

Strukturna građa područja Parka prirode Učka

Mejrušić, Valentino

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:169:093007>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-23**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij geološkog inženjerstva

STRUKTURNA GRAĐA PODRUČJA PARKA PRIRODE UČKA

Diplomski rad

Valentino Mejrušić
GI366

Zagreb, 2020.

STRUKTURNA GRAĐA PODRUČJA PARKA PRIRODE UČKA

VALENTINO MEJRUŠIĆ

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

Sažetak

Tektonska evolucija područja Učke vezana je uz evoluciju Jadranske mikroploče, a koja se na području Istarskog poluotoka može pratiti kroz slijed mezozojskih i paleogenskih karbonatnih i flišnih naslaga. Gotovo 125 milijuna godina evolucije rezultiralo je taloženjem približno 3000 metara debelog slijeda naslaga. U ovom radu cilj je bio da se kroz terenska strukturno-stratigrafska istraživanja kao i analizom postojećih geoloških podataka izradi kompozitna geološka karta područja te konstruira šest geoloških profila i preliminarni 3D geološki model koji će poslužiti za interpretaciju strukturnih odnosa i građe područja Učke. Rezultati ukazuju da je područje PP Učka formirano kompresijskom tektonikom krajem mlađe krede te tijekom paleogena. U prvoj fazi tijekom mlađe krede i početkom paleogena došlo je do kompresije po pravcu I–Z pri čemu su nastali Pazinski flišni bazen i antiklinala Učke. U drugoj fazi, tijekom paleogena, došlo je do reorijentacije polja naprezanja te kompresije po pravcu S–J čime su započeli navlačni procesi i formiranje navlaka Učke i Ćićarije. Po nastanku navlaka, krajem paleogena, formirani su strike-slip rasjedi, ali je najvažniji proces bila intenzivna erozija kao posljedica mehaničkog i kemijskog trošenja.

Ključne riječi: Park prirode Učka, navlačno-rasjedna struktura Ćićarije, navlaka Učke, antiklinala Učke, kompresija

Diplomski rad sadrži: 69 stranica, 45 slika, 4 priloga, 30 referenci i 1 web adresu

Jezik izvornika: hrvatski

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

Mentor: dr.sc. Bojan Matoš, docent RGNF

Komentor: dr.sc. Igor Vlahović, redoviti profesor RGNF

Ocjenjivači: 1. dr.sc. Bojan Matoš, docent RGNF

2. dr.sc. Igor Vlahović, redoviti profesor RGNF

3. dr.sc. Dario Perković, izvanredni profesor RGNF

Datum obrane: 17. srpnja 2020.

University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Master`s Thesis

STRUCTURAL ARCHITECTURE OF THE NATURE PARK UČKA AREA

VALENTINO MEJRUŠIĆ

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

Abstract

Tectonic evolution of the Učka Mt. area is associated with evolution of the Adria Microplate which in the area of the Istrian peninsula can be observed through sequence of Mesozoic and Palaeogene carbonates and flysch deposits. Almost 125 Ma years of evolution resulted in formation of c. 3000 meters thick sequence. The aim of this thesis, through combination of structural and stratigraphic fieldwork and analysis of existing geologic data was to construct composite geologic map, six geological profiles and simplified geologic 3D model of the study area in order to interpret structural architecture of the Učka Mt. Results show that area of the Učka Mt. was formed through compressional tectonic stages that were active in late Cretaceous and through Palaeogene. The first tectonic stage, during Late Cretaceous and Early Palaeogene was characterized by E–W oriented compression that resulted in formation of the Pazin flysch basin and the Učka anticline. In the second tectonic stage (through Palaeogene), study area was affected by N–S stress which resulted in formation of the fold-thrust and nappe systems of Učka and Čićarija Mts. After formation of Učka Mt. and Čićarija Mt. in the Late Palaeogene the study area was affected by strike-slip tectonics and significant erosion due to mechanical and chemical weathering.

