

Analiza i prikaz strukturnih i stratigrafskih podataka istočnog dijela Papuka

Jaklić, Manuela

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:074961>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-15**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Diplomski studij geologije

**ANALIZA I PRIKAZ STRUKTURNIH I STRATIGRAFSKIH
PODATAKA ISTOČNOG DIJELA PAPUKA**

Diplomski rad

Manuela Jaklić

G326

Zagreb, 2021.

**ANALIZA I PRIKAZ STRUKTURNIH I STRATIGRAFSKIH PODATAKA
ISTOČNOG DIJELA PAPUKA**

MANUELA JAKLIĆ

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Sažetak

Gora Papuk smještena je na južnom dijelu Panonskoga bazenskoga sustava (PBS), a nalazi se u istočnoj Hrvatskoj. Područje istraživanja obuhvatilo je istočni dio gore te južni dio istočne Dravske depresije, a nalazi se između naselja Slatina, Orahovica, Velika i Voćin. Ovo je područje izgrađeno uglavnom od magmatskih i metamorfnih stijena prekambrija i starijeg paleozoika. Javljaju se i pemsko-mezozojski klastični i karbonatni sedimenti, dok neogenske i kvartarne naslage PBS-a grade rubne dijelove Papuka i Dravsku depresiju. Ciljevi diplomskog rada bili su terenskim radom sakupiti podatke o vrsti stijena i strukturnim elementima koji se nalaze na istraživanom području, prikupljene podatke prikazati u bazi podataka i na geološkoj karti te konstruirati dva poprečna profila na pružanje gore kako bi se mogla interpretirati geološka građa područja i način njegovog nastanka. Za izradu baze podataka i geološke karte korišten je Geografski Informacijski sustav (GIS), odnosno ArcGIS, a profili su konstruirani korištenjem Autodesk programa (AutoCAD).

Ključne riječi: Papuk, strukturalna obilježja, stratigrafska obilježja, ArcGIS, AutoCAD

Završni rad sadrži: 46 stranica, 22 slike, 1 tablicu, 1 prilog, 60 referenci i 1 web adresu

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen u: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: prof. dr. sc. Bruno Tomljenović

Ocjenjivači: prof. dr. sc. Bruno Tomljenović
prof. dr. sc. Davor Pavelić
doc. dr. sc. Marko Cvetković

Datum obrane: 18.02.2021.

**ANALYSIS AND PRESENTATION OF STRUCTURAL AND STRATIGRAPHIC
DATA IN EASTERN PART OF THE PAPUK MT.**

MANUELA JAKLIĆ

Thesis completed at: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Geology and Geological engineering
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Abstract

Mount Papuk is located in the southern part of the Pannonian Basin System (PBS) in eastern Croatia. The research area included the eastern part of the mountain and the southern part of the eastern Drava Depression between the settlements of Slatina, Orahovica, Velika and Voćin. This area is built mainly of igneous and metamorphic rocks of the Precambrian and Early Paleozoic. Permian-Mesozoic clastic and carbonate sediments also occur, while Neogene and Quaternary PBS deposits form marginal parts of Papuk Mt. and the Drava Depression. The principal research objectives of the thesis were to collect data about the type of rocks and structural elements located in the study area, to present the collected data in the database and on the geological map and to construct two transverse profiles to provide above to interpret the geological structure of the area of its origin. The Geographic Information System (GIS), respectively ArcGIS, was used to create the database and geological map. The profiles were constructed using the Autodesk program (AutoCAD).

Keywords: Papuk, structural elements, stratigraphy, ArcGIS, AutoCAD

Thesis contains: 46 pages, 22 figures, 1 table, 1 enclosure, 60 references and 1 web address

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Library of the Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb, Croatia

Supervisor: PhD Bruno Tomljenović, Full Professor

Reviewers: PhD Bruno Tomljenović, Full Professor
PhD Davor Pavelić, Full Professor
PhD Marko Cvetković, Assistant Professor

Date of the defense: February 18th, 2021.

Veliku zahvalnost dugujem mentoru prof. dr. sc. Bruni Tomljenoviću. Hvala na mogućnosti koju ste mi pružili za izradu ovog rada te na vremenu kojeg ste uložili u njega. Svaki je trenutak dragocjen i cijenjen.

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Jasenki Sremac na vremenu i pomoći prilikom određivanja i fotografiranja uzorka te na literaturi koju je sa mnom podijelila.

Hvala Agenciji za ugljikovodike na ustupljenim podacima.

Zahvaljujem se i prof. dr. sc. Davoru Paveliću te doc. dr. sc. Marku Cvetkoviću na stručnim primjedbama i komentarima koji pridonose kvaliteti rada.

Hvala mojim prijateljima, Kristini, Mariji, Tomislavu, Domagoju, Luki, Lei i Maji. S vama su ove godine fakulteta, učenja i studiranja bile zanimljivije i ljepše.

Od srca hvala Karli što je zadnjih godina bila tu za mene kad je trebalo. Svaka poruka, poziv i razgovor znače.

Veliko hvala Matei što ovaj put od prvog dana čini lakšim. Hvala ti za zajedničke dane u studentskom domu, na zajedničkom učenju i ponavljanju, na svakoj kavi i čaši vina. Drago mi je da sam s tobom dijelila ove godine studiranja i ljubav prema geologiji.

Puno hvala sestri i bratu na ljubavi i podršci. Da sam mogla birati, bolje ne bih odabrala.

Hvala tati, ali najveća hvala mami na svemu što mi je omogućila. Majčice, bez tebe ovo ne bi nikad bilo ostvareno.

Marine, hvala ti na svakoj izgovorenoj riječi podrške i na tome što stojiš uz mene u svim pozitivnim i negativnim trenucima. Hvala ti što mi ovaj svijet činiš lakšim i sigurnijim mjestom. Hvala ti što vjeruješ u mene.

SADŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. GEOGRAFSKI SMJEŠTAJ	3
3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	7
4. GEOLOGIJA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA	11
4.1. Geološki položaj i tektonika istraživanog područja.....	11
4.2. Litološke karakteristike istraživanog područja	16
4.3. Seizmotektonske karakteristike istraživanog područja.....	20
5. MEODE RADA.....	22
5.1. Terenski rad	22
5.2. Kabinetski radovi.....	24
5.2.1. Obrada podataka s terena.....	24
5.2.2. Izrada geološke karte (ArcGIS) i geoloških profila (AutoCAD)	24
5.2.3. Biostratigrafska analiza	28
6. REZULTATI	29
6.1. Terenski rad	29
6.2. Geološka karta i konstruirani profili	31
6.2.1. Geološki profil A-A'	31
6.2.2. Geološki profil B-B'	34
6.3. Biostratigrafska analiza.....	36
7. DISKUSIJA	37
8. ZAKLJUČAK.....	40
LITERATURA	41

POPIS SLIKA:

Slika 2-1. Geografski položaj istraživanog područja. Zelenom linijom su naznačene granice Parka prirode Papuk. Preuzeto s Google Maps.	3
Slika 2-2. Položaj Parka prirode Papuk. Preuzeto s https://pp-papuk.hr	5
Slika 3-1. Model promjene u uvjetima taloženja Sjevernohrvatskog bazena (Pavelić & Kovačić, 2018).	10
Slika 4-1. Panonski bazenski sustav s označenim glavnim neogenskim depresijama (Cvetković et al., 2019 after Dolton, 2006 with references: Schmid et al., 2008). Ljubičastim kvadratićem označeno je područje istraživanja.	11
Slika 4-2. Prikaz glavnih tektonskih jedinica Panonskog bazenskog sustava. Tisija je označena plavom bojom, Alcapa ljubičastom. Preuzeto iz Ustaszewski et al., 2008.	12
Slika 4-3. Shematski profil iz Schmid et al., 2008 koji prikazuje tektonske odnose za vrijeme rane srednje Jure (gornja slika). Dolje lijevo prikazan je položaj i orijentacija profila u odnosu na današnji položaj Karpata. Dolje desno prikazana je legenda.	13
Slika 4-4. Shematski profil iz Schmid et al., 2008 koji prikazuje tektonske odnose za vrijeme kasne Jure. Legenda i položaj profila prikazani su na Slici 4.3.....	14
Slika 4-5. Shematski profil iz Schmid et al., 2008 koji prikazuje tektonske odnose za vrijeme kasne krede. Legenda i položaj profila prikazani su na Slici 4.3.	14
Slika 4-6. Shematski 3D prikaz geodinamskih procesa u području istočnih Alpa, PBS-a i istočnih Karpata tijekom pliocena i kvartara, odnosno za vrijeme faze tektonske inverzije u PBS-u (Horvath et al., 2006).	15
Slika 4-7. List Slatina (Marković, 1984) na kojem se može vidjeti rasprostiranje miocenskih i kvartarnih naslaga.....	16
Slika 4-8. List Orahovica (Jamičić et al., 1987) na kojem su prikazane stijene i naslage koje izgrađuju Papuk i njegove rubne dijelove.	18
Slika 4-9. Sedimentološki i stratigrafski prikaz naslaga i stijena taloženih u Sjevernohrvatskom bazenu Panonskog bazenskog sustava (Pavelić & Kovačić, 2018)....	19
Slika 4-10. Prikaz seizmičnosti istraživanog područja na osnovu Karte potresnih područja Republike Hrvatske za povratno razdoblje od 95 godina. Karta je preuzeta i modificirana prema Herak et al. (2011).	20
Slika 4-11. Karta preuzeta iz Europske baze seizmogenih rasjeda (EDSF). Dva značajna rasjeda za istraživano područje označena su ljubičastim pravokutnikom.	21

Slika 5-1. Prikaz istraživanog područja, podloga je preuzeta s Geoportala Državne geodetske uprave Republike hrvatske: https://geoportal.dgu.hr/	23
Slika 5-2. Prikaz atributne tablice preuzete iz GIS-a. „Id“ predstavlja naziv točke opažanja, „POINT_X“ i „POINTY_Y“ jesu koordinate lokacije na kojoj je točka zabilježena, „Strike“ predstavlja smjer pružanja sloja, a „dip“ je kut nagiba.	26
Slika 5-3. Prikaz školjkaša koji je pronađen na terenu u proslojku između lapora i pješčenjaka. Koordinate: 45.57081, 17.65215.	28
Slika 6-1. Prikaz položaja točaka opažanja zabilježenih na terenu. (Podloga preuzeta s Geoportala Državne geodetske uprave: https://geoportal.dgu.hr/ .).....	30
Slika 6-2. Prikaz geološkog profila A-A' s odgovarajućom legendom.....	33
Slika 6-3. Prikaz geološkog profila B-B' d odgovarajućom legendom. Profil se nalazi s istočne strane istraživanog područja.....	35
Slika 6-4. Prikaz jedinki iz porodice Dreisseninae koje su pronađene na izdanku označenom točkom T41.....	36
Slika 7-1. Prikaz tzv. „fault propagation“ boranja u kojem je nastanak sustava antiklinala i sinklinala vezan za reversno rasjedanje (Hughes et al., 2014)	38

POPIS TABLICA:

Tablica 5-1. Kronostratigrafska korelacija Mediteranskog miocena i miocena Centralnog Paraethysa (prema Rögl, 1996; Berggren et al., 1995; Pavelić, 2001).....	27
--	----

POPIS PRILOGA:

Prilog 1. Geološka karta istočnog dijela Papuka izrađena prema OGK listovima Orahovica Jamičić et al., 1986) i Slatina (Marković et al., 1986) s pripadajućom legendom.	
---	--

1. UVOD

Papuk, gora koja pripada Slavonskom gorju, kroz geološku prošlost bila je pod utjecajem značajnih tektonski promjena, a nosi i zapis o postojanju "*Panonskog mora*" na ovim prostorima. Geološki gledano, ovaj je prostor istraživan još od 19. stoljeća. Provedena su brojna paleontološka ispitivanja, istraživanja iz područja petrologije magmatskih i metamornih stijena te naftnogeološka istraživanja koja su neogenske naslage Papuka proučavala zbog toga što se nalaze na južnoj granici Dravske depresije bogate ugljikovodicima. Isto tako, brojni su autori pisali o strukturnom smještaju Papuka, kao i o stratigrafskim analizama koje su provedene na sedimentima ovog područja.

Najviše podataka o ovom dijelu Hrvatske može se pronaći u Osnovnoj geološkoj karti SFRJ M 1:100000. Na listovima Daruvar (Jamičić, 1989), Virovitica (Galović & Marković, 1979), Slatina (Marković, 1984) i Orahovica (Jamičić et al., 1987), kao i unutar njihovih tumača, tumač za list Slatina (Marković, 1984), tumač za list Orahovica (Jamičić et al., 1987), tumač za list Daruvar (Jamičić et al., 1989) i tumač za list Virovitica (Galović et al., 1979) opisane su i definirane stratigrafske jedinice te je prikazan strukturni smještaj ovog područja, kao i njegov razvoj kroz prošlost.

Ovaj je diplomski rad napravljen u nekoliko koraka, a za početak je bilo potrebno detaljnije upoznati istraživano područje pa je povodom toga napravljen detaljan pregled literature koja se odnosila na područje Papuka i Dravske depresije, kako u geološkom tako i u geografskom smislu. Nakon detaljne pripreme, uslijedio je terenski rad, a prikupljeni podaci su analizirani kabinetskim metodama.

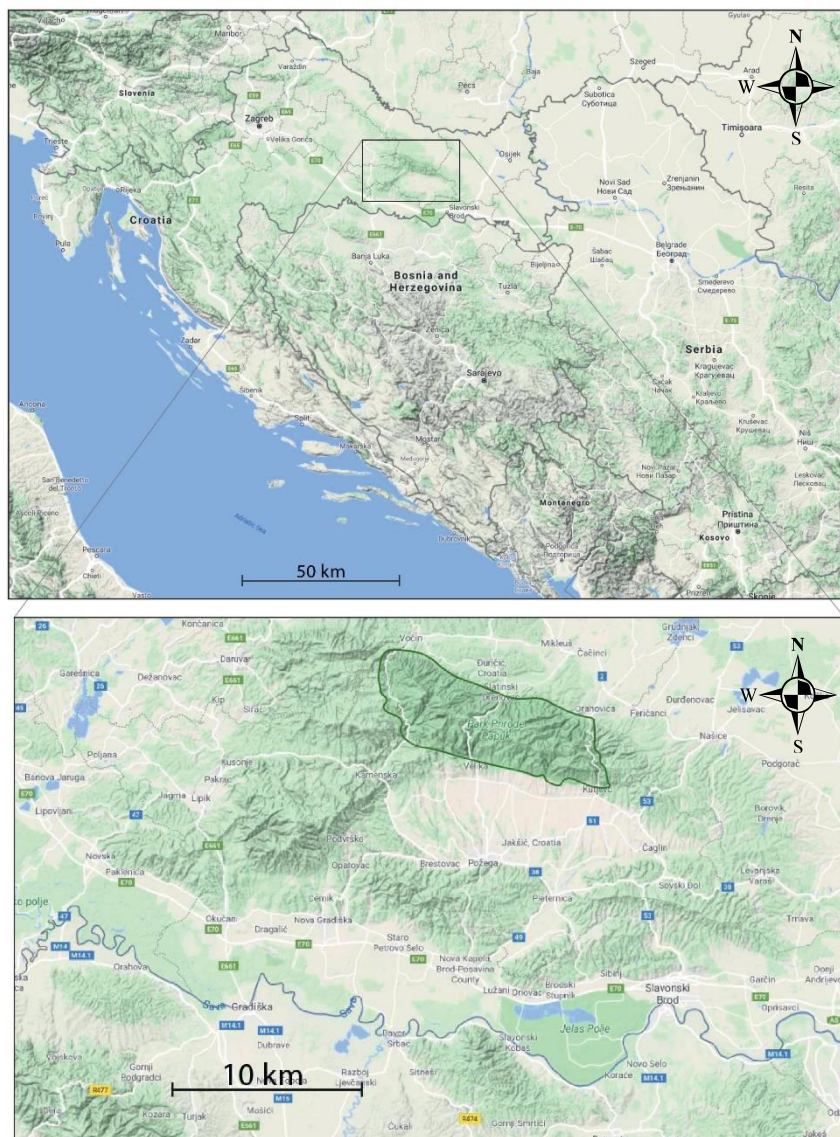
Ciljevi ovog rada bili su idući:

- terenskim istraživanjima sakupiti podatke o vrsti stijena i strukturnim elementima koji se nalaze na području istraživanja;
- prikazati prikupljene podatke u bazi podataka i na geološkoj karti područja koristeći alate Geografskog informacijskog sustava (GIS), odnosno ArcGIS-a;
- konstruirati geološke profile okomite na područje istraživanja pomoću Autodesk programa s ciljem prikaza položaja strukturnih elemenata u prostoru.

Zbog svoje izuzetne prirodne ljepote i povijesne vrijednosti, Papuk je proglašen Parkom prirode, a iznimno bogata geološka baština koncentrirana na jednom području bila je jedan od razloga da se dio Papuka proglasi Geoparkom kao prvim u Hrvatskoj. O Papuku se piše još za vrijeme Austrougarske monarhije, a ovo je područje bilo predmet istraživanja za Preglednu geološku kartu Austrougarske monarhije M 1:576000 (Hauer, 1867-1871). U ovom je periodu Papuk smatran ostatkom "orijentalnog kopna", a tek se početkom 20. stoljeća Papuk počeo smatrati dijelom Alpa (Diener, 1902). Za vrijeme tog stoljeća provedena su brojna istraživanja na papučkim metamorfitima i magmatitima, dok značajan pomak u istraživanjima ovog područja rade Ustaszewski et al. (2008), koji konstruiraju kartu područja Alpa, Karpata i Dinarida te Panonskog bazenskog sustava koja prikazuje prostorni položaj predneogenskih blokova na početku miocena te dolaze do zaključka da je tektonski blok na kojem je smješten Papuk (Tisija) zarotiran za 30° u smjeru kretanja kazaljke na satu, a smatraju da se ta rotacija odvijala od početka miocena. Veliku ulogu u istraživanjima ovog područja imaju Pavelić (1998, 1999, 2001, 2003) zajedno s Kovačić (1998, 1999, 2001, 2003, 2018) koji u svojim radovima iznose detaljan opis neogenskih sedimenata i način njihovog nastanka.

2. GEOGRAFSKI SMJEŠTAJ

Papuk je gora koja se nalazi na kontinentalnom dijelu Republike Hrvatske na prostoru dodira Središnje i Istočne Hrvatske (Slika 2-1.). Zauzima dijelove teritorija Virovitičko-podravске, Bjelovarsko-bilogorske i Požeško-slavonske županije. Papuk pripada Slavonskom gorju kojeg čine dva paralelna niza pružanja Z-I (Bognar, 2001). Sjeverni niz čine Papuk i Krndija, a južnom nizu pripada Požeška i Dilj gora te Psunj. Između ova dva niza nalazi se Požeška zavala, sjeverno od Slavonskog gorja nalazi se prostrana nizina rijeke Drave dok se južno nalazi dolina rijeke Save.



