost, jer se nakon obnavljanja miocenskog smicanja duž Vukanjskog detačmenta stenski sadržaj iz kog je uzet uzorak mogao nalaziti u neposrednoj blizini plutona za vreme njegovog utiskivanja.

10.3. Gornjooligocensko-miocenska ekstenzija i ekshumacija dome (D5)

Prikupljeni kinematski i niskotemperaturno termohronološki podaci pokazuju fazu gornjooligocensko-gornjomiocenskih ekstenzionih deformacija i prateću ekshumaciju u području Jastrepcia. Deformacionom fazom D5 formiran je Vukanjski detačment pri klasičnim uslovima facije zelenih škriljaca. Tokom ekstenzione ekshumacije njegove podine evidentan je postepen prelaz od kataklastičnog do “britl” normalnog rasedanja. Kinematski indikatori duktilnih deformacija ukazuju na transport ka istoku. Indikatori tektonskog transporta na severnom i južnom krilu dome pokazuju određena odstupanja. Normalni rasedi mogu pokazivati prilično velike iznose kretanja, kao što je to slučaj duž zapadnog krila dome gde presecaju ofiolite i ofiolitski melanž zajedno sa donjokrednim sedimentima koji leže preko njih (Slika 8-18b). Na povlatnom bloku Vukanjskog raseda su sačuvani tragovi “britl” normalnog rasedanja, koji su sinhroni sa ovim deformacijama. Ekstenzija je takođe bila praćena formiranjem D5 nabora sa horizontalnim aksijalnim ravnicama. Sve ove strukture su slične drugim opservacijama iz područja orogenih ekstenzionih doma, a koje su kontrolisane glavnim detačmentima (npr. Colleta i Angelier, 1982; Wernicke, 1985; Buck, 1988; Brun i Sokoutis, 2007).

Terenska osmatranja, a posebno distribucija cirkonskih i apatitskih FT starosti pokazuju da su ekstenzionim deformacijama bili reaktivirani navlačni kontakti između Moravske i Jastrebačke jedinice (MJ kontakt, Slika 8-18), što je verovatno bilo olakšano

egzistencijom ranije oslabljenih zona u području suture. Ekstenzione deformacije takođe su se u Moravskoj jedinici odrazile intenzivnim smicanjem u podini Vukanjskog raseda. Starost ekstenzionog događaja je demonstrirana dugom fazom hlađenja (~29-6Ma). Značajna tektonska smicanja su potvrđena poređenjem cirkonskih i apatitskih FT starosti dobijenih iz podine Vukanjskog detačmenta (Slika 8-18) i cirkonskih i apatitskih FT starosti određenih u povlati detačmenta. Cirkonske FT starosti od oko 28-15 Ma dobijene iz stenskog sadržaja neposredne podine Vukanjskog raseda pokazuju da je početna gornjooligocenska–donjomiocenska ekshumacija bila usporena, a zatim ubrzana tokom srednjeg-gornjeg miocena. Ovo je takođe, saglasno sa informacijama dobijenim analizom dužina FT traka. U poređenju sa tipičnim termalnim i izostatičkim ponovnim uravnotežavanjem ekstenzionih struktura ovog tipa (npr. Wernicke, 1985), to znači da je veći deo geometrije dome Jastrepc bio formiran već tokom srednjo-gornjomiocenske faze ekstenzije.

Ekstenzija je najverovatnije bila praćena periodom pliocensko-kvartarnih kontrakcija, koje su u toku procesa izdizanja, reda veličina od maksimalno nekoliko stotina metara, naglasile centralnu antiformu Jastrepc. Međutim, podaci ove studije su ograničeni i nedovoljni za odgovarajuće razdvajanje između kolapsa izdignute morfologije koja je formirana nakon gornjeg miocena i kasnije faze kontrakcija.

11. DISKUSIJA

Podaci uzeti u obzir pri analizi i interpretaciji, prezentirani u doktorskoj disertaciji su kompatibilni sa opservacijama i interpretacijama u drugim oblastima neposrednog okruženja Sava zone, kako u evropskim tako i u dinaridskim jedinicama. Kontrakcija tokom gornjokredno-eocenskog perioda je slično dokumentovana u drugim oblastima Dinarida, uključujući Sava zonu i njenu okolinu (npr. Schmid et al., 2008; Ustaszewski et al., 2010; Schefer et al., 2011; Stojadinovic et al., 2013; Toljić et al., 2013; van Gelder et al., 2015). Istraživanja su pokazala da su skoro sva ispitivana područja bila izložena periodu gornjokredne kontrakcije, koja je zabeležena u distalnim jedinicama Adrije i njihovom pokrovu koji je izgrađen od turbidita Sava zone. Zapažanja na Jastrepcu su u saglasnosti sa ovim studijama, koje prikazuju kontrakciju zabeleženu u sličnim sekvencama tonjenja segmenata litosfere i pratećeg metamorfizma, asimetričnog smicanja praćenog tektonskim transportom ka zapadu, jugozapadu ili jugu i formiranja uspravnih nabora povezanih ili ne sa istovremenim utiskivanjem plutona.

Distalna adrijska margina prethodno uvučena u dublje nivoe subdukcione zone i metamorfisana duž pružanja Sava Zone, bila je naknadno ekshumirana duž velikog broja oligocensko-miocenskih detačmenta sa formiranjem ekstenzionih doma u njihovoj podini, pri reaktiviranju već prethodno formirane oslabljene zone turbidita Sava suture. Takva situacija se na primer uočava duž dinaridskog pružanja na planini Medvednici u Hrvatskoj (van Gelder et al., 2015), na sistemu Kozara-Motajica u Bosni i Hercegovini i u Hrvatskoj (Ustaszewski et al., 2010), Fruškoj Gori, Ceru i Bukulji u severnoj i centralnoj Srbiji (Slika 6-6b, Stojadinovic et al., 2013; Toljić et al., 2013), u neposrednoj okolini Kopaonik-Studenica (Slika 6-6b, Schefer et al., 2011), kao i u Panonskom basenu, gde su stenski sadržaji uvučeni u dublje nivoe kore ispod miocenskih sedimenata (Matenco i Radivojević, 2012). Vrhunac ekstenzije u svim ovim oblastima dostignut je pre oko 15-11 Ma, dok je vreme početka ekstenzije i dalje nejasno. Testiranjem prethodnih postulata o početku ekstenzije pre oko ~20 Ma u području većeg Panonskog basena (npr. Horváth et al., 2006), pri skorijim istraživanjima, na osnovu jednog seta visokotemperaturnih termohronoloških podataka (visoka rezolucija Rb-Sr, Toljić et al., 2013) i utiskivanja genetski povezanog plutona u podini detačmenta (npr. Bukulja pluton ~23 Ma, Stojadinovic et al., 2017) dobijeno je oligocensko vreme početka ekstenzije (~28 Ma). Ovim istraživanjima potvrđen je raniji

početak ekstenzije u produžetku Panonskog basena u okviru Moravskog rova u području Jastrepca, pre oko ~28 Ma.