Keywords: Nature Park Učka, Čićarija thrust-fault structure, Učka thrust, Učka anticline, compression

Thesis contains: 69 pages, 45 pictures, 4 attachments, 30 references and 1 web address

Original in: Croatian

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

Supervisor: Bojan Matoš, PhD, Assistant Professor

Co-supervisor: Igor Vlahović, PhD, Professor

Reviewers: 1. Bojan Matoš, PhD, Assistant Professor
2. Igor Vlahović, PhD, Professor
3. Dario Perković, PhD, Associate Professor

Date of defense: July 17th, 2020.

Zahvaljujem mentoru doc. dr. sc. Bojanu Matošu na predloženoj temi, ukazanom povjerenju, velikoj pomoći i strpljenju prilikom izrade ovog diplomskog rada.

Veliko hvala komentoru prof. dr. sc. Igoru Vlahoviću na brojnim stručnim savjetima i pomoći tijekom provođenja terenskih istraživanja i izrade ovog rada.

Hvala izv. prof. dr. sc. Urošu Barudžiji na ugodnom društvu i korisnim savjetima tijekom terenskih istraživanja.

Hvala izv. prof. dr. sc. Dariju Perkoviću na velikoj pomoći prilikom izrade digitalnog modela reljefa, brojnim savjetima iz domene GIS-a te pomoći pri izradi ovog rada.

Hvala doc. dr. sc. Ivici Pavičiću za korisne savjete i pomoć prilikom izrade 3D modela područja istraživanja.

Zahvaljujem ljubaznom osoblju Parka Prirode Učka na ugodnom društvu, korisnim savjetima te logističkoj potpori za vrijeme terenskih istraživanja.

Najveća hvala mojoj obitelji na strpljenju i razumijevanju te velikoj pomoći i podršci tijekom cjelokupnog studiranja.

Sadržaj:

1. UVOD.....	1
2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ I MORFOLOGIJA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA	3
3. GEOLOŠKA GRAĐA TERENA.....	4
3.1. TEKTONSKA EVOLUCIJA ŠIREG PODRUČJA ISTRAŽIVANJA.....	6
3.2. STRATIGRAFSKE I SEDIMENTOLOŠKE ZNAČAJKE	9
3.2.1. KREDA	12
3.2.2. PALEOGEN	17
3.2.3. KVARTAR.....	21
4. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA.....	22
4.1. TERENSKA ISTRAŽIVANJA	23
4.1.1. STRUKTURNA MJERENJA NA PODRUČJU PP UČKA	24
4.2. IZRADA GIS BAZE PODATAKA	27
4.2.1. IZRADA DIGITALNOG MODELA RELJEFA	27
4.3. IZRADA KOMPOZITNE GEOLOŠKE KARTE.....	29
4.4. IZRADA GEOLOŠKIH PROFILA.....	31
4.5. IZRADA STRUKTURNO-GEOLOŠKOG MODELA ŠIREG PODRUČJA PARKA PRIRODE UČKA	33
5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	34
5.1. STRUKTURNA MJERENJA	34
5.1.1. ORIJENTACIJA SLOJEVITOSTI	35
5.1.2. ORIJENTACIJA OSI PALEONAPREZANJA	42
5.2. GEOLOŠKI PROFILI NA ŠIREM PODRUČJU ISTRAŽIVANJA	51
5.2.1. GEOLOŠKI PROFIL 1–1`	51
5.2.2. GEOLOŠKI PROFIL 2–2`	53

5.2.3. GEOLOŠKI PROFIL 3–3`	55
5.2.4. GEOLOŠKI PROFIL 4–4`	57
5.2.5. GEOLOŠKI PROFIL 5–5`	59
5.2.6. GEOLOŠKI PROFIL 6–6`	61
5.3. KOMPOZITNA GEOLOŠKA KARTA I 3D STRUKTURNI MODEL.....	63
6. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK	64
7. LITERATURA	66

Popis slika:

- Slika 2-1. Područje istraživanja PP Učka. U podlozi se nalazi digitalizirani ortofoto koji je javno dostupan preko WMS servisa Geoportala Državne geodetske uprave (izvor: <https://dgu.gov.hr/vijesti/mrezne-usluge-prostornih-podataka-drzavne-geodetske-uprave/5015>).....3
- Slika 3-1. Isječak iz Osnovne geološke karte list Labin (Šikić et al., 1969) i list Ilirska Bistrica (Šikić et al., 1973) s označenim područjem istraživanja. Iscrtkana linija predstavlja granicu između listova.....4
- Slika 3-2. Približna podjela Istre na „Crvenu, Bijelu i Sivu“ na pojednostavljenoj geološkoj karti (preuzeto i modificirano iz Peh et al., 2003).5
- Slika 3-3. Tektonostratigrafske domene na području SZ Dinaridskog orogenog pojasa Istočnih Alpa te Istarskog poluotoka (prilagođeni isječak iz Schmid et al., 2008)...7
- Slika 3-4. (a) Jadranska karbonatna platforma (AdCP na slici) prije početka cenomana (više od 100 Ma), (b) porast razine mora na granici cenoman–turon (94Ma) (prema Brčić et.al., 2017).8
- Slika 3-5. Geološka karta šireg područja istraživanja s izdvojenim neformalnim litostratigrafskim jedinicama te naznačenim trasama konstruiranih geoloških profila. Geološka karta je izrađena prema OGK lista Labin (Šikić et. al., 1969), OGK lista Ilirska Bistrica (Šikić et. al., 1973), rezultatima geološkog kartiranja provedenog u okviru diplomskih radova Matešića (2017) i Preleca (2017) te strukturno-stratigrafskim podacima prikupljenim u okviru ovog diplomskog rada.10
- Slika 3-6. Geološki stup naslaga na području Parka prirode Učka načinjen na temelju OGK lista Labin (Šikić et al., 1969) te OGK lista Ilirska Bistrica (Šikić et al., 1973).....11
- Slika 3-7. Izdanak dolomitne breče neformalne litostratigrafske jedinice SIS na usjeku ceste (iz Matešić, 2017).13
- Slika 3-8. Izdanak neformalne litostratigrafske jedinice Milna (točka BV-20 u blizini Male Učke, φ : 45,31; λ : 14,21).....14

Slika 3-9. Slojeviti izdanak kalciferskog vapnenca neformalne litostratigrafske jedinice Sv. Duh (točka Cic-8 u blizini Županj vrha, ϕ : 45,39; λ : 14,15).....	15
Slika 3-10. Baza neformalne litostratigrafske jedinice Gornji Humac (točka Cic7 u blizini Županj vrha, ϕ : 45,40; λ : 14,17).....	17
Slika 3-11. Izdanak neformalne litostratigrafske jedinice Liburnijske naslage pri vrhu Vojak (iz Matešić, 2017).	18
Slika 3-12. Slojeviti izdanak neformalne litostratigrafske jedinice Foraminiferski vapnenci (točka Cic5 u blizini Županj vrha, ϕ : 45,40; λ : 14,18).	20
Slika 3-13. Izdanak lapora prijelaznih naslaga na području Močila (iz Prelec, 2017)..	21
Slika 3-14. Slabo litificirana siparišna breča podno vršnih litica Učke (iz Matešić, 2017).	22
Slika 4-1. Terenska istraživanja na području Učke. A: Geometrija antiklinale Učke s navlakom Učke, vidljiv kanjon Vela draga u antiklinalnoj strukturi Učke; B: Plitkovodni slijed turonskih karbonatnih naslaga (Gornji Humac formacija) na južnom obodu antiklinale Učke; C: Pogled na Pazinski bazen prema jugu s vrha Vojak; D: Slijed karbonatnih naslaga jedinice Gornji Humac bogat fosilima rudista i dekastronema u izmjeni s kalciferskim vapnencima na putu za vrh Vojak – južni obodi antiklinale Učke; E: Normalno krilo bore sa sigmoidalnim strukturama u krovini i imbriciranim reversnim rasjedima mjeranim na području Čićarije u blizini Bresta pod Učkom. Fotografije su prikupljene tijekom svibnja 2020. godine.	24
Slika 4-2. Karta s prikazom lokacija istraživanih terenskih točaka u sklopu projekta „Učka360°“.	25
Slika 4-3. A: Određivanje orijentacije slojevitosti i proračun orijentacije osi boranih struktura pomoću programa <i>Stereonet 10</i> (Allmendinger, 2019); B: Određivanje orijentacije glavnih osi paleonaprezanja <i>Right dihedron</i> metodom pomoću programa <i>WinTensor</i> (Delvaux, 2012).	26
Slika 4-4. Softver <i>ESRI Arcmap 10.1</i> korišten za izradu GIS baze podataka.	27
Slika 4-5. A: Dijagram toka koji prikazuje pripremu rastera za izradu digitalnog modela reljefa na primjeru područja Bilogore (Matoš, 2014). Istovjetan model pripreme i izrade	