Slika 2-1. Geografski položaj istraživanog područja. Zelenom linijom su naznačene granice Parka prirode Papuk. Preuzeto s Google Maps.

Papuk se pruža pravcem ZSZ-IJI u duljini od oko 45 km, najširi je na zapadu (oko 20 km), a najuži na krajnjem istoku (manje od 10 km) te mu je najviši istoimeni vrh visine od 954 m (Božić, 2010).

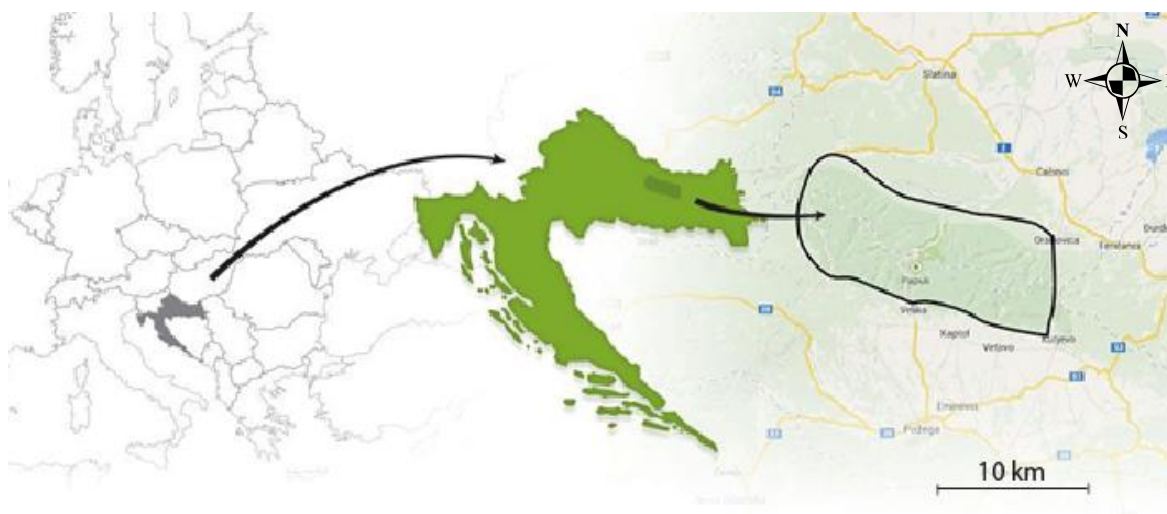
Papuk se geomorfološki može podijeliti na dva masiva, centralni i zapadni koji su međusobno odvojeni prijevojem Đedovica (522 m) i dolinom potoka Đedovica koji teče prema sjeveru u smjeru mjesta Voćin te dolinom rijeke Brzaje koja teče prema jugu u smjeru naselja Kamenska.

Orografski gledano, Papuk se može podijeliti na tri dijela: Zapadni, Središnji i Istočni dio (Kutlešić, 2016). Zapadni dio čine tri paralelna grebena: Lisina (Crni Vrh na 863 m), Ljutoč (716 m) i Ravna gora (Čučevo 854 m). Središnji dio Papuka čini jednostruki greben na kojem se ističu vrhovi Točak (887 m), Papuk (954 m) i Ivačka glava (913 m), a to je ujedno i najviši i najrašćlanjeniji dio Papuka. Istočni dio sastoji se od jednostrukog raščlanjenog grebena s najvišim vrhom Češljovački vis (825 m), a on je najuži i najniži. Zapadni dio od središnjeg dijela odvojen je dolinama Djedovice i Brzaje, dok je središnji dio od istočnog odvojen dolinama Jankovačkog potoka i Dubočanke. Prema istoku Papuk se nastavlja u gorski hrbat Krndije čiji je najviši vrh Kapavac (790 m) koji s Papukom čini jedinstvenu orografsku cjelinu. Granicu Papuka i Krndije predstavljaju doline Velike i Radlovačke rijeke.

Papuk je 23.4.1999. proglašen Parkom prirode zbog svoje izuzetne prirode i povijesne vrijednosti. Park prirode Papuk obuhvaća područje središnjeg i istočnog dijela gore te krajnji zapadni dio Krndije, a prostire se na površini od 336 km², generalnog pružanja ZSZ- IJI u duljini od oko 35 km, a širine je 10-11 km (www.pp-papuk.hr). Prema istom izvoru, Park prirode Papuk prostire se na površini od 336 km², a nalazi se na administrativnom području dvije županije, Virovitičko-podravске i Požeško-slavonske. Najviša točka Parka je vrh Papuk (954 m), dok su najniže točke su na južnom podnožju kod Kutine (195 m) i na sjevernom podnožju kod Slatinskog Drenovca (180 m), a prema tome Park Prirode Papuk obuhvaća 773 m visinske razlike. Okolne aluvijalne ravnice nalaze se na 100 m nadmorske visine pa je zbog toga prisutnost PP Papuk u krajobrazu vrlo uočljiva.

Na sedmoj sjednici Europske Mreže Geoparkova u rujnu 2007. godine Papuk je postao prvi hrvatski geopark (Kutlešić 2016). Na osnovu klimatski, reljefnih, pedoloških, geografskih i ostalih ekološko-bioloških prilika područje Parka prirode Papuk definirano je kao podneblje

gorskog područja koje se odlikuje šumovitim padinama te geografsko–geološkim karakteristikama.



Slika 2-2. Položaj Parka prirode Papuk. Preuzeto s <https://pp-papuk.hr>

U Parku prirode dominiraju šumske površine, a zahvaljujući geološkoj građi na sjevernim i južnim padinama mogu se pronaći brojni vodotoci. Gorske kose i slivovi razvedeni su u smjeru sjever-jug, a vrhovi predstavljaju vododijelnice brojnim pritocima između glavnih tekućica, odnosno Drave i Save, iako ta topografska vododijelnica Papuka zbog karbonatnog kompleksa u vršnom dijelu gore nije i stvarna hidrološka vododijelnica jer je ona definirana strukturnim odnosima u podzemlju koja diktira i dinamiku podzemnih voda ovog područja (Kutlešić 2016). Masiv Papučko-krndijskog gorja hidrološki je vrlo bogat površinskom i podzemnom vodom.

Što se tiče klimatskih obilježja, zbog prijelaza prema većoj nadmorskoj visini, možemo reći da se mijenja i karakter klimatskih obilježja umjereno kontinentalne klime prema svježoj i hladnijoj klimi s pojasom vjetrova umjerenih širina te intenzivnim i često promjenjivim vremenom (Kutlešić, 2016).

Na području Parka prirode Papuk utvrđeno je 12 tipova tala okupljenih u dva razdjela, automorfna tla (vlaženje atmosferskim oborinama) i hidromorfna tla (povremeno ili trajno prekomjerno vlaženje tla uz zasićenje pora vodom, raznim kombinacijama stagnirajuće površinske, podzemne i poplavne vode). Vegetacija se može podijeliti u tri pojasa obzirom na visinsku raščlanjenost (Kutlešić, 2016): prvi pojas je brežuljkasti s rasponom visine od

100 do 250 m u kojem se nalaze šume hrasta kitnjaka, drugi pojas je brdski (250-900 m) koji je karakteriziran dominacijom bukovih šuma te treći pojas, gorsko pojas, nalazi se iznad 900 m i karakterizira je bukovo-jelovim šumama.

Park prirode Papuk predstavlja prostor izuzetne, autohtone, prirodne i kulturne ljepote u svim svojim segmentima. Raznolikost geoloških pojava, očuvana vegetacija i flora te staništa većeg broja životinjskih vrsta, kao i vrijedno kulturno-povijesno naslijeđe predstavljaju značajno bogatstvo koje treba sačuvati od svih štetnih utjecaja, a bitno ih je detaljno znanstveno istražiti, unaprijediti i stečenim znanjima trebalo bi naglasiti vrijednost ovog područja.

3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Svi terenski radovi bazirani su na listovima i tumačima za pojedine listove Osnovne geološke kare SFRJ u mjerilu 1:100000. Korištena su četiri lista, list Orahovica (Jamičić et al., 1987) s tumačem (Jamičić et al., 1987), list Podravska Slatina (Marković, 1984) s pripadajućim tumačem (Marković, 1984), list Daruvar (Jamičić, 1989) s pripadajućim tumačem (Jamičić, 1989) te list Virovitica (Galović & Marković, 1979) s pripadajućim tumačem (Galović et al., 1979).

Prve iznesene podatke o stijenama Papuka pronalazimo na Preglednoj geološkoj karti Austrougarske monarhije M 1:576000 (Hauer, 1867-1871) gdje se gnajsevi i graniti smatraju najstarijim stijenama, a oni leže ispod škriljavaca. Autor spominje donji, srednji i gornji trijas. Na kartama su izdvojeni i kvartarni sedimenti na području Dravske depresije.

Prema Pilar (1875) metamorfne stijene Papuka starosti su devon-karbon, a smatra da stijene višeg stupnja metamorfizma moraju biti i starije.

Autori koji pripadaju ovom vremenskom razdoblju smatraju da su Papuk i okolna gorja zapravo ostatak „orijentalnog kopna“. Neumayr i Mojsissovics smatraju da je ovo kopno egzistiralo u mlađem dijelu mlađe jure i da se protezalo od Save na sjever, odnosno da je obuhvaćalo južnu Mađarsku, a na istoku i Banatsko gorje. Ovom mišljenju pridonose i Gorjanović-Kramberger (1907), Poljak (1911) i Salopek (1914), a navode i da su južni i sjeverni dijelovi ovog kopna potonuli te da kao takvi tvore doline rijeke Save i rijeke Drave.

Diener (1902) u svojim radovima iznosi tezu prema kojoj je ovo područje sastavni dio Alpa.

Neogensko-kvartarne sedimente obradio je Ožegović (1944) na osnovu podataka iz dubinskih bušotina, a prema rezultatima navodi da na temeljno gorje naliježu baden, sarmat, panon i pliocen. Razvoj ovih sedimenata autor smatra prijelazom između dravske i savske potoline, a stratigrafske članove dokazuje prisustvom brojne faune.

Tajder (1957) daje rezultate detaljnijih istraživanja granitnih stijena zapadnog dijela Papuka, a uz klasifikaciju stijena daje i opise njihovih pojava oblika. Raffaelli (1965) navodi da su metamorfne stijene Papučkog kompleksa metamorfozirane i deformirane u istom događaju, a smatra da je to bilo tijekom hercinske orogeneze te da su protoliti bile sedimentne stijene.

Šikić et al. (1975) po prvi puta objavljuju kompletan prikaz petrografskih i stratigrafskih značajki mezozojskih sedimenata Papuka. Galović et al. (1981) izdaju kartu i tumač za list Virovitica u sklopu Osnovne geološke karte M 1:100000, a zatim sijede karte i tumači za list Orahovica (Jamičić et al., 1986) te za list Podravska Slatina (Marković et al., 1986). Karta i tumač za list Daruvar izradili su Jamičić et al. (1988).

Jamičić (1981) smatra da je područje Papuka, ali i okolnih gora, bilo podvrgnuto utjecaju tektonskih pokreta tijekom bajkalske, kaledonske, hercinske i alpske orogeneze, a prve tri orogeneze su rezultirale metamorfnim promjenama u stijenama.

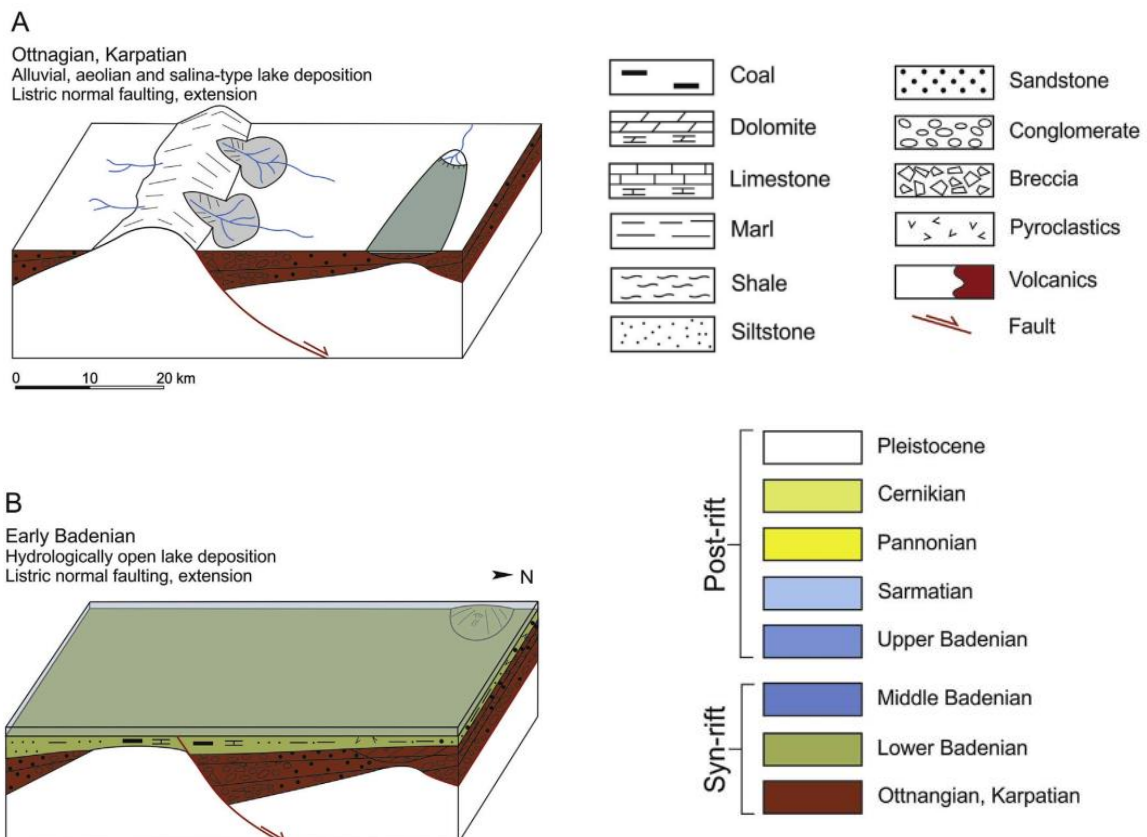
Ustaszewski et al. (2008) konstruiraju kartu područja Alpa, Karpata i Dinarida te Panonskog bazenskog sustava koja prikazuje prostorni položaj predneogenskih blokova na početku miocena te dolaze do zaključka da je tektonski blok na kojem je smješten Papuk (Tisija) zarotiran za 30° u smjeru kretanja kazaljke na satu, a smatraju da se ta rotacija odvijala od početka miocena.

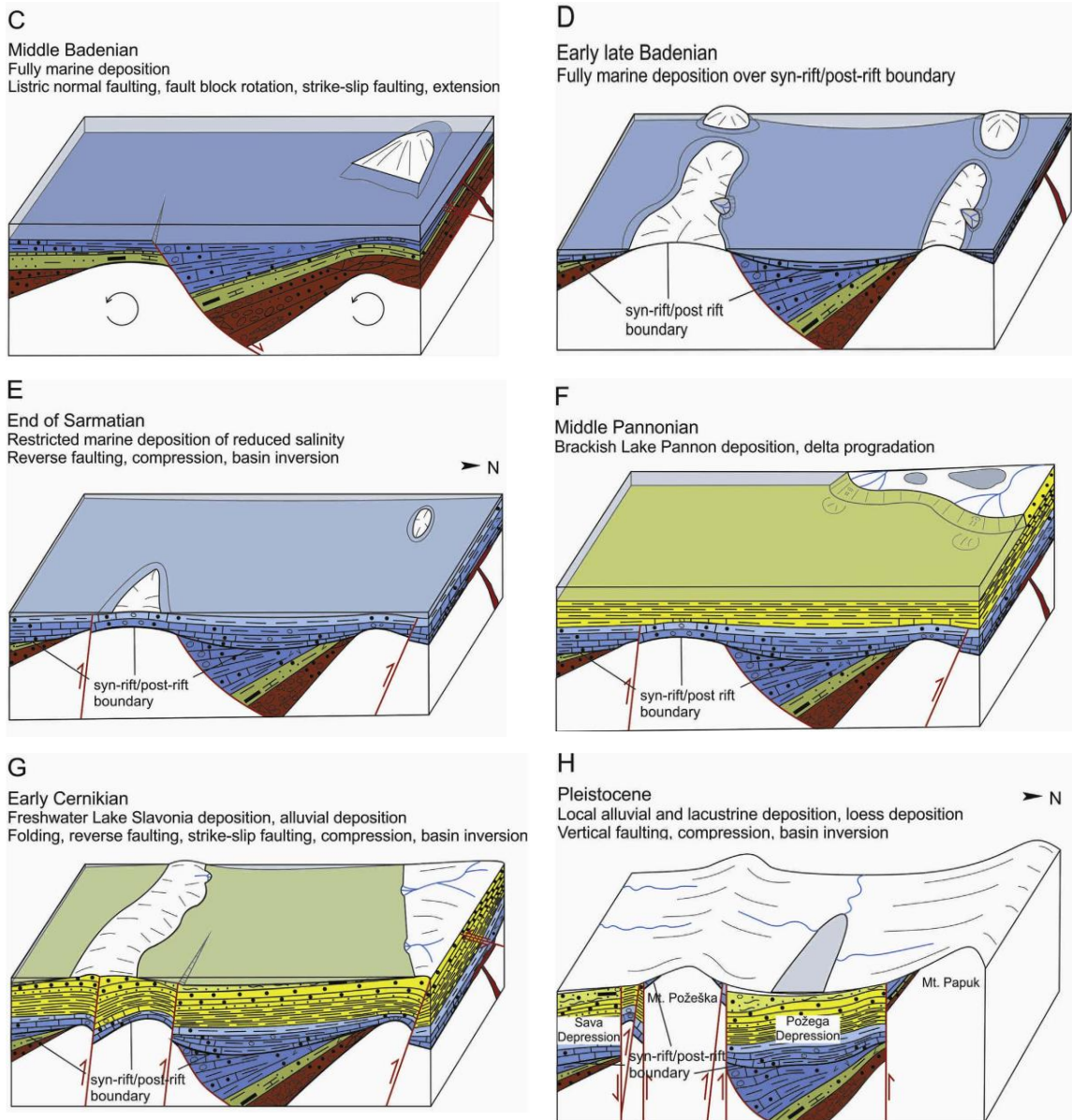
Pavelić et al. (2003) iznose informacije o evoluciji Slavonskih gora za vrijeme neogena. Prema njima, Slavonske gore, kojima pripada i Papuk, predstavljaju velike blokove konačno uzdignute za vrijeme pliocena i kvartara. Navode da miocenski siliciklastični sedimenti nekonformno naliježu na izrazito tektonski poremećenu podlogu. Formiranje sedimentacijskog bazena započinje u ranom miocenu, najvjerojatnije u otnangu, u slatkovodnim uvjetima taloženja (Slika 3-1.-A). Prva faza karakterizirana je akumulacijom breča i konglomerata i nešto manje pijesaka i glina u uvjetima aluvijalnih lepeza (Pavelić & Kovačić, 1999; Pavelić, 2001). Druga faza taloženja odvijala se u formiranom slatkovodnom jezeru (Kochansky-Devide, 1979; Pavelić, 2001), a taloženi su u većoj mjeri pijesci i gline te tek sporadično šljunci, a na rubu jezera mogu se pronaći treseti. Jezero je bilo duboko i hidrološki otvoreno. Za vrijeme karpata dolazi do zamjene jezerskih uvjeta taloženja s marinskim, a ovaj je period karakteriziran taloženjem lapora i siltita (Pavelić, 1998). Za vrijeme ranog badena (Slika 3-1.-B), pijesci su taloženi u morskom obalnom području progradacijom koja je praćena produbljivanjem bazena, a to je uzrokovalo taloženje lapora i kalkarenita u priobalnom području u kasnoj sinriftnoj fazi (Velić et al., 2000). U kasnom badenu započinje postriftna faza (Slika 3-1.-C), a posljednja micenska transgresija preplavljuje čak i vrhove Papuka i Psunja koji su u ranom badenu predstavljali izolirane otoke (Jamičić et al., 1987, 1989). Kraj badena karakteriziran je oplicavanjem (Slika 3-1. D). U ranom sarmatu dolazi do smanjivanja saliniteta, što uzrokuje nastanak uvjeta

reduciranog saliniteta taloženja (Pavelić et al., 2003). Također, oplićavanje uzrokuje i eroziju sedimenata. Značajno je taloženje horizontalno laminiranih lapora, kao i masivnih lapora, a prisutna su i epizodična pojavljivanja pijeska koji su u bazen doneseni gravitacijskim tokovima. Očuvane horizontalne lamine upućuju na anoksične uvjete koji uglavnom onemogućavaju opstanak bentičke fauni. Trend oplićavanja nastavlja se i u kasnom sarmatu (Slika 3-1. E).