11.1. Definisanje gornjokrednog detačmenta na kontaktu između Moravske jedinice i Supragetikuma

Između dve moguće interpretacije D1 smicanja sa tektonskim transportom ka istoku, interpretacija gornjokrednog detačmenta kojim je ekshumirana Moravska jedinica iz podine povlatnog bloka Supragetikuma je saglasna sa drugim regionalnim informacijama izvan istraživanog područja. Navlačni kontakt između niskometamorfisanog kompleksa jedinice Supragetikuma i jedinice Getikuma u njenoj podini, izgrađen od trijasko-donjokrednih sedimenata (pretežno karbonati), otkriven je neposredno istočno od reke Morave (Slika 6-6b, c). Od Južnih Karpata u Rumuniji do jugozapadne Bugarske (Slika 6-6b), ovaj kontakt između Supragetikuma i Getikuma interpretiran je kao kontakt donjokredne starosti (intra-alb, ~110-100 Ma), što predstavlja vreme početka kontinentalne kolizije, uspostavljene nakon subdukcije Čehlau-Severin okeana u Karpato-balkanidima (npr. Schmid et al., 2008), a praćene nastavkom kolizije tokom mlađe gornje krede. Ovo je demonstrirano istraživanjima post-tektonskih pokrova, regionalnog metamorfizma i studijama porekla (npr. Iancu et al., 2005; Kounov et al., 2010 i ostale reference na tu temu). Preliminirana istraživanja istočno od reke Morave pokazuju “britl” navlačni kontakt koji verovatno nije bio povezan sa glavnom zonom smicanja u Moravskoj jedinici u području planine Jastrebac.

Strukturno najviši položaj Srpsko-makedonske mase u poređenju sa drugim evropskim jedinicama je interpretiran na osnovu njenog visokog stepena metamorfizma i geometrije struktura (pogledati diskusiju u Schmid et al., 2008; Matenco i Radivojević, 2012), međutim za korelaciju su dostupne samo nepublikovane studije koje su urađene za nekoliko područja gde je njihov kontakt u Srbiji otkriven.

Schmid et al. (2008) interpretiraju pre-mezozojsku starost kontakta između visoko metamorfisanog kristalina Srpsko-makedonske mase i niskotemperaturnog metamorfikuma. U Srbiji, trijaski sedimenti (Malešević et al., 1980) metamorfisani u subfaciji zelenih škriljaca lokalno leže preko visokometamorfisanog dela Srpsko-makedonske mase. Ovo ukazuje da je visokotemperaturni metamorfizam u najzapadnijem delu Srpsko-makedonske mase pre-mezozojske starosti. Takođe,

interpretiraju celu Getikum-Supragetikum navlačnu sekvencu, formiranu krajem donje krede, kao tektonsku povlatu sadržajima Sava zone, strukturno uobličene kredno-rano kenozojskom kolizijom sa Dinaridima, koji uključuju Jadar-Kopaonik jedinicu i Zapadne Vardarske ofiolite, na pozicijama donje ploče subdukcionog sistema (Slika 6-6c). Na osnovu terenski prikupljenih podataka i geološke karte (Malešević et al., 1980), zaključuju da su Istočni Vardarski ofioliti pozicionirani u strukturno višem položaju u odnosu na Srpsko-makedonsku masu. Stoga, nasuprot opšte prihvaćenom mišljenju, ističu činjenicu da najistočniji delovi Vardarskih ofiolita, koji su na karti povezani sa Južnim Apusenima i Transilvanijskim ofiolitima (Slika 6-6), tektonski leže preko Getikum-Supragetikum navlačne sekvence. Na osnovu ovih podataka i činjenica obrazloženih u daljem tekstu, Biharijski navlačni sistem Apusenskih planina priključen je Getikum-Supragetikum navlačnoj sekvenci (Slika 6-6, Schmidt et al., 2008). Biharijska navlaka Apusenskih planina zauzima najviši strukturni položaj u severno do severozapadno navučenom Severnom Apusenskom orogenu (Bleahu et al., 1981; Balintoni 1994). Usled toga, oni su obično smatrani za integralni deo Tisijske jedinice (Csontos i Vörös, 2004). Međutim, kombinujući površinsko geološko kartiranje u Apusenskim planinama (npr. Balintoni, 1994) sa njihovom interpretacijom potpovršinskih podataka iz Transilvanijskog basena (Krézsek i Bally, 2006) zaključuju da Biharijski navlačni sistem kao i Bukovinska (Getikum-Supragetikum) navlačna sekvenca strukturno leže ispod ofiolitskih jedinica Južnih ("Metaliferous" – metaličnih) Apusenskih planina i Transilvanijskih ofiolitskih jedinica. Obe navlačne sekvence su deo iste strukturne jedinice, strukturno najviše jedinice Istočnih Karpata (npr. Sandulescu, 1994). Stoga, smatraju da je Biharijski navlačni sistem deo Dakija mega-jedinice, tj margine evropske ploče.

Matenco i Radivojević (2012) ukazuju da kontakt između Biharijske navlake i Srpsko-makedonska masa / navlaka Supragetikuma (ili njihovih ekvivalenata) nije nigde površinski otkriven u području sistema Karpata-Dinaridi. Ističu da je ovaj kontakt uvek pokriven ofiolitskom sekvencom, krednim sedimentima ili neogenim naslagama Panonskog i Transilvanijskog basena (Slika 6-6a) i da u ovom području ne postoji značajnija struktura koja razdvaja ove jedinice. Stoga, Srpsko-makedonsku masu i Bihariju priključuju istoj jedinici, koja je naknadno metamorfisana mlađom srednjogornjokrednom i/ili donjokrednom fazom metamorfizma u području njene sever-

severozapadne do severozapadne margine. Uzimajući u obzir da je jedini eksponirani kontakt između Srpsko-makedonske mase i Supragetikuma u području Vršačkog Brega pre-alpske starosti, ukazuju da sve ove jedinice trebaju svrstati u jednu tektonsku jedinicu, kao što je sugerisao Schmid et al. (2008). Stoga, strukturno najviši položaj u navlačnom sistemu Karpato-balkanida zauzima Srpsko-makedonska masa, koja je svrstana u krupniju Dakija jedinicu (Slika 6-6).

Južno od istraživane oblasti, termohronološkim istraživanjima sprovedenim u jedinici Srpsko-makedonske mase u jugoistočnoj Srbiji i susednim zemljama dobijene su cirkonske starosti koje su interpretirane kao odraz perioda post-orogene ekstenzije (vezano za karpato-balkanski orogen) i formiranja ekstenzionih detačmenta ~110-90 Ma (Antić et al., 2016b). Cirkonske starosti određene ovim istraživanjima, sa opsegom grešaka do 15 Ma u proseku, su u saglasnosti sa hipotezom ekstenzionog detačmenta u području Jastrepca. Dalje, ova hipoteza je u skladu sa drugim pokazateljima gornjokredne ekstenzije situirane na sličnim pozicijama u okviru Sava zone, u njenim severnim i severoistočnim delovima. Široko rasprostranjena turonsko-donjokampanska normalna rasedanja vezana za bimodalni magmatizam pre oko ~85 Ma opservirana su u gornjokrednom pokrovu Srpsko-makedonske mase u području Beograda (Slika 6-6b, Toljić, 2006). Dalje na zapadu, gornjokredni ekstenzioni detačment (~82 Ma) je opserviran u jedinicama unutrašnjih Dinarida u oblasti planine Medvednice (u blizini Zagreba, Hrvatska), može se korelisati sa Gosau ekstenzijom i pratećom sedimentacijom istočnih Alpa (van Gelder et al., 2015). Severoistočno, istočno i jugoistočno od istraživanog područja, dug magmatski pojas Apuseni-Banat-Timok-Panagyurishte-Srednogorie (~92-67 Ma) formiran je kao odgovor na Neotetiski subdukcioni sistem Dinarida – Helenida i bio je povezan sa široko rasprostranjenom ekstenzijom, dobro proučenom u susednoj Timočkoj zoni u Srbiji (npr. von Quadt et al., 2005; Gallhofer et al., 2015 i ostale ovde navedene reference). Iako ova istraživanja u opštem kontekstu nisu sasvim usaglašena, vrlo je jasno izražen period gornjokredne ekstenzije (~90-80 Ma) u područjima iz okoline Sava zone. Stoga, postojanje gornjokrednog ekstenzionog detačmenta u području Jastrepca predstavlja interpretaciju, koja je pretpostavljena u regionalnom geodinamičkom kontekstu. Međutim, usled limitiranog broja dostupnih informacija, alternativna hipoteza gornjokrednog ili starijeg

"out of sequence" navlačenja Supragetikuma preko Srpsko-makedonske mase ne može se u potpunosti isključiti.