digitalnog modela je korišten i u ovome radu; B: Digitalni model reljefa šireg područja istraživanja izrađen pomoću „Terrain“ opcije podsustava <i>ArcCatalog</i> dostupnog unutar softvera <i>ESRI ArcMap 10.1</i>	28
Slika 4-6. Postupak izrade kompozitne geološke karte pomoću programa <i>Adobe Illustrator CC 2014</i> . A: Odabir podloge i definiranje slojeva za izradu pojedinih dijelova karte te iscrtavanje neformalnih litostratigrafskih jedinica, strukturnih elemenata te granica pomoću listova OGK Labin i Ilirska Bistrica te diplomskih radova Matešić (2017) i Prelec (2017).; B: Izrezivanje područja istraživanja te izrada okvira i tumača karte.	30
Slika 4-7. Postupak izrade geoloških profila pomoću programa <i>Adobe Illustrator CC 2014</i> . A: Izrada okvira profila u mjerilu i definiranje slojeva za izradu pojedinih dijelova profila te iscrtavanje topografije reljefa, geoloških granica, odnosno slojeva i rasjeda. B: Konstrukcija strukturno-stratigrafskih odnosa jedinica u dubini te izrada okvira i tumača profila.....	32
Slika 4-8. A: Unos geoloških profila, georeferencirane geološke karte i digitalnog modela reljefa u program „Move“; B: Digitalizacija prethodno napravljenih profila.....	33
Slika 5-1. Karta šireg područja istraživanja s označenim poligonima u kojima su mjerene slojevitosti. Na stereogramima su prikazane orijentacije mjerenih slojnih površinama te su označene osi bora.	35
Slika 5-2. Orijehtacija mjerenih slojnih površina na području poligona St_1. Na stereogramu su prikazane slojevitosti s tragovima ravnina dok je prosječna os bore naznačena polom (crvena oznaka).	36
Slika 5-3. Orijehtacija mjerenih slojnih površina na području poligona St_2. Na stereogramu su prikazane slojevitosti s tragovima ravnina dok su prosječne osi bora naznačene polovima (crvena oznaka).	37
Slika 5-4. Orijehtacija mjerenih slojnih površina na području poligona St_3. Na stereogramu su prikazane slojevitosti s tragovima ravnina dok su prosječne osi bora naznačene polovima (crvena oznaka).	38

Slika 5-5. Orijentacija mjerenih slojnih površina na području poligona St_4. Na stereogramu su prikazane slojevitosti s tragovima ravnina dok je os bore naznačena polom (crvena oznaka).	39
Slika 5-6. Orijentacija mjerenih slojnih površina na području poligona St_5. Na stereogramu su prikazane slojevitosti s tragovima ravnina dok je os bore naznačena polom (crvena oznaka).	40
Slika 5-7. Orijentacija mjerenih slojnih površina na području poligona St_6. Na stereogramu su prikazane slojevitosti s tragovima ravnina.	41
Slika 5-8. Karta šireg područja istraživanja s označenim lokacijama na kojima su zabilježeni rasjedi s proračunatim diedrima paleonaprezanja. Na diedrima paleonaprezanja su prikazani mjereni rasjedi i režimi paleonaprezanja.	42
Slika 5-9. Stereogram transpresijsko/kompresijskog polja paleonaprezanja za rasjede južno od Bresta pod Učkom.	43
Slika 5-10. Stereogram kompresijskog polja paleonaprezanja za rasjed jugoistočno od Bresta pod Učkom.	44
Slika 5-11. Stereogram kompresijskog polja paleonaprezanja za rasjede jugozapadno od prijevoja Poklon.....	45
Slika 5-12. Stereogram kompresijskog polja paleonaprezanja za rasjed jugoistočno od prijevoja Poklon.....	46
Slika 5-13. Stereogram kompresijskog polja paleonaprezanja za rasjede sjeveroistočno od vrha Vojak na Učkoj.....	47
Slika 5-14. Stereogram ekstenzijskog polja paleonaprezanja za rasjed sjeverno od vrha Vojak na Učkoj.....	48
Slika 5-15. Stereogram kompresijskog polja paleonaprezanja za rasjed neposredno kod vrha Brgud na južnom dijelu PP Učke.	49
Slika 5-16. Stereogram kompresijskog polja paleonaprezanja za rasjed istočno od Županj vrha.	50
Slika 5-17. Geološki profil 1–1` na području PP Učka.	52