Prema Pavelić (2003) u ranom panonu se nastavlja pad saliniteta unutar jezera, a mjestimično se pojavljuje i slatka voda te se zbog toga javljaju endemske vrste mekušaca i ostrakoda. U panonu se oplićavanje nastavlja te dolazi i do zapunjavanja bazena donosom terigenog materijala s kopna (Slika 3-1. F). Krajem panona dolazi do progradacija delti te to predstavlja posljednju fazu zapunjavanja bazena (Slika 3-1. G i H). Siliciklastiti koji se talože u miocenu slični su onima taloženim u kvartaru. Kvartar je karakteriziran i nanosima eolskih sedimenata, odnosno praporom ili lesom.

Na Slici 3-1. prikazani su dijagrami koji ilustriraju prethodno opisane uvjete taloženja, a preuzeti su iz Pavelić & Kovačić (2018).



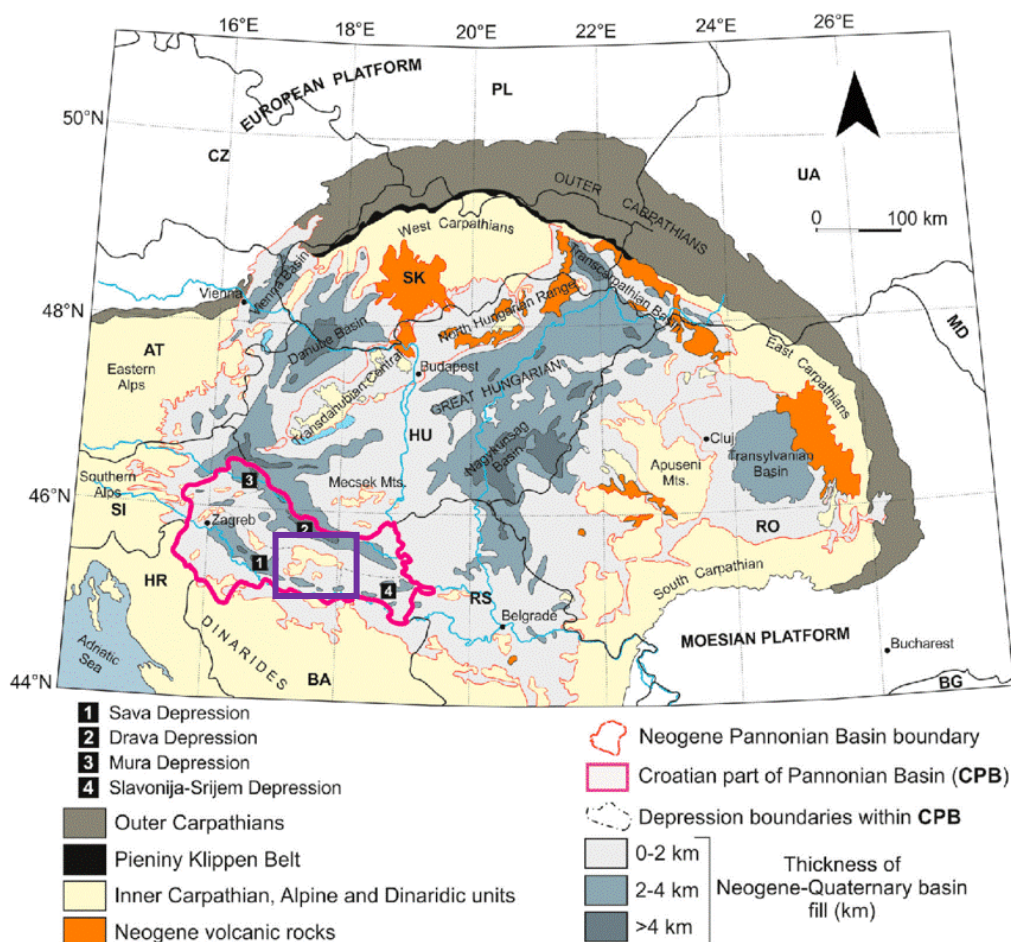


Slika 3-1. Model promjene u uvjetima taloženja Sjevernohrvatskog bazena (Pavelić & Kovačić, 2018).

4. GEOLOGIJA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

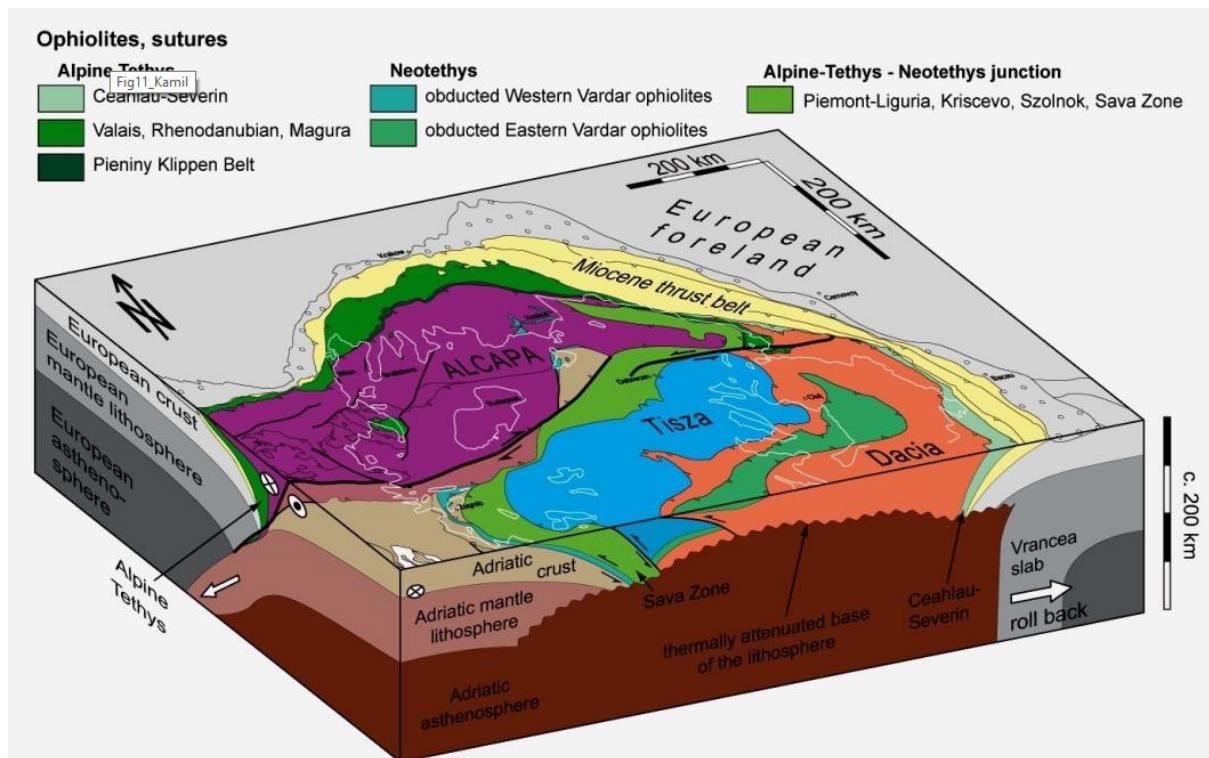
4.1. Geološki položaj i tektonika istraživanog područja

Papuk kao gora pripada Panonskom bazenskom sustavu (PBS), a smješten je na njegovom južnom rubu (Slika 4-1.). Panonski bazenski sustav pripada nizu kenozojskih zalučnih (*back-arc*) bazena mediteranskog pojasa, a to potvrđuju oblik i veličina sustav, kao i položaj kenozojskih orogenskih pojaseva u njegovom zaleđu (Royden et al., 1983). Ovaj je sustav okružen orogenskim pojasevima, a njihove tektonostratigrafske jedinice izgrađuju predneogensku podlogu bazena. Na sjeverozapadu nalaze se Alpe, od sjevera, preko istoka, pa sve do jugoistoka nalaze se Karpati, dok se na zapadu i jugozapadu sustava nalaze Dinaridi (Rögl and Steininger, 1983; Popov et al., 2004; Harzhauser and Piller, 2007; Piller et al., 2007; Kováč et al., 2017).



Slika 4-1. Panonski bazenski sustav s označenim glavnim neogenskim depresijama (Cvetković et al., 2019 after Dolton, 2006 with references: Schmid et al., 2008). Ljubičastim kvadratićem označeno je područje istraživanja.

U središnjem dijelu bazena predneogensku podlogu čine tektonsko-stratigrafske jedinice dva tektonska megabloka, a to su blok ALCAPA koji se nalazi na sjevernom dijelu i blok TISZA-DACIA koji je smješten u južnom dijelu Panonskog bazenskog sustava (Schmid et al., 2008). Na Slici 4-2. se može 3D vidjeti položaj glavnih tektonskih jedinica (Ustaszewski et al., 2008).



Slika 4-2. Prikaz glavnih tektonskih jedinica Panonskog bazenskog sustava. Tisija je označena plavom bojom, Alcapa ljubičastom. Preuzeto iz Ustaszewski et al., 2008.

Na površini Papuka nalaze se stijene europskog kontinentalnog bloka Tisije, a prekrivene su većim dijelom sedimentima neogenske i kvartarne starosti Panonskoga bazenskog sustava (Schmid et al., 2008).

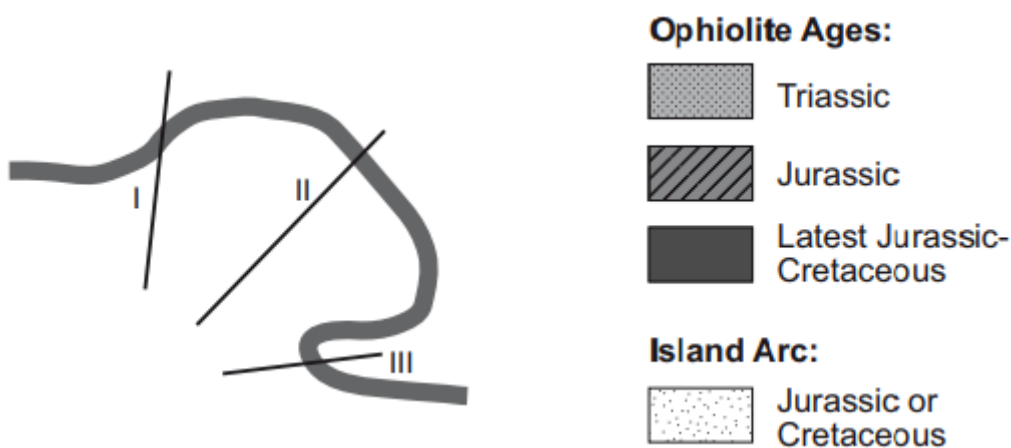
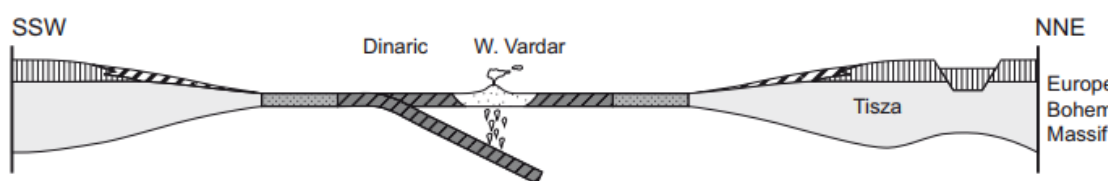
Najstarije stijene na Papuku prekambrijske su starosti, a izvorno su to bili terigeni klastiti i rjeđe karbonatni sedimenti taloženi u plitkomorskim uvjetima. Geodinamskom aktivnošću tijekom bajkalske orogeneze ove stijene se metamorfoziraju, a opseg metamorfoze u rasponu je od amfibolitnog do kloritnog facijesa, a mjestimično su zabilježene intruzije granita. Nakon konsolidacije granitnih i metamornih stijene, utisnute su gabroidne stijene, a kada je metamorfoza završila, stijene su izdignute. U vrijeme paleozoika, na ovom su se

području taložili sitnozrnati klastiti s povremenim izljevima bazičnih stijena, a oni su tijekom kaledonske orogeneze metamorfozirane. Kaledonska orogenaza praćena je i tektonskim suživanjem te boranjem prostora. Na predmezozojsku kristalinsku podlogu talože se permotrijaski i donjotrijaski crveni klastični sedimenti, koji kontinuirano prelaze u karbonatne sedimente srednjeg i gornjeg trijasa.

U srednjoj juri započinje razvoj Tisije kao samostalnog i neovisnog bloka. Riftovanjem i otvaranjem Piemont-ligurnijskog oceanskog korita, koji predstavlja istočni ogranak Alpskog Tethysa, dolazi do odvajanja pojedinih tektonskih megablokova od Europske ploče, a jedan od tih megablokova bila je Tisija (Schmid et al., 2008). Na Slici 4-3. mogu se vidjeti tektonski odnosi u vrijeme rane srednje jure, a može se istaknuti da je za vrijeme otvaranja Piemont-ligurnijskog oceanskog korita došlo do istovremene intraoceanske subdukcije u zapadnom Vardarskom oceanu.

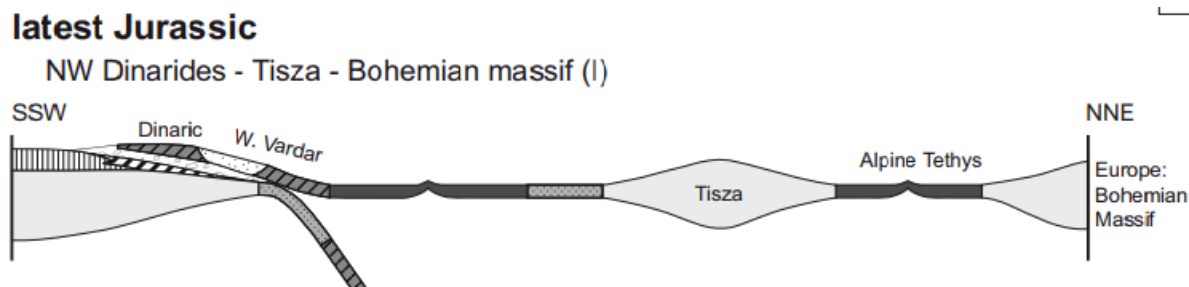
early Middle Jurassic

NW Dinarides - Tisza - Bohemian massif (I)



Slika 4-3. Shematski profil iz Schmid et al., 2008 koji prikazuje tektonske odnose za vrijeme rane srednje Jure (gornja slika). Dolje lijevo prikazan je položaj i orijentacija profila u odnosu na današnji položaj Karpata. Dolje desno prikazana je legenda.

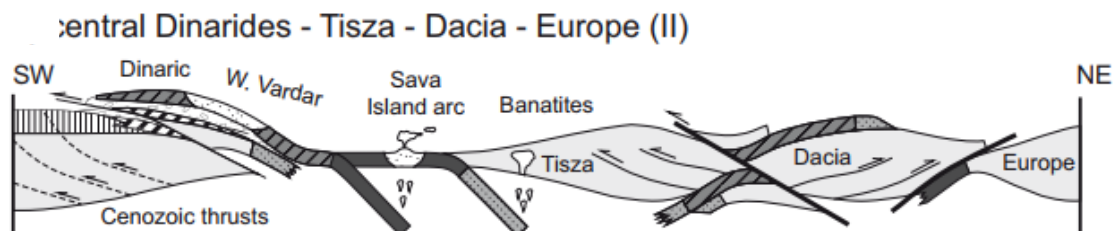
U kasnoj juri Piemont-ligurnijski ocean je otvoren, a u zapadnom Vardarskom oceanu dolazi do obdukcije ofiolita na SI rub Jadranske ploče (Slika 4-4.).



Slika 4-4. Shematski profil iz Schmid et al., 2008 koji prikazuje tektonske odnose za vrijeme kasne Jure. Legenda i položaj profila prikazani su na Slici 4.3.