11.2. Kinematika ekstenzije

Velike sličnosti između kontrakcionih i naknadnih ekstenzionih deformacija u istraživanom području i deformacija dokumentovanih u drugim oblastima postaju očigledne pri konstrukciji regionalnog geološkog profila, koji povezuje tektonsku interpretaciju ove studije sa interpretacijom susedne strukture Kopaonika (Slika 7-1, pogledati Cvetkovic et al., 2004; Schefer, 2010; Schefer et al., 2011; Mladenović et al., 2015 i reference na tu temu). Obe strukture predstavljaju ekstenzione dome sličnih dimenzija, kojima su otkrivene stene prethodno uvučene u subdukcionu zonu i metamorfisane tokom kredno-eocenske kontrakcije. Obe dome u jezgru sadrže intruzije prosečnog granodioritskog tipa, mada se njihova starost i sastav malo razlikuju (~30 Ma i više bogati elementima kore i sa većom varijabilnošću magmatita Kopaonika).

Glavni pravci tektonskog transporta, za vreme oligocensko-miocenskih ekstenzionih deformacija koje su bile kontrolisane detačmentima u Dinaridima, grubo variraju u opsegu od ka severu do ka istoku (Matenco i Radivojević, 2012; van Gelder et al., 2015 i druge reference). Iako su oba pravca ekstenzije S-J i I-Z u Kopaoničkom prozoru interpretirani kao dva različita deformaciona događaja (Schefer, 2010; Mladenović et al., 2015), glavni pravac tektonskog transporta u tom području je ka severu (moguće ka SSI), a odvijao se pre oko ~16-11 Ma i odgovoran je za formiranje miocenskog Kraljevačkog basena u severnom delu ovog područja (Slika 6-6b). Korelacija pravaca tektonskog transporta u području Kopaonika i Jastrepca (Slika 7-1) pokazuje značajnije razlike na distanci od ~40 km, gde se naglo menjaju od tektonskog transporta ka severu u području Kopaonika do pravca tektonskog transporta ka istoku u području Jastrepca, pri čemu su evidentna odstupanja u obe oblasti. Ova korelacija pokazuje da su kinematske promene vezane pre za prostornu varijabilnost deformacija, nego za superpoziciju vremenski odvojenih događaja. Strukturne i geodinamičke studije su pokazale da je ekstenzija u južnom delu Panonskog basena bila kontrolisana regionalnom rotacijom Tisijsko-dakijske jedinice u pravcu kazaljke na satu (Rumunski Karpati i njihov južni produžetak, Slika 6-6), tokom miocenskog "roll-back" subdukovane ploče ispod evropskog kontinenta (npr. Horváth et al., 2015). Pol ove

rotacije, koji je kontrolisao intenzitet i pravac ekstenzije, bio je smešten negde južno od Jastrepcia u susednoj oblasti, dokle se prostirao miocenski Moravski basen (Slika 6-6a, pogledati Matenco i Radivojević, 2012). Značajna varijabilnost pravca deformacija je očekivana u blizini bilo kojeg pola rotacije oko vertikalne ose, kao što je zapaženo u ekstenzionoj kinematici Rodopskog "core-complex" (Brun i Sokoutis, 2007). Korelacija ovih istraživanja (Slika 7-1) ukazuje da je struktura Kopaonika bila pozicionirana više zapadno od ovog pola rotacije, zbog čega tokom ekstenzije dominira pravac tektonskog transporta ka sever-severoistoku (Slika 6-6a). Naprotiv, Jastrebac planina je bila pozicionirana severno od pomenutog pola rotacije i stoga izložena glavnom pravcu tektonskog transporta ka istoku. Bilo koje horizontalno premeštanje pozicije pola rotacije tokom dugog perioda ekstenzije moglo je generisati značajne promene u pravcu ekstenzije na tako maloj udaljenosti od pola. Dodatno komplikuje i činjenica da je poznato da ekshumacija ekstenzionih doma izaziva varijabilnost orijentacije normalnih raseda u području završetka njihovog pružanja. U ovako kompleksnim ekstenzionim uslovima, prilično je jasno da su strukture sa velikim iznosima kretanja, kao što su detačmenti, mnogo pouzdanije za određivanje regionalnih deformacija nego strukture sa malim iznosima smicanja, kao što su normalni rasedi. Normalni rasedi mogu da pokazuju skoro svaki pravac ekstenzije pri ekstrapolaciji velikih razmera u blizini takvih polova rotacije.

12. ZAKLJUČAK

Kombinovana strukturna i termohronološka istraživanja područja Jastrepca pokazuju višefaznu tektonsku evoluciju orogena, ekstenzionu subsidenciju u ispredlučnom basenu za vreme subdukcije i izalučnu ekstenziju regionalnih razmera u neposrednoj blizini pola rotacije. Na planini Jastrebac je otkrivena zona smicanja velikih razmera po kojoj je izvršena gornjokredna ekshumacija njenih istočnih padina tokom gravitacionih smicanja povlatnog bloka po zoni detačmenta. Ova zona smicanja je interpretirana kao gornjokredni detačment, duž koga su visokometamorfisane stene Srpsko-makedonske jedinice u podini dovedene u neposredan kontakt sa niskometamorfisanim stenama navlačnog sistema Supraetikuma u povlati. Za vreme D1 deformacionog događaja generisane su duktilne strukture, predstavljene lokalnim zonama smicanja, σ - i δ -klastima formiranih smicanjem porfiroblasta feldspata i granata, liskunima sočivastog oblika, koji svi zajedno ukazuju na tektonski transport ka istoku. Ova duktilna smicanja bočno nestaju ili naviše prelaze u kataklastične do "britl" strukture, kao što su normalni rasedi sa sličnim kretanjima ka istoku i ka jugoistoku, što ukazuje da su deformacije bile povezane sa ekshumacijom do plićih strukturnih nivoa.

Ustanovljeno je da je slično sa zapažanjima u okolnim oblastima, ekstenzioni događaj bio praćen periodom gornjokredno-eocenske kontrakcije i magmatskog utiskivanja tokom kontinentalne kolizije između evropskih i adrijskih jedinica. U području Jastrepca, ovo je zabeleženo sukcesivnim događajima uvođenja jedinica u dublje nivoe subdukcione zone i metamorfizma tokom D2 faze, kada je formirana S2 folijacija sa blagim padovima na oba krila dome koja predstavlja folijaciju aksijalnih ravni F2 izoklinih nabora, zatim D3 smicanja praćenih tektonskim transportom ka zapadu manifestovanih S-C strukturama, zonama smicanja, σ -klastima formiranim od smicanih feldspata ili kvarcnih interkalacija, sinhronih asimetričnih nabiranja i formiranja reversnih "britl" raseda, kao i finalnog formiranja otvorenih uspravnih simetričnih nabora, istovremenih i genetski povezanih sa utiskivanjem centralnog plutona u toku poslednje kontrakcije D4 faze. Tektonska inverzija opservirana u centralnoj Jastrebačkoj jedinici je posledica kasnije faze, najverovatnije navlačenja tipa "out of sequence", kojima su ispreseccane ranije subdukovane adrijske jedinice i turbiditi Sava zone.