Slika 5-18. Geološki profil 2–2` na području PP Učka.	54
Slika 5-19. Geološki profil 3–3` na području PP Učka.	56
Slika 5-20. Geološki profil 4–4` na području PP Učka.	58
Slika 5-21. Geološki profil 5–5` na području PP Učka.	60
Slika 5-22. Geološki profil 6–6` na području PP Učka.	62

Popis priloga:

PRILOG 1. KOMPOZITNA GEOLOŠKA KARTA PP UČKA	70
PRILOG 2. KARTA S PRIKAZOM LOKACIJA ISTRAŽIVANIH TERENSKIH TOČAKA U SKLOPU PROJEKTA „UČKA 360°“	71
PRILOG 3. KARTA ŠIREG PODRUČJA ISTRAŽIVANJA S OZNAČENIM POLIGONIMA. NA STEREOGRAMIMA SU PRIKAZANE ORIJENTACIJE MJERENIH SLOJNIH POVRŠINA TE SU OZNAČENE OSI BORA.....	72
PRILOG 4. KARTA ŠIREG PODRUČJA ISTRAŽIVANJA S OZNAČENIM LOKACIJAMA NA KOJIMA SU ZABILJEŽENI RASJEDI S PRORAČUNATIM DIEDRIMA PALEONAPREZANJA. NA DIEDRIMA PALEONAPREZANJA SU PRIKAZANI MJERENI RASJEDI, REŽIMI PALEONAPREZANJA TE OSI PALEONAPREZANJA.....	73

1. UVOD

Geološki slijed vidljiv na površini Istarskog poluotoka započeo je taloženjem karbonatnih sedimenata sredinom jure, nastavio se kroz kredu taloženjem vapnenaca i dolomita te završio u paleogenu taloženjem foraminiferskih vapnenaca i formiranjem fliškog bazena. S obzirom na litološki različitu podlogu Istre, povijesna podjela Istre podrazumijeva izdvajanje „Crvene, Bijele i Sive“ Istre. Naziv „Crvena Istra“ potječe od zemlje crvenice (*terra rossa*) koja prekriva karbonate, „Bijela Istra“ karakterizirana je okršnim izdancima bijelih vapnenaca, a „Siva Istra“ predstavlja Pazinski flišni bazen izgrađen od debelih naslaga fliša.

U skladu s navedenim, kako je u razvoju Istarskog poluotoka tektonika odigrala važnu ulogu u formiranju različitih vrsta stijena i paleookoliša, u ovome radu biti će prikazani glavni događaji koji su uzrok današnje kompleksne strukturne građe masiva Učke i Ćićarije. Detaljno će biti opisane glavne karakteristike naslaga koje su taložene nešto više od 125 milijuna godina. Na kompozitnoj geološkoj karti biti će prikazano površinsko rasprostiranje krednih i paleogenskih naslaga, a njihov raspored u dubini biti će prikazan na geološkim profilima. Profili su dobar pokazatelj koji su sustavi rasjeda, generalno uzrokovani kompresijskom tektonikom, odgovorni za kompleksan raspored litostratigrafskih jedinica i boranih sustava. Dominantan režim naprezanja biti će prikazan u diedrima naprezanja koji sadrže orijentacije rasjeda te orijentacije glavnih osi paleonaprezanja, a pružanje i nagibi krednih i paleogenskih naslaga, kao i orijentacije osi bora biti će prikazani stereogramima orijentacija slojevitosti. Ovaj diplomski rad rezultat je proučavanja dostupne literature te terenskih istraživanja prikupljenih u sklopu projekta „Učka 360°“