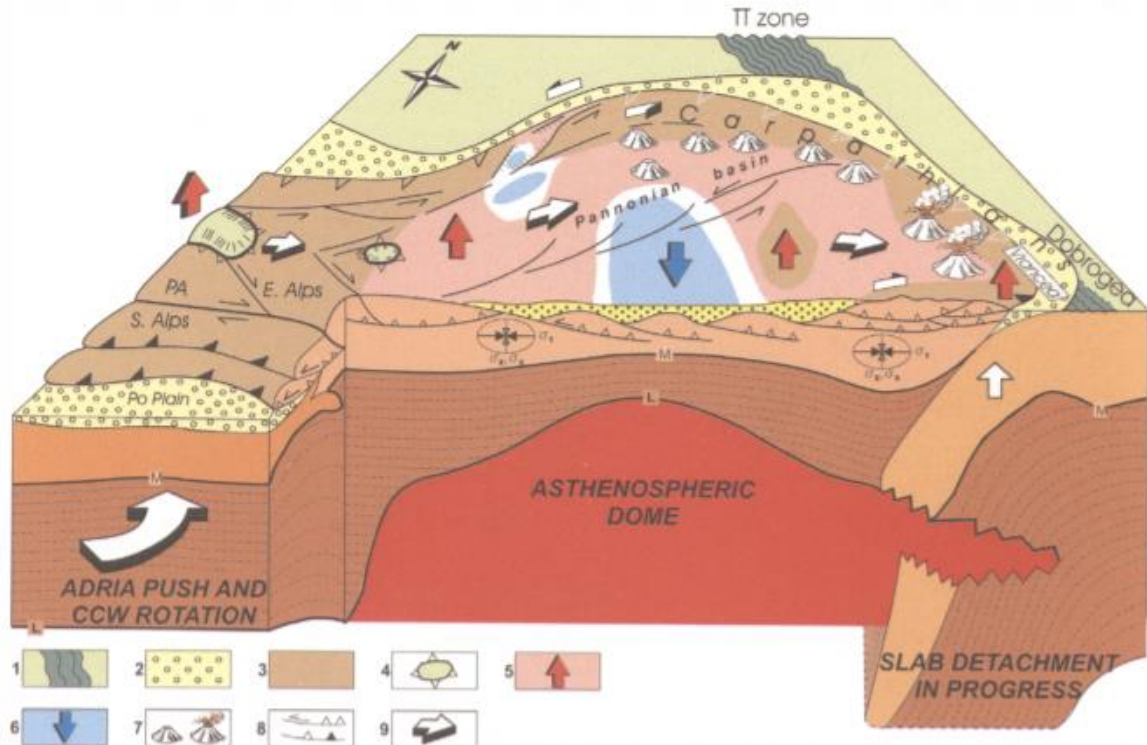
Unutar Tisija bloka dolazi do formiranja tri navlačne ljuske: Kordun, Mečak i Bihor kao posljedica kompresijske tektonike u turonu sa smjerom tektonskog transporta prema sjeveroistoku (Schmid et al., 2008). U senonu dolazi do kratkotrajne ekstenzije te se formiraju postkompresijski bazeni, a oni egzistiraju dijelom i u paleocenu (Jamičić, 2007). Na Slici 4-5. prikazan je tektonski razvoj na području sjevernih Dinarida, Tisije i Karpata za vrijeme kasne krede. Subdukcijom Jadranske ploče pod Tisiju započinje završna faza zatvaranja Tethysa, a do kolizije dolazi tijekom mlađe krede i paleogena te se stvara Savska suturna zona uz južni rub Tisije (Pamić, 2002; Schmid et al, 2008; Ustaszewski et al, 2010). Na jugozapadnom rubu formiran je Savski vulkanski luk, a on je rezultat subdukcije oceanske kore zapadnog Vardarskog oceana i Jadranske ploče pod Tisiju (Schmid, 2008).

Late Cretaceous



Slika 4-5. Shematski profil iz Schmid et al., 2008 koji prikazuje tektonske odnose za vrijeme kasne krede. Legenda i položaj profila prikazani su na Slici 4.3.

Tijekom paleogena i neogena odvija se kolizija Jadranske i Europske ploče u središnjim Alpama. Tijekom kasnog oligocena i u miocenu dolazi do lateralne ekstruzije uzrokovane kolizijom te se tektonski blokovi pomiču iz zone kolizije prema istoku u područje Panonskog bazenskog sustava (Frisch et al., 2011). Prema Horvath et al. (2006) i Ustaszewski et al. (2008) na zapadnom dijelu Panonskog bazenskog sustava napreduje subdukcija Europske ploče pod Karpate te njezino istovremeno podvlačenje prema istoku, a to dovodi do procesa „slab retreat“ koji je izazvao zalučnu ekstenziju na prostoru Panonskog bazenskog sustava. Kao posljedica ove ekstenzije dolazi do stanjenja kore na području Panonskog bazenskog sustava, a to je uveliko pridonijelo lateralnoj ekstruziji tektonskih blokova iz Alpa (Slika 4-6.). Isti autor navodi da je lateralna ekstruzija bila aktivna najviše tijekom miocena, a da je značajna i istovremena translacija i rotacija tektonskih blokova te njihova kolizija s navlakama nastalim u pojasu Karpatskog luka. Tisija-Dacija blok rotiran je u smjeru kazaljke na satu za 40°, dok je sjeverni ALCAPA blok rotiran u smjeru obrnutome od smjera kazaljke na satu za 25°. Subdukcija završava krajem miocena i početkom pliocena, a to rezultira inverzijom bazena s pretežito kompresijskim smjerom naprezanja, a faza inverzije aktivna je i u kvartaru (Tomljenović & Csontos, 2001).

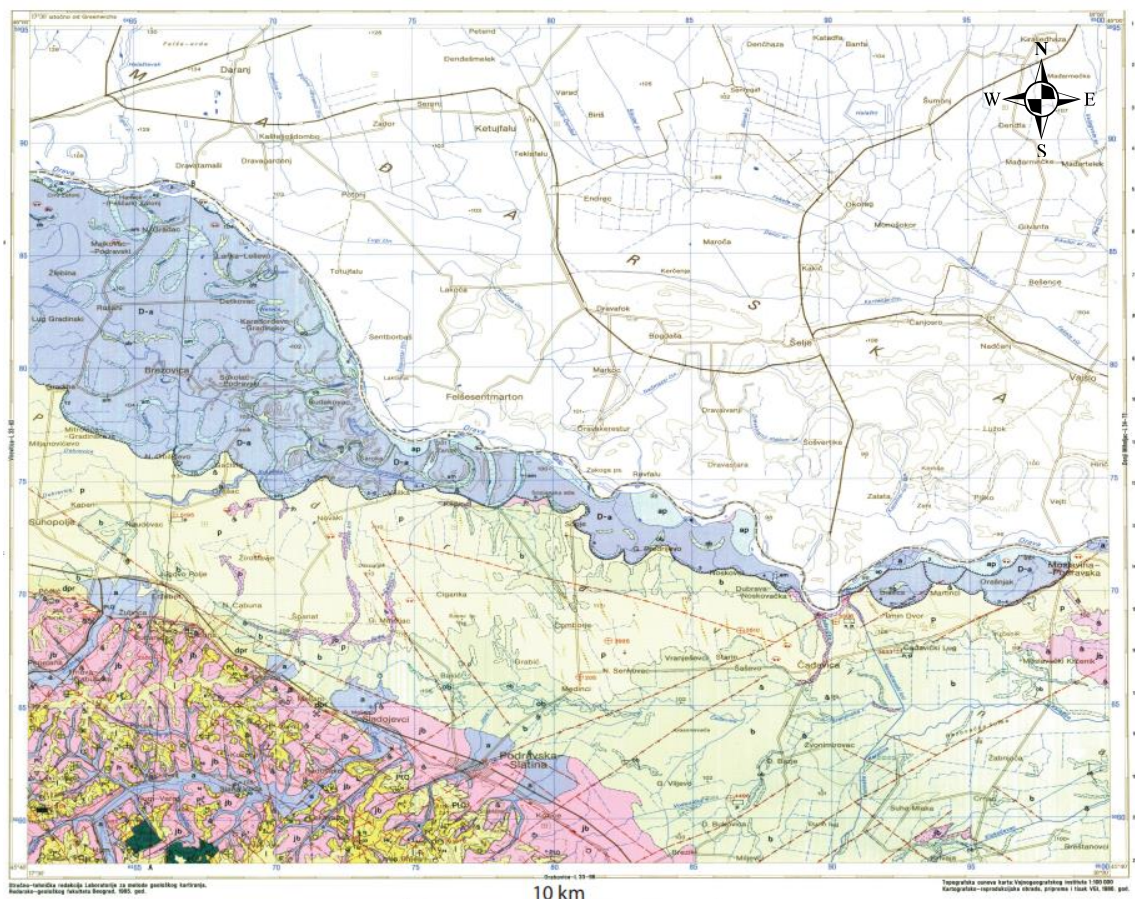


Slika 4-6. Shematski 3D prikaz geodinamskih procesa u području istočnih Alpa, PBS-a i istočnih Karpata tijekom pliocena i kvartara, odnosno za vrijeme faze tektonske inverzije u PBS-u (Horvath et al., 2006).

4.2. Litološke karakteristike istraživanog područja

Ovaj je rad baziran na dva lista Osnovne geološke karte SFRJ M 1:100 000, koja su poslužila za izradu karte te prilikom terenskog rada, list Orahovica (Jamičić et al., 1989) i list Slatina (Marković, 1984).

Pogledom na list Slatina (Marković, 1984) koji je prikazan na Slici 4-7. može se uočiti da dominiraju naslage kvartara, odnosno da su najstarije naslage ovdje prisutne zapravo naslage miocena. Ove naslage pripadaju naslagama Dravske depresije.



Slika 4-7. List Slatina (Marković, 1984) na kojem se može vidjeti rasprostriranje miocenskih i kvartarnih naslaga.

Prema Tumaču za list Slatina (Marković, 1984), miocenskim stijenama pripadaju bazalti (β), odnosno magmatske stijene koje su najčešće predstavljene jastučastim „pillow“ lavama. Ove su naslage badenske starosti. Zatim se od miocenskih naslaga javljaju sivi pjeskoviti lapori

i litotamniji vapnenci (M_2^2). Panon (M_3^2) je predstavljen erozijskim ostatkom "Croatica" naslaga koje su diskordantno položene na eruptivne stijene. Zatim slijede „abichi“ i „rhomboidea“ naslage. Naslage pliokvartara (Pl, Q) su uglavnom pijesci i šljunci koji leže diskordantno na naslagama pliocena. Kvartarni sedimenti predstavljeni su naslagama pleistocenske i holocenske starosti. Pleistocenu pripadaju jezersko-barski sedimenti (jb), a to su siltovi, pijesci i prapor. U holocenu je značajan fluvijalni niz sedimenata, a radi se o aluvijalnim nanosima Drave (D-a) kojima pripadaju facijesi mrtvaja (am), Povodanjski facijes (ap), facijes ada i plaža (a), aluvijalnim nanosima potoka (a), javljaju se i barski sedimenti (b) kojima pripadaju organogeno-barski sedimenti (ob). Eolski niz predstavljen je pijescima (p), a deluvijalno-proluvijalni nanos (dpr) zapravo predstavlja padinske sedimente.

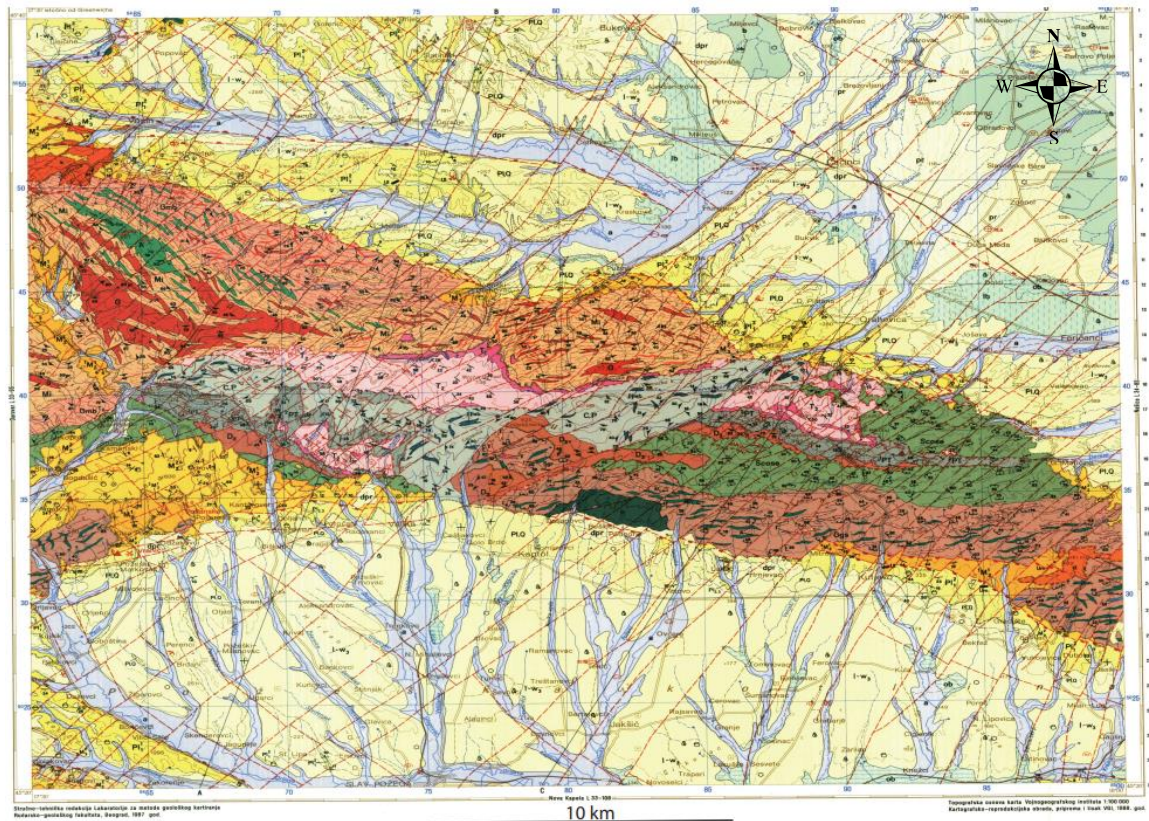
Na listu Orahovica (Jamičić et al., 1987) javljaju se stijene od prekambrijske starosti do naslaga kvartarne starosti (Slika 4-8.). Prema tumaču za list Orahovica (Jamičić et al., 1987), prekambrijske stijene su predstavljene gnajsevima (Ggs), amfibolitima i amfibolitskim škriljavcima (A), mramorima (M), metagabrima (v), kloritnim škriljavcima (scose) i grafitičnim škriljavcima (Sgr). Zajedno s paleozojskim stijenama čine kristalinsku jezgru Papuka. Starijem paleozoiku pripadaju stijene biotitskih gnajseva i tinjčevih škriljavaca (Gbm), migmatitskih gnajseva (Mi), granitoidi (G), pegmatiti i apliti (p), amfiboliti i amfibolitski škriljavci (A'), peridotiti i serpentiniti (Se) te kloritski škriljavci (Sco). Od paleozojskih stijena, prisutne su i stijene devonske starosti, a radi se o granitima (γ), te spiliti ($\beta\beta ab$) koji su karbon-permske starosti. Značajne naslage su permotrijaske starosti, filitni konglomerati (1PT) koji leže transgresivno na prekambrijskim stijenama i stijenama devona, a karakteristične su ljubičaste boje, te kvarcni pješčenjaci (2PT) koji čine prijelazni horizont prema donjotrijaskim naslagama, a na prethodnim konglomeratima leže kontinuirano.

Mezozoik je na ovom području predstavljen trijasom, a javljaju se naslage donjeg i srednjeg trijasa. Naslage donjeg trijasa su klastiti, odnosno pješčenjaci, šejlovi i siltiti, dok su naslage srednjeg trijasa karbonatne, odnosno dolomiti, dolomitični vapnenci i vapnenci.

Od naslaga neogenske starosti prisutne su klastične i magmatske stijene miocena. Što se tiče magmatskih, odnosno efuzivnih i piroklastičnih stijena, javljaju se andeziti (α) i bazalti (β). Od klastita su prisutni sedimenti otnanga i karpata (M_2^1) i badena (M_2^2), a javljaju se i naslage sarmatske (M_3^1) te panonske (M_3^2) starosti. Donji panon je predstavljen „croatica“ naslagama, dok su naslage gornjeg dijela donjeg panona nazvane „banatica“ naslagama.

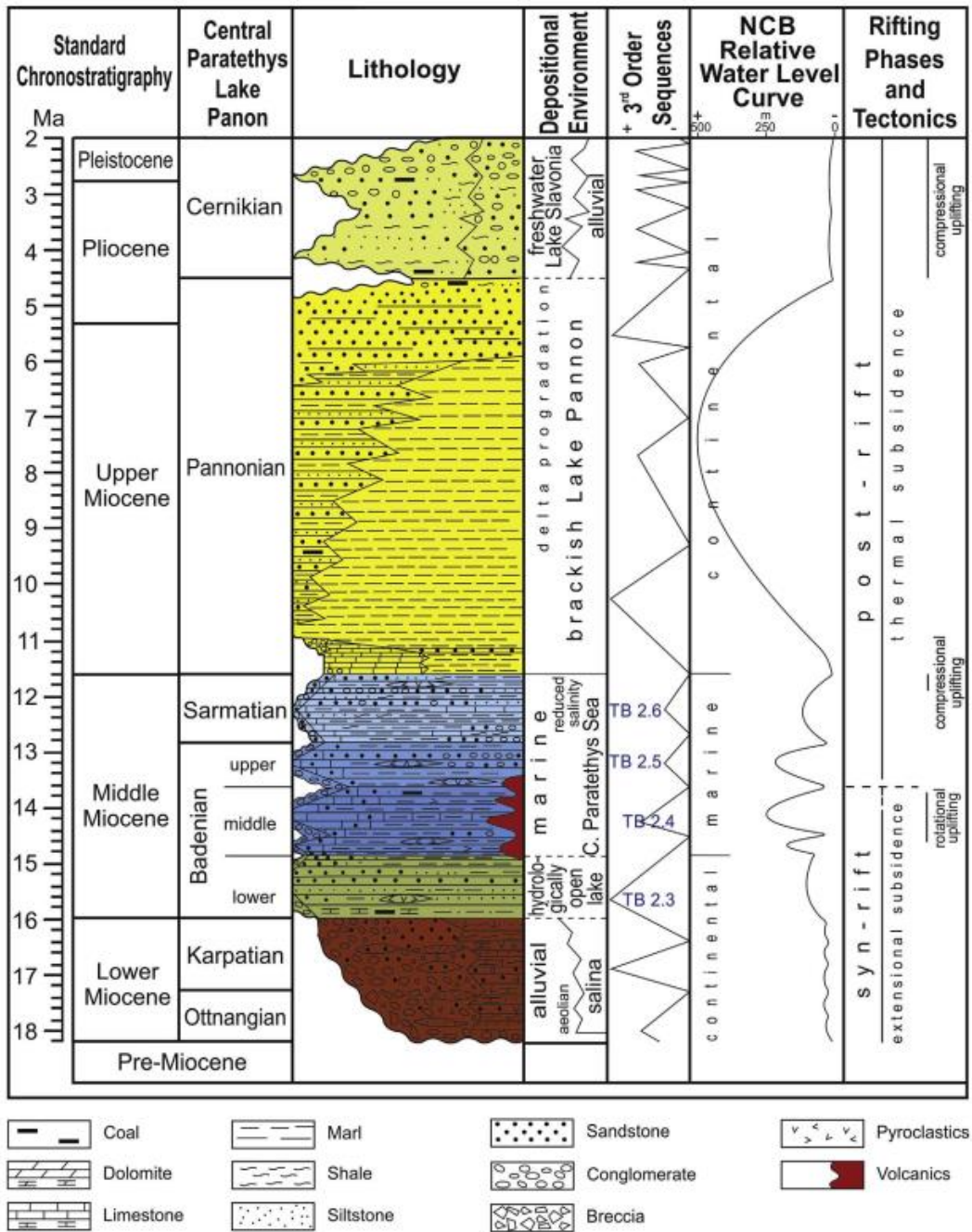
4. GEOLOGIJA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Također su prisutne naslage donjeg i gornjeg pontaja („*abichi*“ i „*rhomboidea*“ naslage). Pliocen je predstavljen naslagama dacija i levanta (Pl_{2,3}), odnosno „*paludinski*“ naslagama. Pleistocen je zastupljen praporom (Ib), a u holocenu se talože barski sedimenti (b), proluvijalni sedimenti (pr), sedimenti aluvija recentnih tokova (a) te mrtvaja (am), a prisutni su i deluvijalno-proluvijalni sedimenti (dpr).