Ovo je bilo praćeno aktiviranjem drugog ekstenzionog detačmenta tokom perioda gornjooligocensko-miocenske ekstenzije, koja je povezana sa otvaranjem većeg Panonskog basena na severu. Poslednjom deformacionom fazom (D5) formirane su “britl” i duktilne strukture. Ove strukture iz duktilnog domena deformacija, koje su predstavljene milonitskom folijacijom, dobro razvijenom strečing lineacijom, zonama smicanja i σ -klastima, genetski su vezane za smicanje sa pravcem tektonskog transporta ka istoku i asocijane su sa sinhronim naborima sa subhorizontalnim aksijalnim ravnima, koji su prisutni u svim jedinicama zapadno od Vukanjskog raseda. Dalje, zapadno od Vukanjskog raseda, intenzitet ovih deformacija postepeno opada i postaje više “britl” sa formiranjem kataklastičnih zona smicanja i normalnih raseda, koji imaju različite orijentacije u području dome, ali generalno grubo pokazuju pravac ekstenzije I-Z, dok na severnoj i južnoj padini dome pokazuju pravac S-J sa padom od same dome, dok u području Vukanjskog raseda presecaju D5 milonite, što je najverovatnije efekat ekshumacije tokom deformacija. Ovom fazom ekstenzije ekshumirane su prethodno subdukovane i metamorfisane adrijske jedinice i sedimenti Sava zone u jezgru ekstenzione dome.

Metamorfisana sekvenca Jastrebačke jedinice u jezgru dome je slična drugim sekvencama ekshumirane distalne margine Adrije, zajedno sa ofiolitima i metamorfisanim sedimentima Sava zone koji leže preko nje. Uzimajući u obzir ulazak Sava suture u dublje delove subdukcione zone i njen metamorfizam u oblasti Jastrepa i naknadnu ekstenzionu ekshumaciju u jezgru velike dome, gornjokredno-paleogeni grubozrni metaturbiditi Lomničke jedinice predstavljaju ekvivalente dubokovodnih sinkontrakcionih turbidita dubokomorskog rova i pelaških sedimenata slične starosti iz domena Sava zone. Grubozrni metaturbiditi Lomničke jedinice su iste starosti kao pelaški sedimenti sa interkalacijama ofiolitskog detritusa, koji su eksponirani na istočnom krilu Kopaonika i predstavljaju ekvivalente ovih sedimenata, taloženih u proksimalnijem području dubokomorskog rova, preko kojih je izvršeno navlačenje Srpsko-makedonske mase. Metamorfisani melanž Boljevačko-vukanjske jedinice predstavlja metamorfisani ekvivalent ofiolitskog melanža, koji je opserviran svugde ispod Zapadnih Vardarskih ofiolita. Metamorfna sekvenca, pozicionirana ispod ovog melanža, predstavlja ekvivalent nemetamorfisane sedimentne sukcesije distalne adrijske jedinice koja ukazuje na postepeno produblјavanje tokom vremena, započetog tokom

srednjeg Trijasa. Ključni u ovoj interpretaciji su kalkšisti sa interkalacijama mermera i kvarcita, koji su interpretirani kao produkt povećanja dubine sedimentacije od plitkovodnih krečnjaka do dubokovodnih radiolarita starije srednjotrijaske (ladinski kat) starosti. Kvarciti, koji leže preko njih predstavljaju metamorfisane gornjotrijasko-srednjojurske radiolarite, dok mermeri i aktinolitski škriljci iz podine predstavljaju ekvivalente donjo–srednjotrijaske klastično-karbonatne sekvence, koja sadrži vulkanite vezane za rifting. U istraživanom području, metamorfisani ekvivalenti turbidita Lomničke jedinice se nalaze u tektonski najnižoj poziciji, ispod metamorfisanih adrijskih ekvivalenata Boljevačko-vukanjske jedinice, što je u vezi sa sekvencom navlačenja kojima su visoko metamorfisane stene Boljevačko-vukanjske jedinice uvučene u dublje nivoe litosfere u odnosu na Lomničku jedinicu.

Ekstenziona doma Jastrepc je formirana u podini većeg detačmenta, koji je reaktivirao već postojeće navlačne kontakte i formirao široku zonu smicanja u povlati Srpsko-makedonske jedinice. Istočna granica ove zone smicanja je jasno tektonski izražena, što su potvrdili termohronološki podaci opservirani između podine i povlate Vukanjskog raseda. Neposredna prostorna blizina istraživanog područja i pozicije pola rotacije oko vertikalne ose, asocirane sa ekstenzijom u južnom Panonskom basenu, uticala je na varijabilnost pravaca ekstenzije, koja je opservirana duž pružanja Dinarida i njihovog kontakta sa Karpatima. Drugi efekat neposredne blizine pola rotacije predstavlja dug period ekstenzije, koja je započeta sa manjim intenzitetom tokom gornjeg oligocena – donjeg miocena, a ubrzana tokom srednjeg-gornjeg miocena.

LITERATURA

- Aleksić, V., Pantić, N., Kalenić, M., 1971. The observations of some tectonic processes in Serbia in connection with the plate tectonic or with the new global tectonics. *Glasnik Prirod. Muz. Beogradu (A)*, Beograd (in Serbian, English summary), 26, 83-102.
- Anđelković, M., 1956. *Geološki sastav i tektonika Gledićkih planina*. Geol. anal. Balk. pol. Knj. XXIV. Beograd.
- Anđelković, M., Grubić, A., Sikošek B., 1967. General Tectonic Structure of Eastern Serbia. – 8. Congr. CBGA. A – Geol. Survey of the Carpatho-Balkan Arch (Stratigraphy, Tectonic and Magmatism), Belgrade (in Serbian, English summary), 116-117.
- Antić, M., Peytcheva, I., von Quadt, A., Kounov, A., Trivić, B., Serafimovski, T., Tasev, G., Gerđikov, I., Wetzel, A., 2016a. Pre-Alpine evolution of a segment of the North-Gondwanan margin: Geochronological and geochemical evidence from the central Serbo-Macedonian Massif. *Gondwana Res.* 36, 523-544.
- Antić, M., Kounov, A., Trivić, B., Wetzel, A., Peytcheva, I., Quadt, A., 2016b. Alpine thermal events in the central Serbo-Macedonian Massif (southeastern Serbia). *International Journal of Earth Sciences* 105, 1485, doi:10.1007/s00531-015-1266-z.
- Balazh, A., 2018. Highly detailed planet Earth: Exaggerated precise relief is illuminated by the rising sun from the east, Part of Europe - Italy, Greece and Mediterranean Sea, Elements of this image furnished by NASA – Illustration (image online), available: <https://www.shutterstock.com/image-illustration/highly-detailed-planet-earth-exaggerated-precise-136767626>, (accessed 05 May 2018).
- Balázs, A., Matenco, L., Magyar, I., Horváth, F., Cloetingh, S., 2016. The link between tectonics and sedimentation in back-arc basins: New genetic constraints from the analysis of the Pannonian Basin. *Tectonics* 35, 1526–1559.