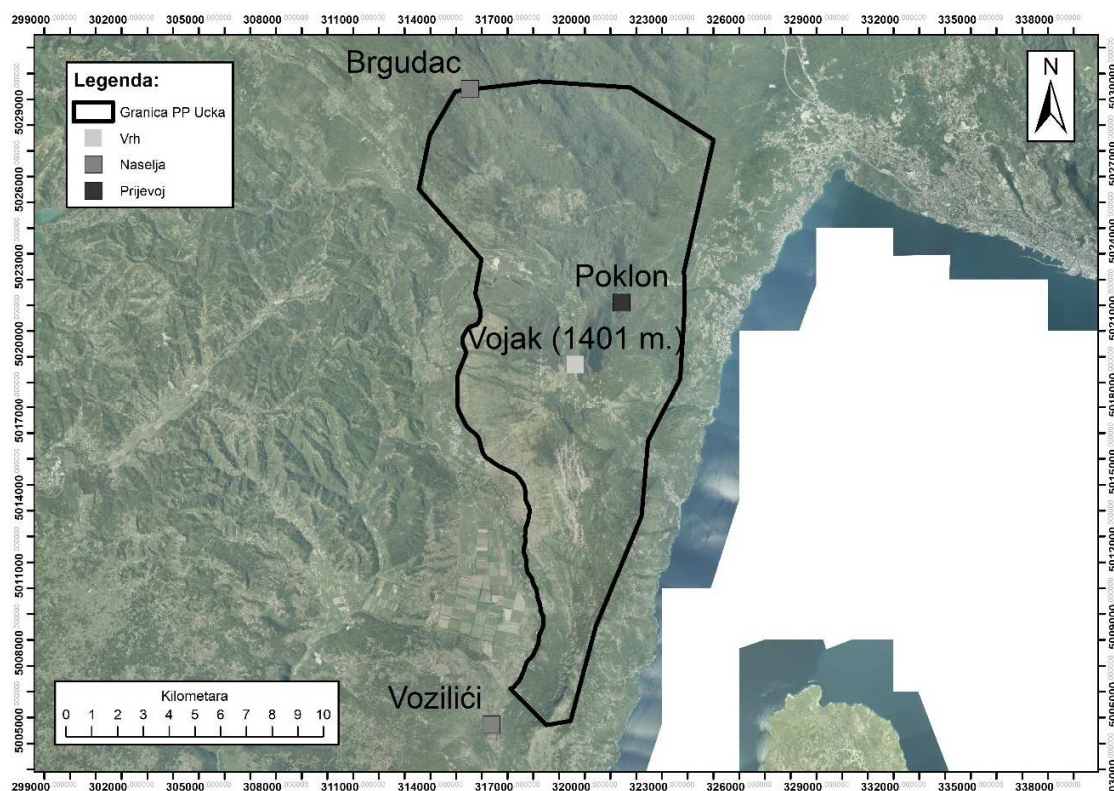
Pregled dosadašnjih istraživanja na području Istre

Geološkim istraživanjima Istarskog poluotoka kroz 19. i 20. stoljeće bavili su se brojni autori te je izdan pozamašan broj radova s različitim, ali međusobno povezanim tematikama. Von Richthofen (1886) je naveo istočnu obalu Jadranskog mora kao Dalmatinski tip obale. Stache (1889) je opisao eocenske karbonatne naslage koje transgresivno naliježu na kredne naslage te je definirao prijelazne naslage između mastrihta i paleocena taložene u brakičnim i marinskim uvjetima kao Liburnijsku formaciju. Cvijić (1893) je objavio rad „Das Karstphanomen“ u kojemu je opisao Dinarski krš. Početkom 20. stoljeća Schubert (1905) je opisao hemipelagičke lapore u Pazinskom bazenu koji tvore stratigrafsku jedinicu „Globigerinski lapori“. Jednu od