Slika 4-8. List Orahovica (Jamičić et al., 1987) na kojem su prikazane stijene i naslage koje izgrađuju Papuk i njegove rubne dijelove.

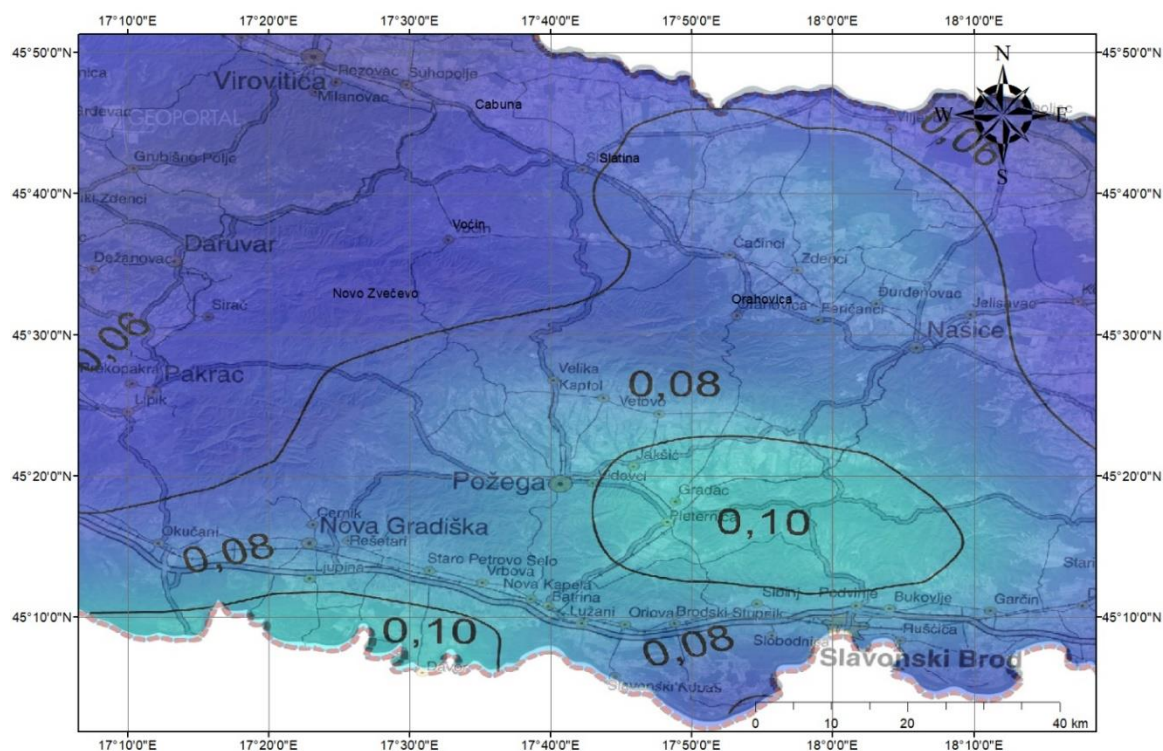
Istraživano područje, gora Papuk, za vrijeme neogena predstavljala je izolirani otok u Sjevernohrvatskom bazenu koji pripada Panonskom bazenskom sustavu. Na Slici 4-9. prikazan je litološki i sedimentološki stup stijena i naslaga koje su taložene u tom periodu (Pavelić & Kovačić, 2018).



Slika 4-9. Sedimentološki i stratigrafski prikaz naslaga i stijena taloženih u Sjevernohrvatskom bazenu Panonskog bazenskog sustava (Pavelić & Kovačić, 2018).

4.3. Seizmotektonske karakteristike istraživanog područja

Seizmička aktivnost usko je povezana sa strukturno-tektonskim odnosima i kretanjima pojedinih tektonskih cjelina. Na Slici 4-10. prikaza je Karta potresnih područja Republike Hrvatske za povratno razdoblje od 95 godina (Herak et al., 2011) koja je georeferencirana koristeći ArcGIS alate u koordinatnom sustavu WGS1984. Prikazano je vršno ubrzanje tla tipa A (osnovna stijena) s vjerojatnosti premašaja od 10% u 50 godina, a akceleracije su prikazane u jedinicama Zemljine teže „g“. Za područje Slavonskih gora, odnosno za područje Papuka, može se očekivati maksimalna akceleracija tla od $a_{gR}=0.06 - 0.10$ g.

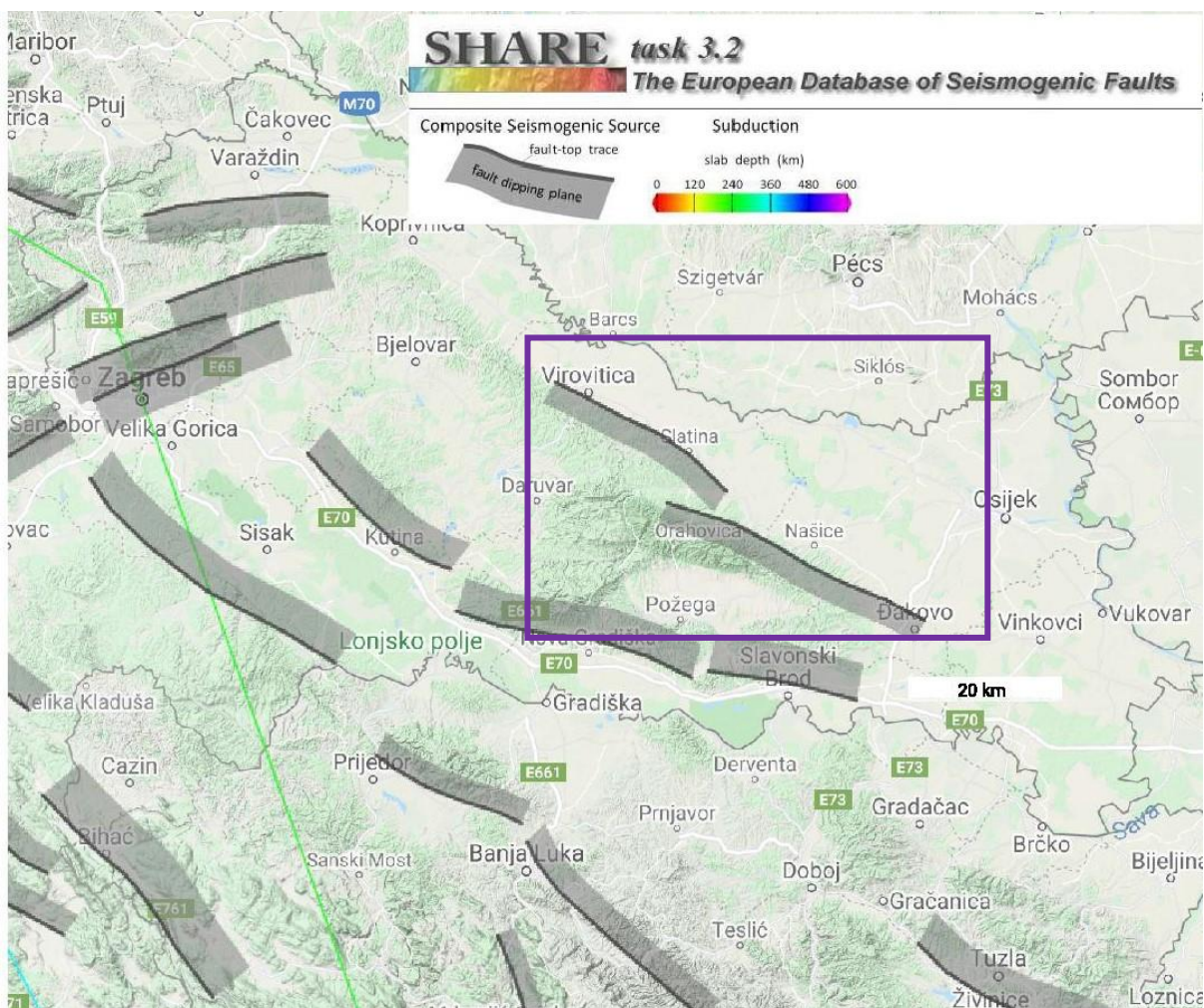


Slika 4-10. Prikaz seizmičnosti istraživanog područja na osnovu Karte potresnih područja Republike Hrvatske za povratno razdoblje od 95 godina. Karta je preuzeta i modificirana prema Herak et al. (2011).

Potresi na ovom području javljaju se kao posljedica kompresijskog režima naprezanja koji je uspostavljen nakon inverzije, a žarišni mehanizmi zabilježenih potresa potvrđuju tu činjenicu (Tomljenović et al., 2010; Ustaszewski et al., 2014).

4. GEOLOGIJA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Europska baza seizmogenih rasjeda (EDSF) na istraživanom području navodi dva rasjeda koja mogu uzrokovati potrese magnitude jednake ili veće od 5.5 (Basili et al., 2013), a ta dva rasjeda prikazana su na Slici 4-10. Prvi rasjed pruža se od Virovitice do Slatine, a prema EDSF podacima maksimalna magnituda koja se na ovom području može pojaviti je 6.5, dok je dubina na kojoj se može očekivati epicentar potresa od 1 do 15 km. Pružanje ovog rasjeda je približno 300° do 120° , a kut nagiba rasjeda je od približno 60° do 80° . Drugi rasjed koji je naveden nalazi se na potezu do Orahovice do Đakova, a prema EDSF podacima maksimalna magnituda koja se na ovom području može pojaviti je 6.5, dok je dubina na kojoj se može pojaviti epicentar potresa od 1 do 15 km. Ovaj rasjed sličnog je pružanja kao prethodno spomenuti (približno 300° - 120°), dok je kut nagiba jednak prethodnom (približno 60° - 80°).



Slika 4-11. Karta preuzeta iz Europske baze seizmogenih rasjeda (EDSF). Dva značajna rasjeda za istraživano područje označena su ljubičastim pravokutnikom.

5. MEODE RADA

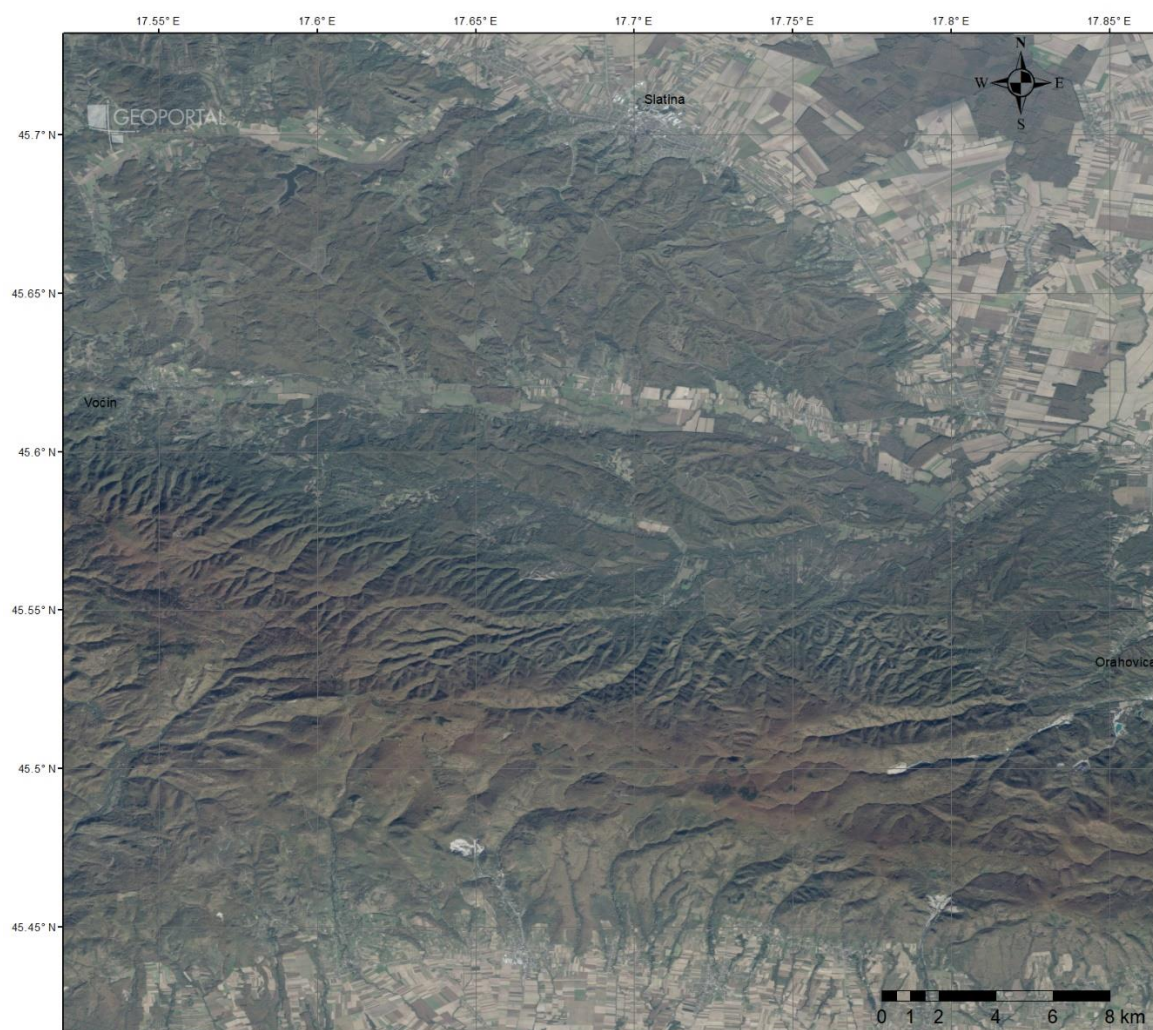
Postupci i metode korištene za izradu ovog rada dijele se na terenske i kabinetske. Papuk je najvećim dijelom prekriven vegetacijom te se zbog toga na terenu nalazi manji broj izdanaka, a iz tog razloga je priprema za teren jedan od sastavnih dijelova. Na terenu su prikupljeni podaci o izdancima i zabilježene su koordinate te je svaki izdanak fotografiran. Prikupljeni podaci su naknadno analizirani te taj dio pripada kabinetskom radu. Izrađena je geološka karta koja odgovara prikupljenim podacima te su konstruirana dva geološka profila koja prikazuju geološke odnose na zapadnom i istočnom dijelu istraživanog prostora.

5.1. Terenski rad

Priprema za terenski rad sastojala se od proučavanja topografskih i geoloških karata istraživanog područja, a potrebno je bilo i proučiti postojeću literaturu kako bi se dobile sve informacije o očekivanoj litološkom sastavu stijena koji se može pronaći na terenu kao i o strukturnim odnosima terena. Proučavanjem literature mogu se dobiti podaci o već postojećim izdancima na kojima su uočeni značajni geološki odnosi. Na terenu je korištena topografska karta mjerila M 1:25000, a također je korištena i Osnovna geološka karta SFRJ M 1:100000, odnosno listovi Slatina (Marković, 1984) i Orahovica (Jamičić et al., 1987). Na Slici 5-1. je prikazano je područje istraživanja, a kao podloga korištena je Digitalna ortofoto karta M 1:5000 preuzeta s Geoportala Državne geodetske uprave Republike Hrvatske. Obzirom na to da je cilj odrediti geološku građu Papuka na navedenim listovima, kako bi se podaci prikupljeni na tom području bolje razumjeli, terenski su radovi prošireni i na listove Daruvar (Jamičić et al, 1989) i Virovitica (Galović & Marković, 1979). Za lakše snalaženje u prostoru te bolju orijentaciju, korištena je aplikacija *Avenza Maps* koja je dostupna na Android i iOS uređajima. Kako bi se prikupilo što više podataka, potrebno je prehodati teren. Osnovna metoda kartiranja bila je praćenje geološke granice.

Uočeni izdaci na terenu su fotografirani, određene su koordinate te su izdanci opisani na način da je determinirana litologija, slojevitost te pukotine i rasjedi ukoliko se uočavaju na izdancima. Koordinate su određivane putem GPS prijemnika mobilnog telefona Android operativnog sustava te GPS prijemnikom iPad uređaja koji je baziran na iOS operativnom

sustavu. Korištena su dva prijemnika kako bi se kontrolirala točnost određenih koordinata. Dobivena je greška od 5 do 10 m.



Slika 5-1. Prikaz istraživanog područja, podloga je preuzeta s Geoportala Državne geodetske uprave Republike hrvatske: <https://geoportal.dgu.hr/>.

5.2. Kabinetski radovi

U sklopu kabinetskih radova izrađena je GIS baza podataka koji su prikupljeni na terenu, izrađena je geološka karta istraživanog područja te su konstruirana dva geoloških profila.

5.2.1. Obrada podataka s terena

Nakon što su provedena terenska istraživanja, potrebno je obraditi podatke. Kreirana je tablica koja obuhvaća sve pređene lokalitete, a u nju su unesene koordinate zabilježene na terenu, opis litologije, položaji slojeva i mjerenja diskontinuiteta. Također je potrebno razvrstati fotografije zabilježene na terenu po točkama kako bi se znalo koja fotografija pripada kojem lokalitetu.

Kako bi se odredila točna dubina na kojoj se nalaze određene naslage prilikom konstruiranja geoloških profila na području Dravske depresije, zatraženi su bušotinski podaci iz Agencije za ugljikovodike (AZU) koji su proučeni i korišteni prilikom izrade profila. Za izradu ovog rada korišteni su podaci iz tri bušotine: Čeralije – 2, Donja Bukovica – 1 i Donja Bukovica – 2.