- Balintoni, I., 1994. Structure of the Apuseni Mountains. In: ALCAPA II Field Guidebook "South Carpathians and Apuseni Mountains". Romanian Journal of Tectonics and Regional Geology 75, Suppl. 2, 37–58.
- Bleahu, M., Lupu, M., Patrulius, D., Bordea, S., Stefan, A. & Panin, S. 1981: The Structure of the Apuseni Mountains. Guide to Excursion B3. 12th Carpatho-Balkan Geological Association Congress, Bucharest, Romania.
- Bragin, N., Bragina, L., Đerić, N., Toljić, M., 2011. "Triassic and Jurassic Radiolarians from Sedimentary Blocks of Ophiolite Mélange in the Avala Gora Area (Belgrade Surroundings, Serbia)", *Stratigraphy and Geological Correlation* 19(6), pp.631-640.
- Brun, J.-P., Faccenna, C., 2008. Exhumation of high-pressure rocks driven by slab rollback. *Earth and Planetary Science Letters* 272, 1-7.
- Brun, J.-P., Sokoutis, D., 2007. Kinematics of the Southern Rhodope Core Complex (North Greece). *International Journal of Earth Sciences* 96, 1079-1099.
- Buck, W.R., Martinez, F., Steckler, M.S., Cochran, J.R., 1988. Thermal consequences of lithospheric extension: Pure and simple. *Tectonics* 7, 213-234.
- Červenjak, Ž., Ferara, G., Tongiorgi, E., 1963. Age determination of some Yugoslav granites and granodiorites by the rubidium-strontium method. *Nature* 197, 893-893.
- Chiari, M., Đerić, N., Garfagnoli, F., Hrvatović, H., Krstić, M., Levi, N., Malasoma, A., Marroni, M., Menna, F., Nirta, G., Pandolfi, L., Principi, G., Saccani, E., Stojadinović, U., Trivić, B., 2011. The geology of Zlatibor-Maljen area (western Serbia): A geotraverse across the ophiolites of the Dinaric-Hellenic collisional belt. *Ofioliti* 36, 139-166.
- Csontos L., Vörös, A., 2004. Mesozoic plate tectonic reconstruction of the Carpathian region. *Paleogeography Paleoclimatology Paleoecology* 210, 1–56.
- Cvetković et al., V., Knezevic, M., Pecskey, Z., 2000. Tertiary igneous formations in the Dinarides, Vardar zone and adjacent regions: from recognition to

- petrogenetic implications, in: Karamata, S., Jankovic, S. (Eds.), *Geology and Met allogeny of the Dinarides and the Vardar Zone* The Academy of Science and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, pp. 245-253.
- Cvetkovic, V., Prelevic, D., Downes, H., Jovanovic, M., Vaselli, O., Pécskay, Z., 2004. Origin and geodynamic significance of Tertiary postcollisional basaltic magmatism in Serbia (Central Balkan Peninsula). *Lithos* 73, 161-186.
- Cvetković, V., Šarić, K., Prelević, D., Genser, J., Neubauer, F., Höck, V., von Quadt, A., 2013. An anorogenic pulse in a typical orogenic setting: The geochemical and geochronological record in the East Serbian latest Cretaceous to Palaeocene alkaline rocks. *Lithos* 180–181, 181-199.
- Dercourt, J., Gaetani, M., Vrielynck, B., Barrier, E., BijuDural, B., Brunet, M. F., Cadet, J. P., Crasquin, S., Sandulescu, M., 2000, *Atlas PeriTethys, Palaeogeographical Maps. CCGM/CGMW, Paris: 24 maps and explanatory notes: I–XX, 269 pp.*
- Dimitrijević, M. D., 1959. Osnovne karakteristike stuba Srpsko-makedonske mase. I Simpozijum Srp. Geol. društva. Beograd.
- Dimitrijević, M. D., 1974. Dinaridi_ jedan model na osnovama “Nove Globalne Tektonike”. *Metagenija I koncepcije geotektonskog razvoja Jugoslavije*, Rud.-geol. Fak., Univ. Beogradu, Kat. Ekon. Geol., Beograd (in Serbian), 119-151.
- Dimitrijević, M. D., 1997. *Geology of Yugoslavia*, 2nd edition. Geoinstitute, Belgrade, 187 pp.
- Dimitrijević, M. D., Krstić, B., 1999. *Geološki atlas Srbije 1 : 2000000, br. 3, Geotektonska karta*. Ministarstvo Rudarstva I Energetike Republike Srbije I Geomagnetski institut, Beograd.
- Dimitrijevic, M.N., Dimitrijevic, M.D., 1987. *The Paraflysch of the Central Vardar Subzone. The turbiditic basins of Serbia*. Serbian Academy of Sciences and Arts Department of Natural & Mathematical Sciences, 380 pp.

- Dimitrijević, M.N., Dimitrijević, M.D., 2009. The Lower Cretaceous paraflysch of the Vardar zone: composition and fabric. *Geoloski anali Balkanskoga poluostrva* (70), 9–21.
- Doglioni, C., Carminati, E., Cuffaro, M., Scrocca, D., 2007. Subduction kinematics and dynamic constraints. *Earth Science Reviews* 83, 125-175.
- Donelick, R.A., 1993. Apatite etching characteristics versus chemical composition. *Nuclear Tracks Radiation Measurements* 21, 604.
- Dunkl, I., 2002. Trackkey: a Windows program for calculation and graphical presentation of fission track data. *Comput Geosci-Uk* 28, 3-12.
- Đerić, N., Gerzina, N., Schmid, S.M., 2007. Age of the Jurassic Radiolarian Chert Formation from the Zlatar Mountain (SW Serbia). *Ofioliti* 32, 101-108.
- Erak, D., Matenco, L., Toljić, M., Stojadinović, U., Andriessen, P.A.M., Willingshofer, E., Ducea, M.N., 2017. From nappe stacking to extensional detachments at the contact between the Carpathians and Dinarides – The Jastrebac Mountains of Central Serbia. *Tectonophysics* 710–711, 162–183.
- Froitzheim, N., Conti, P., van Daalen, M., 1997. Late Cretaceous, synorogenic, low-angle normal faulting along the Schlinig fault (Switzerland, Italy, Austria) and its significance for the tectonics of the Eastern Alps. *Tectonophysics* 280, 267-293.
- Foeken, J.P.T., 2004. Tectono-morphology of the Ligurian Alps and adjacent basins (NW Italy): An integrated study of their Neogene to Present evolution [Ph.D. thesis]: Vrije Universiteit, Amsterdam, The Netherlands, 192 p.
- Fügenschuh, B., Schmid, S.M., 2005. Age and significance of core complex formation in a very curved orogen: Evidence from fission track studies in the South Carpathians (Romania). *Tectonophysics* 404, 33-53.
- Galbraith, R.F., Laslett, G.M., 1993. Statistical-Models for Mixed Fission-Track Ages. *Nuclear Tracks Radiation Measurements* 21, 459-470.

- Gallhofer, D., von Quadt, A., Peytcheva, I., Schmid, S.M., Heinrich, C.A., 2015. Tectonic, magmatic, and met allogenic evolution of the Late Cretaceous arc in the Carpathian-Balkan orogen. *Tectonics* 34, 1813–1836, doi: 10.1002/2015TC00383.
- Garver, J.I., 2003. Etching zircon age standards for fission-track analysis. *Radiation Measurements* 37, 47-53.
- Gehrels, G. E., Valencia, V., Ruiz, J., 2008. Enhanced precision, accuracy, efficiency, and spatial resolution of U-Pb ages by laser ablation–multicollector–inductively coupled plasma–mass spectrometry, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 9, Q03017, doi:10.1029/2007GC001805.
- Gleadow, A.J.W., Duddy, I.R., 1981. A natural long-term track annealing experiment for apatite. *Nuclear Tracks* 5, 169-174.
- Goričan, Š., Košir, A., Rožič, B., Šmuc, A., Gale, L., Kukoč, D., Celarc, B., Črne, A.E., Kolar-Jurkovšek, T., Placer, L., 2012. Mesozoic deep-water basins of the eastern Southern Alps (NW Slovenia). *Journal of Alpine Geology* 55, 1-44.
- Green, P.F., 1985. Comparison of Zeta calibration baselines for fission-track dating of apatite, zircon and sphene. *Chemical Geology* 58, 1–22.
- Grubić, A., 1974. Istočna Srbija u svetlosti nove globalne tektonike i odraz takvog modela na tumačenje tektonike severne grane Alpida. – Metalogenija i koncepcije geotektonskog razvoja Jugoslavije. *Rud.-geol. Fak., Univ. Beogradu, Kat. Ekon. Geol., Beograd* (in Serbian), 153-182.
- Grubić, A., 1999. Tectonics of Jastrebac and its general meaning. *Tehnika – Rudarstvo, geologija i metalurgija* 50, 13-17.
- Hall, R., Cottam, M.A., Wilson, M.E.J., 2011. The SE Asian gateway: history and tectonics of the Australia–Asia collision. *Geological Society, London, Special Publications* 355, 1-6.

- Horváth, F., Bada, G., Szafian, P., Tari, G., Adam, A., Cloetingh, S., 2006. Formation and deformation of the Pannonian Basin: constraints from observational data. *Geological Society, London, Memoirs* 32, 191-206.
- Horváth, F., Musitz, B., Balázs, A., Vég, A., Uhrin, A., Nádor, A., Koroknai, B., Pap, N., Tóth, T., Wórum, G., 2015. Evolution of the Pannonian basin and its geothermal resources. *Geothermics* 53, 328-352.
- Iancu, V., Berza, T., Seghedi, A., Gheuca, I., Hann, H.-P., 2005. Alpine polyphase tectono-metamorphic evolution of the South Carpathians: A new overview. *Tectonophysics* 410, 337-365.
- Ismail-Zadeh, A., Matenco, L., Radulian, M., Cloetingh, S., Panza, G., 2012. Geodynamics and intermediate-depth seismicity in Vrancea (the south-eastern Carpathians): Current state-of-the art. *Tectonophysics* 530-531, 50-79.
- Karamata, S., 2006. The geological development of the Balkan Peninsula related to the approach, collision and compression of Gondwanan and Eurasian units, in: Robertson, A.H.F., Mountrakis, D. (Eds.), *Tectonic Development of the Eastern Mediterranean Region*. Geological Society, London, Special Publications, pp. 155-178.
- Karamata, S., Knežević, V., Memović, E., Popević, A., 1994. The evolution of the Northern part of the Vardar Zone in Mesozoic, *Bull. of the Geol. Soc. of Greece* vol. XXX/2, 479-486.
- Karamata, S., Krstić, B., Dimitrijević, M. D., Knežević, V., Dimitrijević, M. N., Filipović, I., 1994. Terranes between the Adriatic and the Carpatho Balkan arc. *Bull. T. CVIII Serb. Acad. Sci. Arts, CI. Sci. math. Nat., Belgrade, Sci. nat.*, 47-68.
- Karamata, S., Krstić, B., 1996. Terranes of Serbia and neighbouring areas. in: Knežević-Djordjević V. & Krstić B. (Eds.): *Terranes of Serbia. The formation of the geologic framework of Serbia and the adjacent regions*. University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, 25—40.

- Karamata, S., Stefanović, D., Krstić et al., B., 2003. Permian to Neogene accretion of the assemblage of geologic units presently occurring to the south of the Pannonian Basin-Development of the Vardar Composite Terrane and adjacent units. *Acta Geologica Hungarica* 46/1, 63-76.
- Ketcham, R.A., Donelick, R.A., Carlson, W.D., 1999. Variability of apatite fission-track annealing kinetics; III, Extrapolation to geological time scales. *American Mineralogist* 84, 1235-1255.
- Ketcham, R.A., Donelick, R.A., Donelick, M.B., 2003. AFTSolve: A program for multi-kinetic modeling of apatite fission-track data. *American Mineralogist* 88, 929-929.
- Kober, L., 1952. Leitlinien der Tektonik Jugoslawiens. *Serb. Akad. Wiss., Sonderausgabe, CLXXXIX, Geol. Inst., Beograd*, 3, 1-64.
- Kossmat, F., 1924. Geologie der zentralen Balkanhalbinsel. *Kriegsschauplatze 1914-1918, geologisch dargestellt, Berlin, Heft 12*, 1-198.
- Kostić A., Simić V., Antić R., 1970. Granitoidne stene Krajkovca na Malom Jastrepču. *Glasnik Prirod, muzeja. A. sv. 22. Beograd*.
- Kounov, A., Seward, D., Burg, J.-P., Bernoulli, D., Ivanov, Z., Handler, R., 2010. Geochronological and structural constraints on the Cretaceous thermotectonic evolution of the Kraishte zone, western Bulgaria. *Tectonics* 29, TC2002, doi: 10.1029/2009tc002509.
- Krautner, H.G., Krstić, B., 2002. Alpine and pre-Alpine units within the South Carpathians and the Eastern Balkanides, *Proceedings XVII CBGA Congress, Bratislava*, pp. 245-257.
- Krézsek, C., Bally, A., 2006. The Transylvanian Basin (Romania) and its relation to the Carpathian fold and thrust belt: Insights in gravitational salt tectonics. *Marine & Petroleum Geology* 23, 405-442.

- Krstić, B., Veselinović, M., Divljan, M., Rakić, M., 1980. Tumač za Osnovnu geološku kartu SFRJ, List Aleksinac 1:100000, Savezni geološki zavod, Beograd (in Serbian, English and Russian summaries), 59 pp.
- Kydonakis, K., Gallagher, K., Brun, J.-P., Jolivet, M., Gueydan, F., Kostopoulos, D., 2014. Upper Cretaceous exhumation of the western Rhodope Metamorphic Province (Chalkidiki Peninsula, northern Greece). *Tectonics* 33, 1113-1132.
- Laslett, G.M., Green, P.F., Duddy, I.R., Gleadow, A.J.W., 1987. Thermal annealing of fission tracks in apatite 2: A quantitative analysis. *Chem. Geol.* 65, 1–13.
- Ludwig, K. R., 2005. User's manual for isoplot/Ex, Version 3.11. A geochronological toolkit for Microsoft Excel. Geochronology Center Special Publication, Berkeley.
- Luijendijk, E., Van Balen, R.T., Ter Voorde, M., Andriessen, P.A.M., 2011. Reconstructing the Late Cretaceous inversion of the Roer Valley Graben (southern Netherlands) using a new model that integrates burial and provenance history with fission track thermochronology. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 116, B6, doi: 10.1029/2010JB008071.
- Malešević, M., Vukanović, M., Brković, T., Karajičić, Lj., Obradinović, Z., Stanisavljević, R., Dimitrijević, M., Urošević, M., 1980. Tumač za Osnovnu geološku kartu SFRJ, List Kuršumlija 1:100000, Savezni geološki zavod, Beograd (in Serbian, English and Russian summaries), 58 pp.
- Marović, M., 2001. *Geologija Jugoslavije*, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu. 230 pp.
- Marović, M., Đoković, I., Toljić, M., Spahić, D., Milivojević, J., 2007. Extensional Unroofing of the Veliki Jastrebac Dome (Serbia). *Annales Geologiques de la Peninsule Balkanique* 68, 21-27.
- Matenco, L., Toljić, M., Senecio, S., Chadwick, J., Leonide, P., Schmid, S., 2010. Field guide : Dinarides (Code: 450229). Vrije University, Amsterdam, 142 pp.