5.2.2. Izrada geološke karte (ArcGIS) i geoloških profila (AutoCAD)

Geološka karta u ovom je radu izrađena u programskom paketu ESRI ArcGIS (ArcMap i ArcCatalog). Kao podloga za izradu karte korištena su dva lista Osnovne geološke karte SFRJ M 1:100000, listovi Slatina (Marković, 1984) i Orahovica (Jamičić et al., 1987), a također su nadodani i podaci koji su prikupljeni na terenu.

Geografski informacijski sustav (GIS) računalni je sustav koji pridonosi lakšem upravljanju bazom podataka, a upravlja s prostornim podacima u njihovoj stvarnoj dimenziji kao i osobinama koje su pridružene podacima. Bez obzira na način prikupljanja podataka, oblik podataka, krajnju namjenu ili njihovu završnu vizualizaciju, podatak će uvijek rezultirati kao geoprostorni podatak koji se provjerava s već postojećim podacima (Perković, 1998).

GIS izvršava modeliranje, analiziranje i prikazivanje prikupljenih podataka. Podatke dijelimo na prostorne podatke i pripadajuće opise podataka, a razvoj GIS-a može se podijeliti u četiri faze (Perković, 1998):

- ulazni podaci (prikupljanje podataka);
- tematsko modeliranje podataka (preklapanje slojeva u GIS-u);
- prostorne operacije (prostorna analiza podataka);
- prikazivanje podataka.

Metode prikupljanja prostornih podataka koji se obrađuju u GIS-u jesu: preuzimanje koordinata (preko objekata koji imaju javno dostupne koordinate), terenski mjereni podaci (GPS, geodetske stanice), fotogrametrijski podaci (aerofotogrametrijski i terestrički), satelitske snimke (radarski sustavi), digitalizacija karata (vektorska i rasterska) (Perković, 1998).

Nakon unošenja podataka, oni se kontroliraju jer prilikom crtanja može doći do grešaka te ih je također potrebno ažurirati. Najčešći oblik prikupljanja podataka je digitalizacija (Perković, 1998), a postoje dvije vrste digitalizacije: rasterska i vektorska. Vektorska digitalizacija bazira se da digitalizaciji točaka, a nakon transformacije u koordinatni sustav dobiva se vektorski model podataka. Rasterska digitalizacija predstavlja skeniranje karte. Format datoteke koja se dobiva je nekomprimirani *TIFF* (engl. *Tagged Image File Format*).

Prema Perković (1998), osnovni prostorni objekti koji se koriste u GIS-u jesu točka, linija i poligon. Linije i poligoni su jednostavni nizovi karakterističnih točaka. Liniju definiramo kao najmanje dvije ili više točaka koje imaju pripadajuće koordinate, a na njihovim su krajevima čvorovi. Linije su dobivene spajanjem točaka, a spajanjem linija dobivaju se poligoni. Na primjer, prilikom crtanja geološke karte, položaji slojeva predstavljaju točkaste podatke, a određena geološka razdoblja su poligoni dok su rasjedi ili bore prikazane pomoću linijskih podataka.

Prema Perković (1998), geometrijski se podaci mogu prikazivati u dva oblika: rasterski oblik i vektorski oblik. Vektorski se podaci koriste kod opisa prostornih objekata uz pomoć koordinata kojima su zadani u koordinatnom sustavi. Rasterski podaci dolaze kao skup točaka u obliku površine koja izgleda kao mreža različitih veličina. Vektorski se podaci lagano uređuju jer im se mogu mijenjati grafički i opisni podaci, a također je moguća i promjena podataka pa tako točke mogu preći u linije, a linije u poligone. Rasterski se oblik

podatka koristi za statičke obrade te za satelitske i zračne snimke. Vektorski oblik podataka je precizniji od rasterskog oblika jer koristi složene prostorne operacije.

GIS podržava i prikaz 3D modela prostora, a radi se o skupu podataka, odnosno točaka u 3D prostoru te su značajna dva modela: digitalni model reljefa (DMR) u digitalni model terena (Perković, 1998).

Unosom geografskih obilježja i njihovim povezivanjem s atributnim podacima, omogućava se korištenje velikog broja analiza, interpretacija i zaključivanja pa se tako GIS koristi u velikom broju područja, a neka od njih su prostorno planiranje, promet, geodezija, vojska, zaštita okoliša, geologija i hidrogeologija (Perković, 1998).

Prilikom izrade ovoga rada, kao ulazni podaci korištene su georeferencirane geološke karte, odnosno georeferencirani listovi Osnovne geološke karte SFRJ M 1:100000, list Slatina (Marković, 1984) i list Orahovica (Jamičić et al., 1987). Također, ulazni podaci bile su i točke opažanja zabilježene na terenu. Točkama opažanja pridružene su vrijednosti položaja slojeva koji su na datom lokalitetu izmjereni (Slika 5.1.).

FID	Shape *	FID_	Shape_	Id	POINT_X	POINT_Y	Strike	Dip
0	Point	1	Point	8	17.86114	45.51573	142	41
1	Point	2	Point	9	17.85764	45.51697	26	11
2	Point	3	Point	10	17.85058	45.51364	6	21
3	Point	4	Point	11	17.85797	45.53932	148	15
4	Point	5	Point	12	17.82161	45.52045	196	25
5	Point	6	Point	13	17.78738	45.54867	146	54
6	Point	8	Point	38	17.75735	45.54947	336	14
7	Point	10	Point	14	17.70333	45.54363	87	32
8	Point	11	Point	15	17.68497	45.52115	165	37
9	Point	12	Point	34	17.70152	45.54863	20	25
10	Point	13	Point	35	17.69913	45.54844	20	33
11	Point	15	Point	41	17.65215	45.57081	40	26
12	Point	16	Point	42	17.6011	45.59166	300	15
13	Point	17	Point	40	17.68133	45.68268	130	16
14	Point	18	Point	16	17.56923	45.76026	14	44

Slika 5-2. Prikaz atributne tablice preuzete iz GIS-a. „Id“ predstavlja naziv točke opažanja, „POINT_X“ i „POINT_Y“ jesu koordinate lokacije na kojoj je točka zabilježena, „Strike“ predstavlja smjer pružanja sloja, a „dip“ je kut nagiba.

Izlazne podatke predstavljaju geološke karte prema kojima su izrađeni geološki profili. Za izradu geološke karte bilo je potrebno napraviti korelaciju naslaga miocena koje su prikazane na Osnovnoj geološkoj karti SFRJ M 1:100000 s novijim istraživanjima i podjelama. Za početak je potrebno napraviti korelaciju Mediteranskog miocena čija se

podjela koristila na kartama OGK SFRJ M 1:100000 i miocena Centralnog Paraethysa, a to je napravljeno prema već postojećoj korelaciji prikazanoj u Tablici 5-1. (Rögl, 1996; Berggren et al., 1995; Pavelić, 2001).

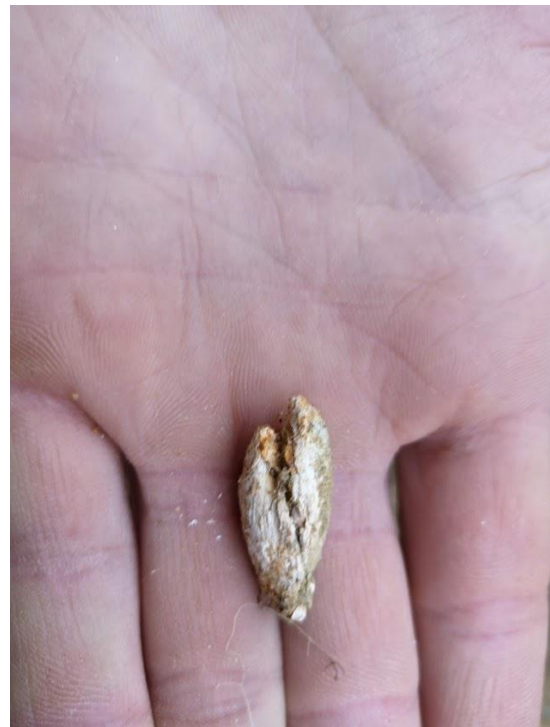
Geološki profili izrađeni su koristeći Autodesk alate, točnije CIVIL 3D i AutoCAD. Ovi alati služe za prostorno modeliranje i crtanje. Izrađena su dva geološka profila, jedan sa zapadne, a drugi s istočne strane istraživanog područja.

Tablica 5-1. Kronostratigrafska korelacija Mediteranskog miocena i miocena Centralnog Paraethysa (prema Rögl, 1996; Berggren et al., 1995; Pavelić, 2001).

M. A.	EPOCH	AGE	CENTRAL PARATETHYS STAGES	CALCAREOUS NANOPLANKTON
5	PLIO- CENE 5,3	ZANCLEAN	DACIAN (5,6)	NN13
				NN12
10	Late MIOCENE	MESSINIAN 7,1	PONTIAN	NN11
		TORTONIAN	PANNONIAN	NN10
				NN9b
				NN9a/8
15	Middle MIOCENE	SERRAVALIAN 14,8	11,5	NN7
			SARMATIAN (13,0)	NN6
		LANGHIAN 16,5	BADENIAN	NN5
20	Early MIOCENE	BURDIGALIAN 20,5	KARPATIAN (17,2)	NN4
			OTTNANGIAN (18,3)	NN3
		AQUITANIAN	EGGERBURGIAN	NN2
				NN1
25	OLIGOCENE	CHATTIAN	EGERIAN	NN1
		28,5	KISCELLIAN	NP25
				NP24
		RUPELIAN		NP23
30	33,7			NP22
				NP21
35	Late EOCENE	PRIABONIAN	PRIABONIAN	NP
				NP18-20
				NP18

5.2.3. Biostratigrafska analiza

Na terenu je zabilježen proslojak s makrofosilima na točki opažanja T41. Proslojak je zabilježen između lapora i pješčenjaka. Na terenu je uzorak klasificiran prema razredu, a radilo se o školjkašu (Slika 5-3). Kako bi se točno determinirao rod o kojem se radi, uzorak je odnesen na Prirodoslovno-matematički fakultet gdje je na Zavodu za geologiju i paleontologiju Geološkog odsjeka determiniran. Za proučavanje uzorka korišten je stereomikroskop Olympus SZX10, a uzorak je fotografiran Canon EOS 1100 kamerom, a fotografije su spremljene pomoću Quick PHOTO CAMERA 3.0 software.



*Slika 5-3. Prikaz školjkaša koji je pronađen na terenu u proslojku između lapora i pješčenjaka.
Koordinate: 45.57081, 17.65215.*

6. REZULTATI

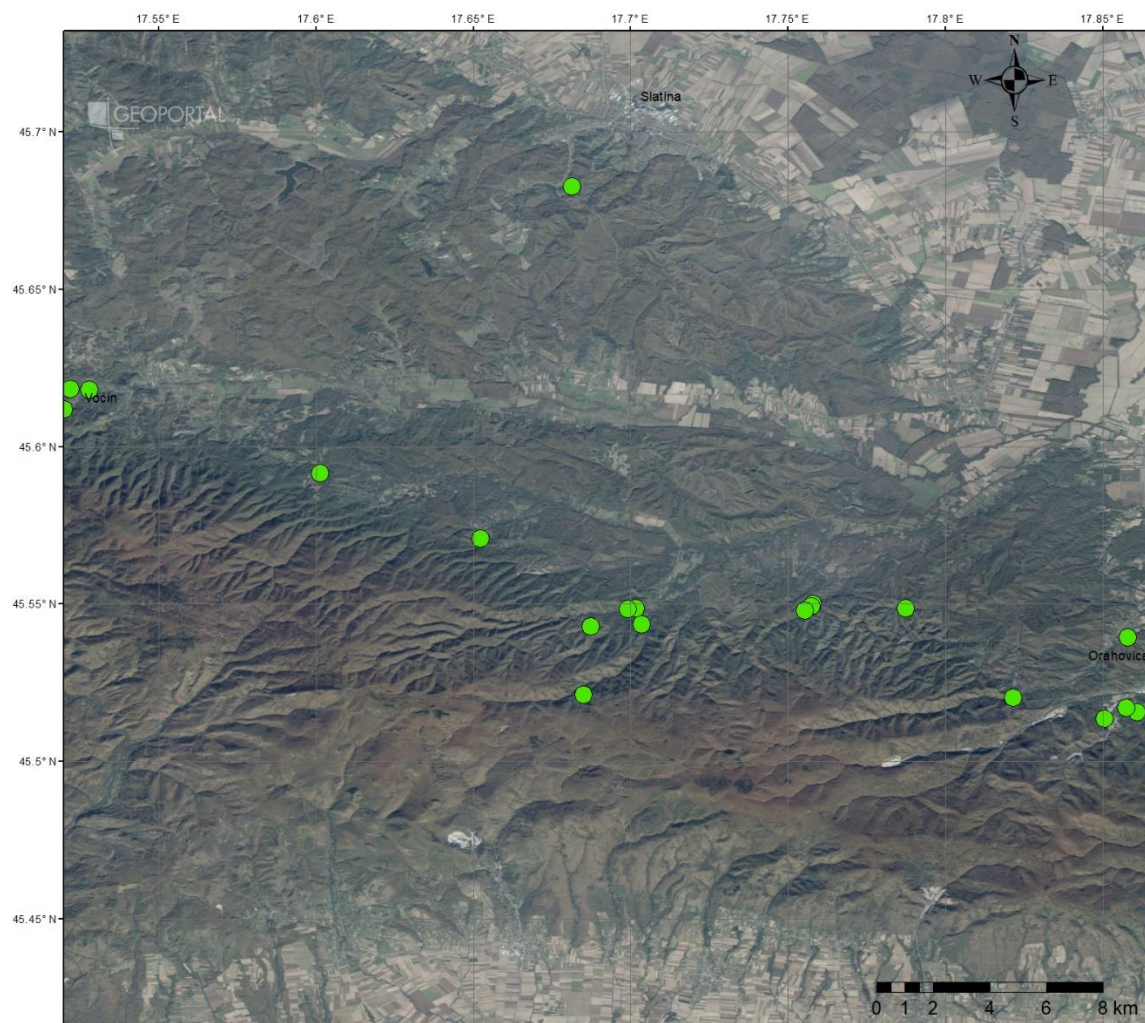
6.1. Terenski rad

Terenski rad odrađen je tijekom 2019. godine, u proljeće i jesen. Na terenu je zabilježeno ukupno 55 točaka opažanja na području cijelog Papuka, od kojih se 18 (Tablica 6-1.) nalazi na priloženoj karti koja je rezultat ovog rada. Ostale točke pozicionirane su izvan definiranog okvira izrade karte te ih se iz tog razloga nije prikazalo u ovim rezultatima. Na Slici 6-1. je prikazan geografski položaj zabilježenih točaka.

Tablica 6-1. Popis točaka koje su korištene za izradu ovog rada i koordinata na kojima se one nalaze.

Naziv točke	Koordinate (WGS1984)
T8	45.51573, 17.86114
T9	45.51697, 17.85764
T10	45.51364, 17.85058
T11	45.65392, 17.85797
T12	45.52045, 17.82161
T13	45.54867, 17.78738
T14	45.54363, 17.70333
T15	45.52115, 17.68497
T16	45.76026, 17.56923
T34	45.54863, 17.70152
T35	45.54844, 17.69913
T36	45.54280, 17.68733
T37	45.54993, 17.75783
T38	45.54947, 17.75735
T39	45.54791, 17.75547
T40	45.68268, 17.68133
T41	45.57081, 17.65215
T42	45.59166, 17.60110

Rezultat terenskog rada je preglednost i razumijevanja terenskog prostora za koji će biti izrađena modificirana geološka karta. Na terenu se nastojala usporediti stvarna situacija sa situacijom koja je definirana prema OGK SFRJ M 1:100000. Što se tiče litologije, ona se na definiranim lokacijama poklapala, dok se određena strukturna obilježja mogu drugačije definirati. Na OGK listovima Daruvar (JAMIČIĆ, 1989) i Orahovica (JAMIČIĆ & BRKIĆ, 1987) prikazani su brojni rasjedi pružanja SI – JZ s lijevim karakterom pomaka koji na terenu nisu uočeni u tolikoj mjeri.



Slika 6-1. Prikaz položaja točaka opažanja zabilježenih na terenu. (Podloga preuzeta s Geoportala Državne geodetske uprave: <https://geoportal.dgu.hr/>.)

6.2. Geološka karta i konstruirani profili

Prema podacima prikupljenim na terenu te podacima iz tri naftnogeološke bušotine, konstruirana su dva geološka profila okomita na pružanje Papuka kako bi se dobio uvid u raspored geoloških struktura. Kao podloga za izradu karata korištena su i dva lista s OGK SFRJ M 1:100000, list Slatina (Marković, 1984) i Orahovica (Jamičić et al., 1987). Položaj prikazanih profila prikazan je u modificiranoj geološkoj karti prikazanoj u *Prilogu 1*.

6.2.1. Geološki profil A-A'

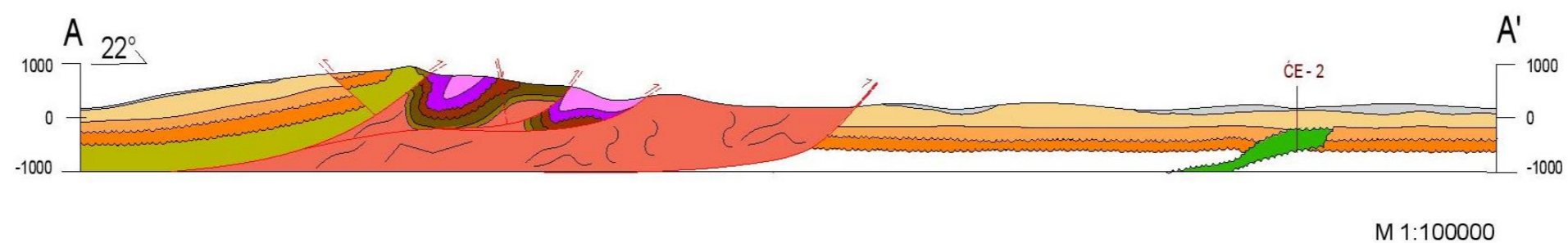
Geološki profil A-A' duljine je 26.46 km, a azimut profila je prema 22° i prikazan je na Slici 6-2. Nalazi se sa zapadne strane istraživanog područja. Profil započinje s južne strane Papuka, od mjesta Biškupi, istočno od njega nalazi se najveći vrh gore, Papuk, a prolazi preko rijeke Voćinska te završava kod mjesta Slatinski Lidvac. U blizini se nalazi veće mjesto Slatina. Sa sjeverne strane profila nalazi se bušotina Čeralije – 2 (ĆE – 2) te su prema sedimentološkim podacima dobivenim iz te bušotine rekonstruirane naslage pliokvartara i miocena.