- Matenco, L., Munteanu, I., ter Borgh, M., Stanica, A., Tilita, M., Lericolais, G., Dinu, C., Oaie, G., 2016. The interplay between tectonics, sediment dynamics and gateways evolution in the Danube system from the Pannonian Basin to the western Black Sea. *Science of The Total Environment* 543, 807-827.
- Matenco, L., Radivojević, D., 2012. On the formation and evolution of the Pannonian Basin: Constraints derived from the structure of the junction area between the Carpathians and Dinarides. *Tectonics* 31, TC6007, doi: 10.1029/2012tc003206.
- Meinhold, G., Kostopoulos, D., Frei, D., Himmerkus, F., Reischmann, T., 2010. U–Pb LA-SF-ICP-MS zircon geochronology of the Serbo-Macedonian Massif, Greece: palaeotectonic constraints for Gondwana-derived terranes in the Eastern Mediterranean. *International Journal of Earth Sciences* 99, 813-832.
- Milovanović, B., Ćirić, B., 1968. Geological map of SR Serbia 1 : 200000. Zavod geol. Geofiz. Istraž., Beograd.
- Missoni, S., Gawlick, H.-J., Sudar, M., Jovanović, D., Lein, R., 2012. Onset and demise of the Wetterstein Carbonate Platform in the mélange areas of the Zlatibor Mountain (Sirogojno, SW Serbia). *Facies* 58, 95-111.
- Mladenović, A., Trivić, B., Cvetković et al., V., 2015. How tectonics controlled post-collisional magmatism within the Dinarides: Inferences based on study of tectono-magmatic events in the Kopaonik Mts. (Southern Serbia). *Tectonophysics* 646, 36-49.
- Monjoie, P., Lapierre, H., Tashko, A., Mascle, G.H., Dechamp, A., Muceku, B., Brunet, P., 2008. Nature and origin of the Triassic volcanism in Albania and Othrys: a key to understanding the Neotethys opening? *Bulletin De La Societe Geologique De France* 179, 411-425.
- Pamić, J., 2002. The Sava-varadar Zone of the Dinarides and Hellenides versus the Vardar Ocean. *Eclogae Geol Helv* 95, 99-113.

- Pamić, J.J., 1984. Triassic Magmatism of the Dinarides in Yugoslavia. *Tectonophysics* 109, 273-307.
- Pantić, V., Rakić et al., M., Hadži-Vuković, M., 1969. Paleogene sediments and younger granodiorites on the northern slope of Veliki Jastrebac. *Zapisnici Srpskog geološkog društva za 1966. godinu*, 633–635 (in Serbian).
- Petrović, D., 2015. Prostorni položaj ofiolita Istočne vardarske zone: geofizičko-geološki model i njegove geodinamičke implikacije. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 113pp.
- Radivojević, D., 2014. Regionalno-geološke karakteristike miocenskih sedimenata na prostoru severnog Banata. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 167 pp.
- Rakić, M., Dimitrijević, M., Terzin, V., Cvetković, D., Petrović, V., 1973. Tumač za Osnovnu geološku kartu SFRJ, List Niš 1:100000, Savezni geološki zavod, Beograd (in Serbian, English and Russian summaries), 52 pp.
- Rakić, M., Hadži-Vuković, M., Dimitrijević, M., Kalenić, M. Marković, V., 1976. Tumač za Osnovnu geološku kartu SFRJ, List Kruševac 1:100000, Savezni geološki zavod, Beograd (in Serbian, English and Russian summaries), 63 pp.
- Rakić, M., Simonović, S., Hadži-Vuković, M., 1972. One more contribution to the geology and stratigraphy of the Veliki Jastrebac. *Zapisnici Srpskog geološkog društva za 1969. godinu*, 3–6 (in Serbian).
- Ramovš, A., Hinterlechner-Ravnik, A., Kalenić, M., Karamata, S., Kochansky-Devidé, V., Mirković, M., Petkovski, P., Sremac, J., Krstić et al., B., Kulenović, E., Temkova, V., 1989. Stratigraphic correlation forms of Yugoslav Paleozoic. *Rendiconti. Società Geologica Italiana* 12, 359-383.
- Robertson, A. H. F., Karamata, S., Saric, K., 2009. Overview of ophiolites and related units in the Late Paleozoic-Early Cenozoic magmatic and tectonic

development of Tethys in the northern part of the Balkan region. *Lithos* 108, 1-36.

Robertson, A. H. F., Trivić, B., Djerić, N., Bucur, I., 2013. Tectonic development of the Vardar ocean and its margins: Evidence from the Republic of Macedonia and Greek Macedonia. *Tectonophysics* 595, 25-54, doi: 10.1016/j.tecto.2012.07.022.

Robertson, A.H.F., 2006. Contrasting modes of ophiolite emplacement in the Eastern Mediterranean region. *Geological Society, London, Memoirs* 32, 235-261.

Săndulescu, M., 1984. *Geotectonica României* (translated title: *Geotectonics of Romania*). Ed. Tehnică, Bucharest, 450 pp.

Săndulescu, M., 1988. Cenozoic Tectonic History of the Carpathians, in: Royden, L.H., Horvath, F. (Eds.), *The Pannonian Basin, a study in basin evolution*, AAPG Memoir 45, pp. 17-25.

Sandulescu, M., 1994. Overview on Romanian Geology. 2. Alcapa Congress Field Guidebook. *Romanian Journal of Tectonics and Regional Geology* 75 Suppl. 2, 3–15.

Schefer, S., 2010. Tectono-metamorphic and magmatic evolution of the Internal Dinarides (Kopaonik area, southern Serbia) and its significance for the geodynamic evolution of the Balkan Peninsula, *Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel*. Universität Basel, Basel, 230 pp.

Schefer, S., Cvetković et al., V., Fügenschuh, B., Kounov, A., Ovtcharova, M., Schaltegger, U., Schmid, S., 2011. Cenozoic granitoids in the Dinarides of southern Serbia: age of intrusion, isotope geochemistry, exhumation history and significance for the geodynamic evolution of the Balkan Peninsula. *International Journal of Earth Sciences* 100, 1181-1206.

Schefer, S., Egli, D., Missoni, S., Bernoulli, D., Gawlick, H.-J., Jovanović, D., Krystyn, L., Lein, R., Schmid, S.M., Sudar, M., 2010. Triassic sediments in the

- Internal Dinarides (Kopaonik area, southern Serbia): stratigraphy, paleogeographic and tectonic significance. *Geologica Carpathica* 61, 89-109.
- Schmid, S., Bernoulli, D., Fügenschuh, 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, 139-183.
- Stojadinovic, U., Matenco, L., Andriessen, P.A.M., Toljić, M., Foeken, J.P.T., 2013. The balance between orogenic building and subsequent extension during the Tertiary evolution of the NE Dinarides: Constraints from low-temperature thermochronology. *Global and Planetary Change* 103, 19-38.
- Stojadinovic, U., Matenco, L., Andriessen, P., Toljić, M., Rundić, L., Ducea, M.N., 2017. Structure and provenance of Late Cretaceous–Miocene sediments located near the NE Dinarides margin: Inferences from kinematics of orogenic building and subsequent extensional collapse. *Tectonophysics* 710-711, 184-204.
- Tagami, T., 2005. Zircon fission-track thermochronology and applications to fault studies. *Low Temperature Thermochronology: Techniques, Interpretations, and Applications, Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 58, 95-122.
- Toljić, M., 2006. Geološka građa Centralne vardarske zone između Avale i Kosmaja. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 162 pp.
- Toljić, M., Matenco, L., Ducea, M.N., Stojadinović, U., Milivojević, J., Đerić, N., 2013. The evolution of a key segment in the Europe–Adria collision: The Fruška Gora of northern Serbia. *Global and Planetary Change* 103, 39-62.
- Toljić, M., Matenco, L., Stojadinovic, U., Willingshofer, E., Ljubović-Obradović, D., 2018. Understanding fossil fore-arc basins: Inferences from the Cretaceous Adria-Europe convergence in the NE Dinarides. *Global and Planetary Change*. 10.1016/j.gloplacha.2018.01.018.