Gledano od juga prema sjeveru, neogenske se naslage talože transgresivno na stijene koje čine kristalinsku podlogu prekmabrijske starosti koja je reversnim rasjedom izdignuta na paleozojske i mezozojske stijene. Stijene i naslage perma i mezozika su izrazito borane te je njihov osnovni položaj također poremećen i reversnim rasjedima sa smjerom tektonskog pomaka prema sjeveru te ih oni dodatno izdižu na površinu, a kao izuzetak može se uočiti prvi rasjed s desne lijeve strane, odnosno s južne strane. Ovaj rasjed suprotne je orijentacije, a jasno se uočavaju tri sinklinale čija su južna krila reducirana reversnim rasjedima. Također, južna krila antiklinale strmije su nagnuta od sjevernih, a to ukazuje na sjevernu vergenciju. Drugi rasjed s juga, odnosno s lijeve strane profila izdiže magmatske i metamorfne stijene prekmabrijske starosti na stijene paleozoika i mezozoika. Prekmabrijske su stijene prekrivene naslagama neogena.















Na sredini profila, vršni dio gore Papuk, nalaze se kristalinske stijene paleozoika. Ove su stijene na površinu donesene reversnim rasjedom, a u podini rasjeda taloženi su sedimenti neogena i kvartara.

Sjeverni dio profila obuhvaća dio Dravske depresije, a prema podacima iz bušotine Čeralije – 2, koja je ukupno duboka 813 m, znamo da je ovdje kvartar debljine do 10 m, a nakon toga imamo naslage gornjeg miocena ($M_{6,7}$), *Rhomboidea* naslage debljine 90 m te *Abichi* naslage debljine 217 m. Od dubine 317 do 813 m nalaze se bazalti s proslojcima badenske starosti.

Geološki profil A–A'



LEGENDA:

	Klastiti; pliocen i kvartar		Klastiti; permotrijas
	Klastiti; gornji miocen		Spliti; karbon–perm
	Vapnenci i klastiti; srednji miocen		Graniti; devon
	Klastiti; donji miocen		Magmatske i metamorfne stijene; srariji paleozoik
	Bazalti; neogen		Magmatske i metamorfne stijene; prekambrij
	Dolomiti i vapnenci; srednji trijas		Reversni rasjed
	Klastiti; donji trijas		Transgresivna granica

Slika 6-2. Prikaz geološkog profila A-A' s odgovarajućom legendom

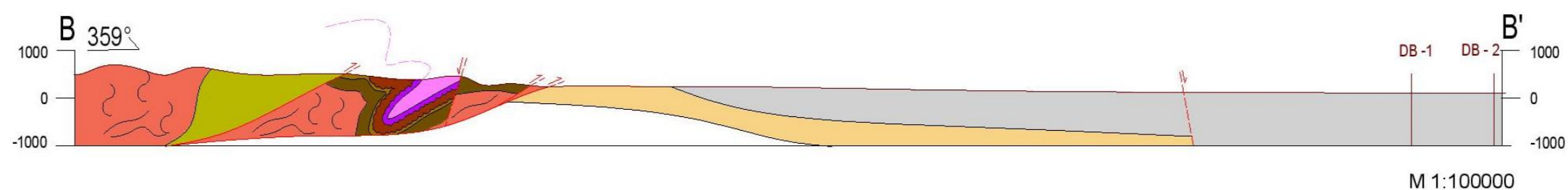
6.2.2. Geološki profil B-B'

Geološki profil B-B' nalazi se s istočne strane istraživanog područja, a duljine je 27.93 km (Slika 6-3). Azimut pružanja profila je prema sjeveru, odnosno prema 359°. Ovaj profil započinje kod mjesta Lukač, a pruža se preko naselja Kokočak, Krajna, Mikleuš i Donji Miljevci. U blizini je veće mjesto Orahovica. Geološki profil se sa svojim sjevernim dijelom nalazi unutar Dravske depresije te prolazi kroz naftnogeološke bušotine Donja Bukovica – 1 i Donja Bukovica – 2.

S južne strane profil započinje s kristalinskom podlogom paleozoika i prekambrija koja je navučena na stijene paleozoika i mezozoika reversnim rasjedom koji je karakteriziran tektonskim pomakom prema sjeveru. Stijene mezozoika izrazito su borane i tektonski poremećene. Može se uočiti sinklinala čije je južno krilo strmije nagnuto od sjevernog te se prema tome može zaključiti da je vergencija prema sjeveru, slično kao na prethodnom profilu.

Sjeverna strana profila izgrađena je od debelih naslaga neogena i pliokvartara, a podaci o debljini naslaga mogu se pronaći u geološkim izvještajima napravljenim prema naftnogeološkim bušotinama DB – 1 i DB – 2. Na profilu se može vidjeti da su naslage pliokvartara deblje od jednog kilometra. Bušotina DB – 1 bušena je do dubine od 4496 m, a DB – 2 do dubine od 3874 m. Pliokvartar je u bušotini DB – 2 debljine 1385 m, gornji miocen (panon i pliocen) 1630 m, ostatak miocena bušen je do dubine od 3635 do 3703 m. Pliokvartar u bušotini DB – 1 debljine je 1375 m, gornji miocen je na dubini od 1375 m do 3575 m, a ostatak naslaga je srednji i donji miocen (odnosno Vukovarska formacija).

Geološki profil B–B'



LEGENDA:

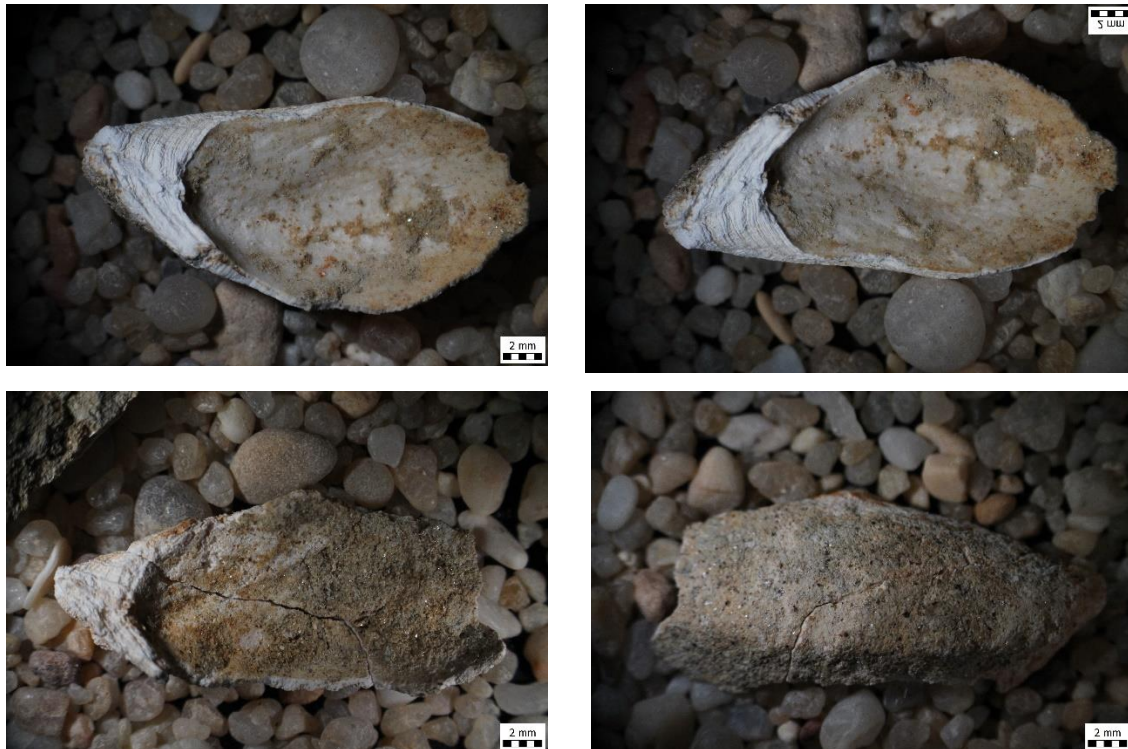
- Klastiti;
pliocen i kvartar
- Klastiti;
gornji miocen
- Vapnenci i klastiti;
srednji miocen
- Klastiti;
donji miocen
- Bazalti;
neogen
- Dolomiti i vapnenci;
srednji trijas
- Klastiti;
donji trijas

- Klastiti;
permotrijas
- Spliti;
karbon–perm
- Graniti;
devon
- Magmatske i metamorfne stijene;
srariji paleozoik
- Magmatske i metamorfne stijene;
prekambrij
- Reversni rasjed
- Transgresivna granica

Slika 6-3. Prikaz geološkog profila B-B' d odgovarajućom legendom. Profil se nalazi s istočne strane istraživanog područja.

6.3. Biostratigrafska analiza

Uzorak pronađen na točki opažanja T41 prikazan je na Slici 6-4. Uzorak je determiniran na razini porodice, a radi se o porodici *Dreissenia* koja je karakteristična jezerske sublitoralne zone.



Slika 6-4. Prikaz jedinki iz porodice *Dreisseninae* koje su pronađene na izdanku označenom točkom T41.

Na području Panonskog jezera, odnosno Panonskog bazenskog sustava porodica *Dreissenia* predstavljena je rodom *Congerina* (Cziczter et al., 2009). Ova je porodica karakteristična za miocen, a pronaći se može u jezerski i riječnim sedimentima (Bošnjak Makovec et al., 2015) Prema autorima pronalazak ovih jedinki ukazuje na subtropsku suhu klimu, ali sa značajnom obalnom vegetacijom.

7. DISKUSIJA

Terenska istraživanja provedena na istraživanom području, odnosno na području istočnog Papuka, imala su za cilj prikupiti što više podataka te usporediti geološke jedinice i strukturne deformacije prikazane na Osnovnoj geološkoj karti SFRJ, listovi Slatina (Marković, 1984) i Orahovica (Jamičić et al., 1987) s onima koje se na terenu mogu vidjeti.

Terenska su istraživanja provedena nakon detaljne pripreme pomoću topografskih i geoloških karata. Jedan od ciljeva terenskog istraživanja bio je na terenu pronaći naslage miocenske starosti, odnosno naslage donjeg i srednjeg miocena kako bi se vidjela njihova podudarnost s već postojećom geološkom kartom. Prema prijašnjim podacima, Osnovnoj geološkoj karti SFRJ, listovi Slatina (Marković, 1984) i Orahovica (Jamičić et al., 1987), njih na terenu ima malo, a uglavnom se nalaze uz predneogenske stijene na koje su nekonformno taložene. To je lako objašnjivo činjenicom da su naslage taložene u sinriftnoj fazi gdje su vrhovi Papuka predstavljali otoke, a miocenske su se naslage taložile u priobalju (Velić et al., 2000). Izuzetak su naslage gornjeg miocena koje su ipak nešto više prisutnije.

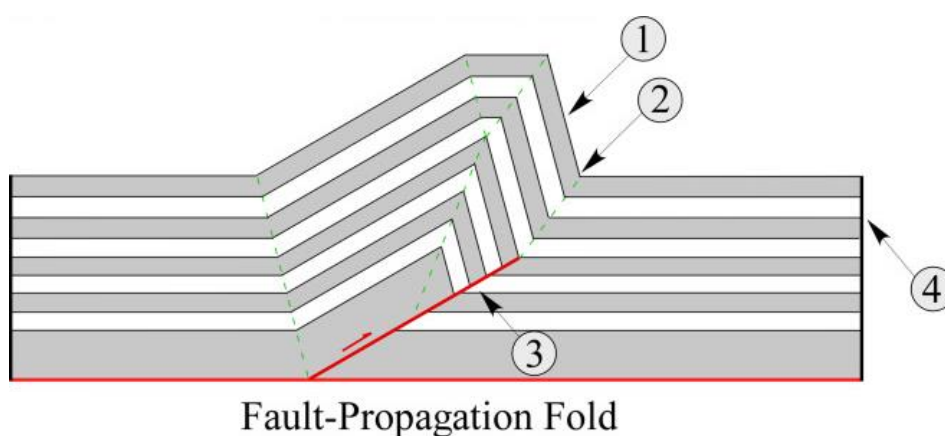
Sjeverni dio istraživanog područja pripada Dravskoj depresiji, a obzirom na to da se u blizini nalazi i Drava, očekivano je da su naslage pliokvartara debele. To potvrđuju i podaci koji su dobiveni iz tri naftnogeološke bušotine, Čeralije – 2, Donja Bukovica – 1 i Donja Bukovica – 2. Prema podacima iz bušotine Donja Bukovica – 1 i Donja Bukovica – 2, naslage pliokvartara prelaze dubine od 1300 m, a u bušotini DB – 1 naslage miocena nabušene su do dubine od 3703 m. Podaci o bušotinama dobiveni su iz Agencije za ugljikovodike (AZU).

Isto tako, nastojale su determinirati i opisati glavne strukturne deformacije koje postoje na Papuku. Prema dosadašnjoj literaturi (Jamičić, 1983; Šolaja, 2010; Ustaszewski et al., 2008, 2014), mogu se definirati dva značajna događaja, deformacijski događaj D1 koji se odvio za vrijeme kasnokrednog do paleogenskog kompresijskog događaja i deformacijski događaj D2 koji se odvijao u kompresijskoj fazi bazenske inverzije za koju se pretpostavlja da se odvila na prijelazu miocena u pliocen i kvartar, a mogu se izdvojiti dvije deformacijske faze u ovom periodu.

Stariji deformacijski događaj predstavlja otvaranje akomodacijskog prostora u krovinskom krilu normalnih rasjeda (faza ekstenzije), a nakon čega dolazi taloženje sintektonskih

sedimenata koji su u ovom slučaju sedimenti miocena (Pavelić & Kovačić, 2018). Druga je faza karakterizirana kompresijskom tektonikom i inverzijom bazena, a sintktonske naslage su gornjomiocenske i pliokvartarne (Tomljenović & Csontos, 2001).

Analizom napravljenih profila može se uočiti da se su strukturni odnosi na istočnom i zapadnom dijelu istraživanog područja identični. Kompresijski režim naprezanja dovodi do formiranja reversnih rasjeda te niza sinklinala i antiklinala koje su u vezi s rasjedom pa se može zaključiti da se radi o tzv. „*fault propagation*“ boranju (Fossen, 2010), a idealan primjer takvog boranja prikazan je na Slici 7-1.



Slika 7-1. Prikaz tzv. „*fault propagation*“ boranja u kojem je nastanak sustava antiklinala i sinklinala vezan za reversno rasjedanje (Hughes et al., 2014)

Sinklinala s jezgrom izgrađenom od naslaga srednjeg trijasa na oba profila imaju strmije južno krilo, a to upućuje na sjevernu vergenciju kretanja. Reversni rasjedi na profilima konstruirani su na način da padaju prema jugu što se može objasniti činjenicom da mlađe naslage, pogotovo neogenske naslage sa sjeverne strane, tonu pod starije stijene kristalinske podloge. Schmidt et al (2008) navode da je izrazito tektonski poremećena kristalinska podloga zapravo posljedica kompresijske tektonike koja se odvijala u turonu, a smjer tektonskog transporta bio je prema sjeveroistoku.

Korištenje alata Geografskog informacijskog sustava (GIS), omogućuje jednostavniji i lakši prikaz dobivene baze podataka. Za početak, geološke karte georeferencirane su i postavljene u koordinatni sustav *WGS1984* kako bi se dobila točna lokacija određenih naslaga i radi lakše pripreme za terenske radove. S Geoportala Državne geodetske uprave učitana je WMS datoteka (eng. *Web Map Service*) topografske podloge u mjerilu M 1:200000 i M 1:25000

te se prema tim podacima može uočiti kako izgleda topografija terena, ali i cestovna povezanost lokaliteta kao i naseljenost područja.

Pomoću ArcGIS-a izrađena je Karta potresnih područja Republike Hrvatske za povratno razdoblje od 95 godina (Herak et al., 2011) kao bi se mogla proučiti seizmičnost područja. Za područje Slavonskih gora, odnosno za područje Papuka, akceleracija iznosi $a_g R = 0.06 - 0.10$ g. Europska baza seizmogenih rasjeda (EDSF) na istraživanom području navodi dva rasjeda koja mogu uzrokovati potrese magnitude jednake ili veće od 5.5 (Basili et al., 2013), a prema geološkoj karti koja je prikazana u Prilogu 1, kao i Osnovnoj geološkoj karti Republike Hrvatske M 1:300000, radi se o istom rasjedu.

ArcGIS-a omogućio je stvaranje baze podataka o položajima slojeva zabilježenim na točnim lokalitetima, informacijama o rasjedima zabilježenim na terenu te su se pomoću alata navedenog programa iscrtavale geološke granice. Ovaj je sustav olakšao prikaz dobivenih podataka te ispis dobivene karte s legendom.

Autodesk programi, točnije CIVIL 3D, omogućio je prikaz podataka u koordinatnom sustavu te lakše iscrtavanje profila.

8. ZAKLJUČAK

Unutar istraživanih područja istočnog Papuka i južnog dijela Dravske depresije koji okružuje sjevernu stranu nalaze se stijene stratigrafskog raspona od prekambrija do naslaga kvartarne starosti, odnosno recentnih naslaga. Ovdje se pojavljuju magmatske i metamorfne stijene koje čine kristalinsku podlogu, ali i sedimentne stijene koje najvećim dijelom grade rubove Papuka.

Konstruirana geološka karta kao i prikazani geološki profili ukazuju na to da su stijene prekambrija i paleozoika kompresijskom tektonikom, odnosno reversnim rasjedanjem, dovedene u kontakt s mlađim naslagama. Neogenske naslage taložile su se u dvije faze. Prva faza je sinriftna faza u kojoj su se miocenski siliciklastiti taložili na tektonski poremećenu podlogu sve do kasnog badena u kojem počinje djelovati postriftna faza. Iz tog razloga neogenske naslage nalazimo na rubovima Papuka i u Dravskoj depresiji koja se nalazi sa sjeverne strane Papuka. Prema podacima analiziranim iz tri naftnogeološke bušotine, Čeralije – 2, Donja Bukovica – 1 i Donja Bukovica – 2, koje su locirane u spomenutoj depresiji, može se zaključiti da su naslage neogena i kvartara debljine preko tri kilometra.

Konstruirani poprečni geološki profili ukazuju na utjecaj kompresijskog režima naprezanja što je uzrokovalo formiranje reversnih rasjeda i niza antiklinala i sinklinala, a koje su genetski vezane uz reversne rasjede, tako da se može zaključiti da se radi o engl. „*fault propagation*“ tipu boranja (Fossen, 2010).