- Urošević, M., Pavlović, Z., Klisić, M., Malešević, M., Stefanović, M., Marković, O., Trifunović, S., 1973. Tumač za Osnovnu geološku kartu SFRJ, List Vrnjci 1:100000, Savezni geološki zavod, Beograd (in Serbian, English and Russian summaries), 71 pp.
- Ustaszewski, K., Kounov, A., Schmid, S.M., Schaltegger, U., Krenn, E., Frank, W., Fügenschuh, B., 2010. Evolution of the Adria-Europe plate boundary in the northern Dinarides: From continent-continent collision to back-arc extension. *Tectonics* 29, TC6017, doi: 6010.1029/2010tc002668.
- Ustaszewski, K., Schmid, S.M., Lugovic, B., Schuster, R., Schaltegger, U., Bernoulli, D., Hottinger, L., Kounov, A., Fügenschuh, B., Schefer, S., 2009. Late Cretaceous intra-oceanic magmatism in the internal Dinarides (northern Bosnia and Herzegovina): Implications for the collision of the Adriatic and European plates. *Lithos* 108, 106-125.
- van Gelder, I.E., Matenco, L., Willingshofer, E., Tomljenović, B., Andriessen, P.A.M., Ducea, M.N., Beniest, A., Gruić, A., 2015. The tectonic evolution of a critical segment of the Dinarides-Alps connection: Kinematic and geochronological inferences from the Medvednica Mountains, NE Croatia. *Tectonics* 34, 1952–1978, doi: 10.1002/2015TC003937.
- Vojnogeografski institut, 1989. Preglednotopografska karta 1:300000 za list Niš, Beograd.
- von Quadt, A., Moritz, R., Peytcheva, I., Heinrich, C.A., 2005. Geochronology and geodynamics of Late Cretaceous magmatism and Cu-Au mineralization in the Panagyurishte region of the Apuseni-Banat-Timok-Srednogorie belt, Bulgaria. *Ore Geology Reviews* 27, 95-126.
- Wernicke, B., 1985. Uniform-sense normal simple shear of the continental lithosphere. *Canadian Journal of Earth Sciences* 22, 108-125.

Konstruisana kombinovanjem terenski prikupljenih i podataka OGK SFRJ 1 : 100 000 za listove Kruševac (Rakić i sar., 1976), Niš (Rakić i sar., 1973), Aleksinac (Krstić i sar., 1980) i Kuršumljia (Malešević i sar., 1980).



Sava zona		Istočno Vardarski ofioliti i pokrov	Jastrebačka jedinica <i>Boljevačko-Vukanjska sub-jedinica</i>	Moravska jedinica (<i>deo Srpsko-makedonskog masiva</i>)	Supragetikum jedinica (<i>deo Karpatkog Getikum sistema</i>)
al Aluvijalni sedimenti	δy Jastrebački granodiorit	K2 Gornja kreda (plitkovodni i turbiditni sedimenti)	A Amfiboliti, peridotiti, aktinolitски i hloritski škrljci	Mi Migmatiti	Sak Aktinolitски škrljci
d, pr Deluvijalno-proluvijalne naslage	K2 Gornja Kreda ("Sava fliš")	K1 Donja kreda ("paraflis")	Sak Aktinolitски škrljci, kvarciti, filliti, mermeri, kalkšisti i sericitски škrljci	A Amfiboliti	Sm Mikašisti, kvarciti
Ng Neogeni basenski sedimenti (miocen)	<i>Jastrebačka jedinica</i> <i>Lomnička sub-jedinica</i>	J, K Gornja jura - donja kreda ("paraflis")	Sse Sericitско - kvarcitni škrljci	yδ Graniti	Sco Hloritski škrljci
	K, Pg Metamorfisani turbiditi ("Sava fliš")	ββ Doleriti (dijabazi)		G Gnajsevi	
		Se Serpentiniti		Sm Mikašisti, mermeri, kvarciti, grafitični škrljci	
		v Peridotiti i gabrovi			
		J3 Ofiolitski melanž (gornja jura)			

D. Erak: Tektono-termalna evolucija kontakta Dinarida i Karpatobalkanida u području Jastrepca - doktorska disertacija

BIOGRAFIJA AUTORA

Dalibor Erak rođen je 22.02.1984. godine u Zrenjaninu. Osnovnu i srednju školu završio je u Kikindi. Na Rudarsko-geološki fakultet, Univerziteta u Beogradu upisuje se školske 2002/2003. g. i studije završava septembra 2008. g., na odseku Geologije, smer za Regionalnu geologiju.

Krajem 2009. g. kandidat zasniva radni odnos u Geološkom Institutu Srbije, gde radi na projektima izrade Geološke karte Srbije 1:50000 (list Valjevo i Čačak) i izrade više tumača i geoloških mapa Libije. Od decembra 2011. g. zaposlen je u kompaniji Murex – Rudarstvo i Geologija na poslovima istraživanja i eksploatacije metalčnih mineralnih resursa u oblasti Prijepolja i Majdanpeka. U julu 2012. g. zapošljava se u kompaniji Lithium Li Balkan, gde radi na geološkim istraživanjima nemetaličnih mineralnih sirovina područja Valjeva, Loznice, Šapca, Topole, Arandelovca i Lopara. Od maja 2015. g. radi za kompaniju Rio Sava na geološkim istraživanjima nemetaličnih mineralnih sirovina B i Li na području Loznice. Od novembra 2016. g. prelazi da radi za kompaniju Rakita na poslovima istraživanja metalčnih mineralnih sirovina Cu i Au u području Bora. Od oktobra 2017. g. do danas radi za kompaniju Rio Sava na poslovima istraživanja nemetaličnih mineralnih sirovina B i Li na području Loznice.

Dalibor Erak, dipl. ing. geologije upisao je doktorske studije u oktobru 2010. g., na studijskom programu Geologija, na Rudarsko-geološkom fakultetu, Univerzitet u Beogradu. Početkom 2011. g. upisuje se u okviru deljenog programa doktorskih studija na Fakultet prirodnih nauka, VRIJE Univerziteta u Amsterdamu, a tokom 2012. g. nastavlja studijski boravak u Holandiji na Fakultetu geonauka, Univerzitet Utreht. Projekat deljenih doktorskih studija je delom finansiran od strane Holandskog istraživačkog centra za integrisane osnovne prirodne nauke (ISES).

Kandidat je deo rezultata istraživanja vezanih za realizaciju doktorske disertacije objavio u naučnom radu, koji je publikovan u inostranom časopisu sa SCI liste.

Прилог 1

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора Далибор Ерак

Број индекса Г806/2010

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

"ТЕКТОНО-ТЕРМАЛНА ЕВОЛУЦИЈА КОНТАКТА ДИНАРИДА И КАРПАТО-

БАЛКАНИДА У ПОДРУЧЈУ ЈАСТРЕПЦА"

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, 28.01.2019

Ерак Далибор

Прилог 2

**Изјава о истоветности штампане и електронске
верзије докторског рада**

Име и презиме аутора Далибор Ерак

Број индекса Г806/2010

Студијски програм Геологија

Наслов рада Тектоно-термална еволуција контакта Динарида и Карпато-балканида у подручју Јастрепца

Ментор Проф. др Маринко Тољић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис аутора

У Београду, 28.01.2019

Ерак Далибор

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

"ТЕКТОНО-ТЕРМАЛНА ЕВОЛУЦИЈА КОНТАКТА ДИНАРИДА И КАРПАТО-

БАЛКАНИДА У ПОДРУЧЈУ ЈАСТРЕПЦА"

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

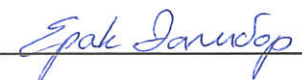
1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
- ☒ 3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.

Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

Потпис аутора

У Београду, 28.01.2019



1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.