LITERATURA

Basili R., Kastelic V., Demircioglu M. B., Garcia Moreno D., Nemser E. S., Petricca P., Sboras S. P., Besana-Ostman G. M., Cabral J., Camelbeeck T., Caputo R., Danciu L., Domac H., Fonseca J., García-Mayordomo J., Giardini D., Glavatovic B., Gulen L., Ince Y., Pavlides S., Sesetyan K., Tarabusi G., Tiberti M. M., Utkucu M., Valensise G., Vanneste K., Vilanova S., Wössner J. (2013): The European Database of Seismogenic Faults (EDSF) compiled in the framework of the Project SHARE. <http://diss.rm.ingv.it/share-edsf/>, doi: 10.6092/INGV.IT-SHARE-EDSF.

Berggren, W.A., Kent, D.V., Swisher, C.C. III & Aubry, M.-P. (1995): A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. In: *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlations* (Ed. by W.A. Berggren, D.V. Kent, M.-P. Aubry & J. Hardenbol), Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner., 54, 129–212.

Bočić, N. (2010): Geomorfologija krša Papuka – kap krša u srcu Slavonije. URL: <https://www.geografija.hr/hrvatska/geomorfologija-krsa-papuka-kap-krsa-u-srcu-slavonije/>

Bognar, A. (2001): Geomorfološka regionalizacija Hrvatske. *Acta Geographica Croatica* 34 (1999.), 7-29

Bošnjak Makovec, M., Vrsaljko, D., Sremac, J., Marković, F., Kovačić, M., Đerek, T., Karaica, B. (2015): Lower Miocene freshwater deposits in the area of Kašina, Medvednica Mt., Croatia. Neogene of the Paratethyan Region, 6 th workshop on the Neogene of Central and South- Eastern Europe, an RCMNS Interim Colloquium. Programme, Abstracts, Field Trip Guidebook / Bartha, Istvan-Robert ; Krivan, Agnes ; Magyar, Imre ; Sebe, Krisztina (ur.). Budapest: Hungarian Geological Society, str. 20-20.

Cvetković, M., Matoš, B., Rukavina, D., Kolenković Močilac, I., Saftić, B., Baketarić, T., Baketarić, M., Vuić, I., Stopar, A., Jarić, A., Paškov, T. (2019): Geoenergy potential of the Croatian part of Pannonian Basin: insights from the reconstruction of the pre-Neogene basement unconformity. *J. Maps.* 15, 651–661
<https://doi.org/10.1080/17445647.2019.1645052>

- Cziczter, I., Magyar, I., Pipik, R., Böhme, M. (2009): Life in the sublittoral zone of long-lived Lake Pannon: Paleontological analysis of the Upper Miocene Szak Formation, Hungary. *International Journal of Earth Sciences* 98(7):1741-1766 DOI: 10.1007/s00531-008-0322-3
- Diener, C. (1902): Die Stellung Der Kroatisch-Slavonischen Inselgebirge Zu Den Alpen Und Dem Dinarischen Gebirgssysteme. *Mitt. Geogr. Ges.*, 45/9-10, 292 – 298, Wien.
- Dolton, G. L. (2006): Pannonian Basin Province, Central Europe (Province 4808) – Petroleum Geology, Total Petroleum Systems, and Petroleum Resource Assessment (Report No. Bulletin 2204–B). Reston, Virginia: U. S. Geological Survey.
- Fossen, H., 2010. *Structural Geology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Frisch, W., Meschede, M. & Blakey, R. (2011): *Plate Tectonics: Continental Drift and Mountain Building*.- Springer, Heidelberg, 212 str.
- Galović, I. & Marković S. (1979): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Virovitica L33-83, Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd.
- Galović, I., Marković S., Magdalenčić, Z.: (1979): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Virovitica L 33-83, Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd.
- Gorjanović-Kramberger, D. (1907): Die Geotektonischen Verhältnisse des Agramer Gebirges etc., *Abhandlungen der K. preuss. Academie der Wissenschaften*, Berlin.
- Hauer, F. (1867-71): *Geologische ubersichtskarte der Osterrungar Miarchie*. Wien
- Harzhauser, M., Piller, W.E., 2007. Benchmark data of a changing sea – palaeogeography, palaeobiogeography and events in the Central Paratethys during the Miocene. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 253, 8–31. <http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2007.03.031>.
- Herak, M., Allegretti, I., Herak, D., Ivančić, I., Kuk, V., Martić, K., Markušić, S., Sović, I. (2011): Karte potresnih područja Republike Hrvatske. <http://seizkarta.gfz.hr/karta.php>
- Horvath, F., Bada, G., Szafian, P., Tari, G., Adam, A. & Cloetingh, S. (2006): Formation and deformation of the Pannonian Basin: constraints from observational data.- U: Gee, D.G. & Stephenson, R.A. (ur.): *European Litosphere Dynamics*.- Geol. Soc. London, Mem., 32, 191-206.

- Hughes, A. N., Benesh, N. P., Shaw, J. H. (2014): Factors that control the development of fault-bend versus fault-propagation folds: Insights from mechanical models based on the discrete element method (DEM). *Journal of Structural Geology*. Volume 68, Part A, Pages 121-141
- Jamičić, D. (1980): Dvostruko boranje u jednom dijelu metamorfnih stijena Papuka i Krndije. *Geološki vjesnik* 31, 355 – 358, Zagreb.
- Jamičić, D. (1983): O tangencijalnim kretanjima u području Slavonskih planina. *Nafta* 34, str. 685 – 691, Zagreb.
- Jamičić, D. (1989): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Daruvar, L33–95, Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd
- Jamičić, D. (2007): Upper Cretaceous deposits of the Požeška Gora Mt. (Croatia), *Natura Croat.*, 16, 105 – 120.
- Jamičić, D. & Brkić, M. (1987): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Orahovica, L33–96, Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd.
- Jamičić, D., Brić, M., Crnko, J. & Vragović, M. (1987): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Tumač za list Orahovica, L33–96, Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd, 72pp
- Jamičić, D., Vragović, M. & Matočec, D. (1989): Osnovna geološka karta SFRJ M 1 : 100 000. Tumač za list Daruvar L 33-95. Geološki zavod Zagreb (1988), Savezni geološki zavod Beograd
- Kochansky-devide, V. (1979): Srednjomiocenske kongerij(s)ce naslage Pofoske gore (Middle Miocene Congeria deposits on the Po:leska Mt).- *Geo!.* vjesnik, 31 , 69-72, Zagreb.
- Kováč, M., Andreyeva-Grigorovich, A., Bajraktarević, Z., Brzobohatý, R., Filipescu, S., Fodor, L., Harzhauser, M., Nagymarosy, A., Oszczytko, N., Pavelić, D., Rögl, F., Saftić, B., Sliva, L., Studencka, B., (2007): Badenian evolution of the Central Paratethys Sea: paleogeography, climate and eustatic sea level changes. *Geol. Carpath.* 58, 579–606
- Kutlešić, Lovro (2016): Prostorni plan Parka prirode Papuk: obrazloženje plana – prijedlog plana. Izvor: www.mgipu.hr

Marković, S. (1984): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Slatina, L33-84, Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd.

Marković, S. (1984): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Tumač za list Slatina, L33–84, Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd, 72pp

Mojsisovics, E. (1980): Westbosnien und Türkisch-Kroatien. Jahrb. R.A Bd. XXX Wien

Neumayer, M. (1986): Beiträge zur Kenntnis Fossiler binnenaunen, 1. Die Dalmatischen Süßwassermergel. 2. Die Congerienschichten in Kroatien und Westslavonien. . Jahrb. R.A Bd. IXI mit 4. Taf. Wien.

Ožegović, F. (1944): Prilog geologiji mlađeg tercijara na temelju podataka iz novijih bušotina u Hrvatskoj. Vjesnik drž. geol. zavoda i muzeja II-III, Zagreb.

Pamić, J. (2002): The Sava-Vardar Zone of the Dinarides and Hellenides versus the Vardar Ocean. *Eclogae geologicae Helvetiae* 95, 99 – 113

Pavelić, D. (2001): Tectonostratigraphic model for the North Croatian and North Bosnian sector of the Miocene Pannonian Basin System.- *Basin Research*, 13, 359-376.

Perković, D. (1998): Hidrogeološki katastar kao dio geografskog informacijskog sustava. Zagreb: Magistarski rad, Rudarsko – geološko – naftni fakultet, 119 str.

Pavelić D. (1998): Taložna evolucija slatkovodnog donjeg i srednjeg miocena sjeverne Hrvatske na temelju analize facijesa. Unpublished PhD Thesis, University of Zagreb, Zagreb

Pavelić, D., Avanić, R., Kovačić, M., Vrsaljko, D., Miknić, M., (2003): An outline of the evolution of the Croatian part of the Pannonian Basin System. In: Vlahović, I., Tišljarić, J. (Eds.), *Evolution of Depositional Environments from the Palaeozoic to the Quaternary in the Karst Dinarides and the Pannonian Basin*. 22nd IAS Meeting of Sedimentology, Opatija – Sept. 17–19, 2003. Field Trip Guidebook, Zagreb, pp. 155–161

Pavelić, D. & Kovačić, M. (1999): Lower Miocene alluvial deposits of the Požeška Mt. (Pannonian Basin, Northern Croatia): cycles, megacycles and tectonic implications.- *Geol. Croatica*, 52, 67- 76, Zagreb.

Pavelić, D., Kovačić, M. (2018): Sedimentology and stratigraphy of the Neogene rift-type North Croatian Basin (Pannonian Basin System, Croatia): A review. *Marine and Petroleum Geology* 91, 455–469. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2018.01.026>

- Pilar, Gj. (1875): Podravina, Đakovština i Dilj-gora. Rad JAZU, 33, 38-57, Zagreb
- Piller, W., Harzhauser, M., Mandić, O., (2007): Miocene Central Paratethys stratigraphy – current status and future directions. *Stratigraphy* 4, 151–168.
- Poljak, J. (1911): Kratak Pregled Geotektonskih Odnosa Hrvatsko-Slavonskog Gorja. *Glasnik Hrv. prir. društva*, 23/1-2, 108 – 127, Zagreb
- Popov, S.V., Rögl, F., Rozanov, A.Y., Steininger, F.F., Shcherba, I.G., Kováč, M. (2004): Lithological-Paleogeographic maps of Paratethys. 10 Maps, Late Eocene to Pliocene. *Cour. Forsch.-Inst. Senckenb* 250, 1–46.
- Raffaelli, P. (1965): Metamofizam paleozojskih pelitskih škriljavaca u području Ravne gore (Papučko gorje, Slavonija). *Geološki vjesnik* 18, 61 – 118.
- Royden, L., Horvath, F. & Rampler, J. (1983): Evolution of the Pannonian basin system, 1. *Tectonics.-Tectonics*, 2/1, 63-90.
- Rögl, F. (1996): Stratigraphic correlation of the Paratethys Oligocene and Miocene. *Mitt. Ges. Bergbaustud. Österr.*, 41, 65–73.
- Rögl, F. (1998): Palaeogeographic considerations for Mediterranean and Paratethys seaways (Oligocene to Miocene). *Ann. Naturhist. Mus. Wien* 99 A 279–310
- Schmid, S.M., Bernoulli, D., Fuegenshuh, 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 J. Geosci.*, 101, 139-183.
- Salopek, M. (1914): Moderna Alpska Tektonika I Geologija Hrvatske I Slavonije. *Glasnik Hrv. prir. društva*, 26/2, 85 – 109, Zagreb.
- Šikić, K., Brkić, M., Šimunić, A, Grimani, M. (1975): Mezozojske naslage Papuckog gorja. – *Radovi Znan. savj. za naftu JAZU, Sekc. Geol. Geof. Geokem.*, 5, str.. 87 – 96, Zagreb.
- Šolaja, D. (2010): Strukturna analiza recentne i neotektonske aktivnosti na području Lonjsko – Ilovske zavale između Daruvara i Kutine. Neobjavljeni Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, 72p., Zagreb.
- Tajder, M. (1957): Petrografsko istraživanje zapadnog dijela Papuka (Petrographic investigation of the western part of the Papuk Mt.–in Croatian). *Ljetopis JAZU* 62, 316 – 323.

Tomljenović, B. & Csontos, L. (2001): Neogene-Quaternary structures in the border zone between Alps, Dinarides and Pannonian Basin (Hrvatsko Zagorje and Karlovac Basins, Croatia).- *Int. J. Earth Sci.* 90, 560–578.

Tomljenović, B., Herak, M., Herak, D., Kralj, K., Matoš, B. (2010): New data on seismotectonic activity in Croatia // 4. Hrvatski geološki kongres, Knjiga sažetaka / Horvat, Marija (ur.). Zagreb : Hrvatski geološki institut, 2010. 404 – 405.

Ustaszewski, K., Herak, M., Tomljenović, B., Herak, D., Matej, S., (2014): Neotectonics of the Dinarides - Pannonian Basin transition and possible earthquake sources in the Banja Luka epicentral area. *J. Geodyn.* 82, 52 – 68

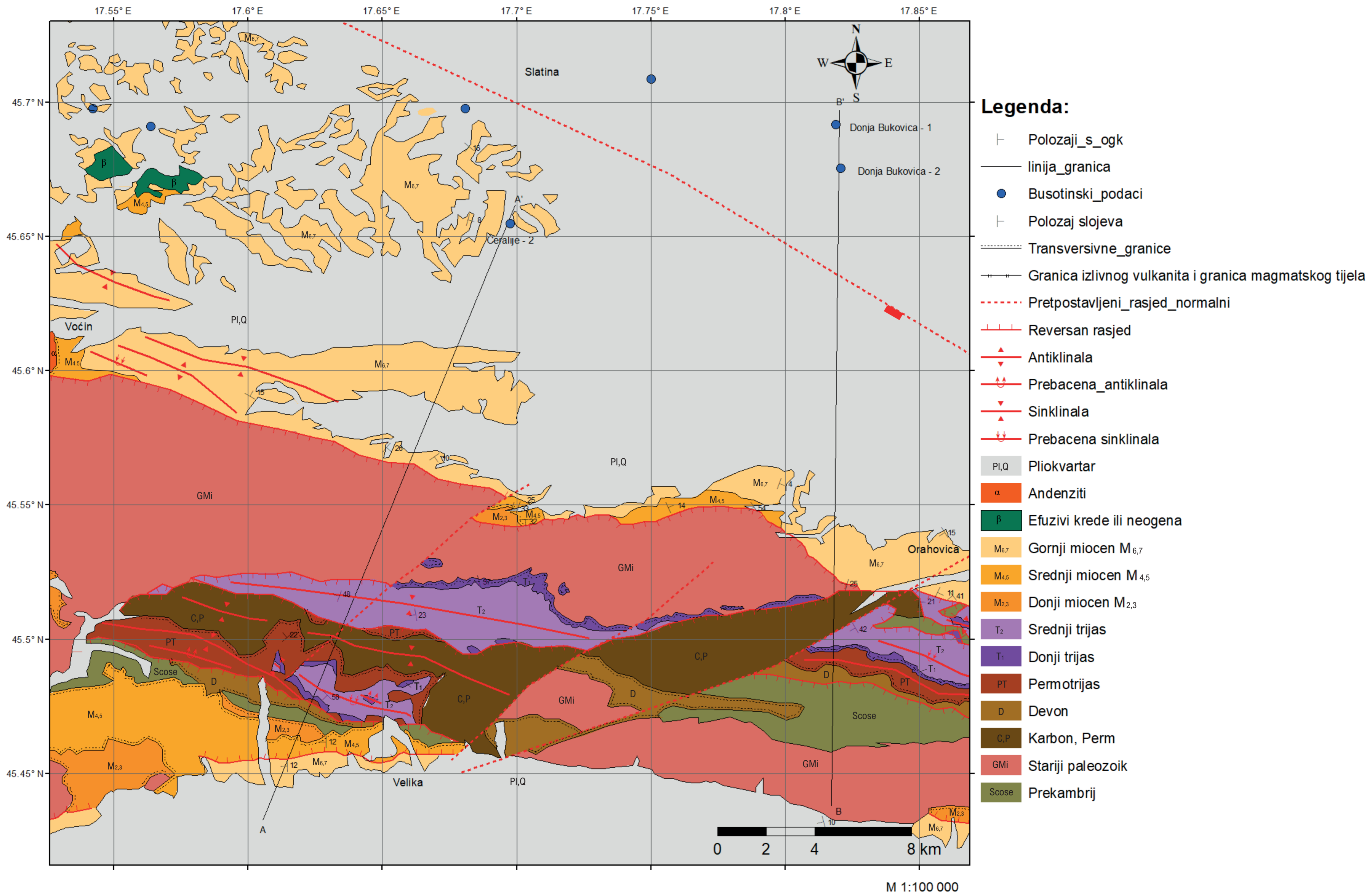
Ustaszewski, K., Kounov, A., Schmid, S.M., Schaltegger, U., Krenn, E., Frank, W. & Fügenschuh, B. (2010): Evolution of the Adria-Europe plate boundary in the northern Dinarides: From continent-continent collision to back-arc extension.- *Tectonics*, 29, TC6017, doi:10.1029/2010TC002668 2010.

Ustaszewski, K., Schmid, S.M., Fügenschuh, B., Tischler, M., Kissling, E. & Spakman, W. (2008): A map-view restoration of the Alpine-Carpathian-Dinaridic system for the Early Miocene.- *Swiss J. Geosci.*, 101, 273–294.

Velić, J., Tišljar, J., Dragičević, I. & Blašković, I. (2000): Shoreline cross-bedded biocalcarenites (Middle Miocene) in the Podvrsko-Snjegavic area on the slope of Mt. Psunj and their petroleum significance (Po:lega subdepression - Eastern Croatia).- *Geo!. Croatica*, 53/2, 281- 293. Zagreb.

Stranica Parka prirode Papuk: www.pp-papuk.hr

Geoportal – Državna geodetska uprava (DGU): <https://geoportal.dgu.hr/>



Prilog 1. Geološka karta istočnog dijela Papuka izrađena prema OGK listovima Orahovica (Jamičić et al., 1986) i Slatina (Marković et al., 1986) s pripadajućom legendom.



KLASA: 602-04/21-01/17
URBROJ: 251-70-03-21-2
U Zagrebu, 11.02.2021.

Manuela Jaklić, studentica

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju Vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/21-01/17, UR. BROJ: 251-70-14-21-1 od 09.02.2021. godine priopćujemo temu diplomskog rada koja glasi:

ANALIZA I PRIKAZ STRUKTURNIH I STRATIGRAFSKIH PODATAKA ISTOČNOG DIJELA PAPUKA

Za voditelja ovog diplomskog rada imenuje se u smislu Pravilnika o diplomskom ispitu prof. dr. sc. Bruno Tomljenović, redoviti profesor Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Voditelj

(potpis)

Prof. dr. sc. Bruno Tomljenović

(titula, ime i prezime)

**Predsjednik povjerenstva za
završne i diplomske ispite**

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Stanko Ružičić

(titula, ime i prezime)

**Prodekan za nastavu i
studente**

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Dalibor Kuhinek

(titula, ime i prezime)