prvih poznatih geoloških karata Istre, u mjerilu 1:200.000, izradio je Federico Sacco 1923. godine (*Schema geologico dell' Istria*). Sustavno istraživanje istarskog poluotoka provedeno je u okviru izrade Osnovne geološke karte mjerila 1:100.000 bivše države. Istraživano područje predstavlja dio lista Labin (Šikić et al., 1969) s pripadajućim tumačem (Šikić & Polšak, 1973) te dio lista Ilirska Bistrica (Šikić et al., 1973) s pripadajućim tumačem (Šikić & Polšak 1975). Tumači pružaju geografski pregled, pregled dosadašnjih istraživanja, prikaz opće građe terena, opise izdvojenih kronostratigrafskih jedinica, tektoniku, pregled mineralnih sirovina, pregled geološke evolucije te popis literature. Tumači prikazuju i relevantne geološke radove koji su provedeni u posljednjih stotinjak godina. Babić et al. (1974) su objavili rad o inženjerskogeološkim i geofizičkim istraživanjima izvedenima u sklopu izgradnje cestovnog tunela Učka. Autori su u svom radu prikazali detaljnu geološku kartu preko cijele trase tunela kao i prognozne geološke profile. Određena je dubina zalijeganja fliša i njegovo rasprostiranje te su određeni osnovni tektonski elementi. Velić et al. (1995) su dali pregled geološke građe Istre s podjelom na četiri transgresivno–regresivne megasekvencije. Autori u tom radu pojašnjavaju stratigrafske i paleontološke značajke sjeverozapadnog dijela Jadranske karbonatne platforme te temeljne značajke tektonske evolucije Istre. Vlahović et al. (1995) opisuju podrijetlo i značenje „vapnenačko-dolomitnih breča“ nastalih između starije i mlađe krede na primjeru Ćićarije. Tišljar et al. (1998) su opisali učinke tektonskog razvoja u kredi koji su na većini područja Istre „maskirani“ neotektonskim pokretima, ali su vrlo dobro vidljivi u Istri. Matičec (1998) je prikazao genezu strukturnih odnosa na Učki prilikom čega je dao podatke o strukturnim odnosima šireg područja, dok su Moro et al. (2002) opisali vapnence na vrhu Vojak i rtu Marlera na jugu Istre te definirali gornjosantonsku starost tih naslaga. Vlahović et al. (2005) su definirali ključne događaje u evoluciji Jadranske karbonatne platforme, te naglasili važnost definiranja naziva (AdCP, Adriatic Carbonate platform) i stratigrafskog opsega za Jadransku karbonatnu platformu. Kao rad u recentnijem razdoblju može se izdvojiti doktorska disertacija Brčića (2015) u kojoj je autor prikazao relativne promjene morske razine tijekom mlađe krede na sjeverozapadnom dijelu Jadranske karbonatne platforme pri čemu je u vršnim dijelovima Učke izdvojio dubokovodne vapnence. U radu Brčić et al. (2017) autori su opisali izmjenu peritajdalnih taloga Milna formacije i pelagičkih taloga potopljene platforme.

2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ I MORFOLOGIJA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Park prirode Učka smješten je na SI dijelu Istarskog poluotoka, a obuhvaća područje masiva Učke i jugoistočnog dijela Ćićarije. Granica Parka prirode se na sjeveru nalazi kod naselja Brgudac na Ćićariji, a južna granica je kod naselja Vozilići na Učki (Slika 2-1). Zapadna granica Parka najvećim dijelom prati državnu cestu 500 koja ulazi u Park dok se istočna granica nalazi na padinama približno 2-3 km zapadno od obalne linije. Park se proteže na 160 km² gorskog terena s manjim zaravnjenim dijelovima. Teren je morfološki razveden pa su tako istočne, južne i zapadne padine Učke vrlo strme, a sjeverne padine Učke koje završavaju na prijevoju Poklon i masivu Ćićarije prema sjeveru su znatno blažeg nagiba.



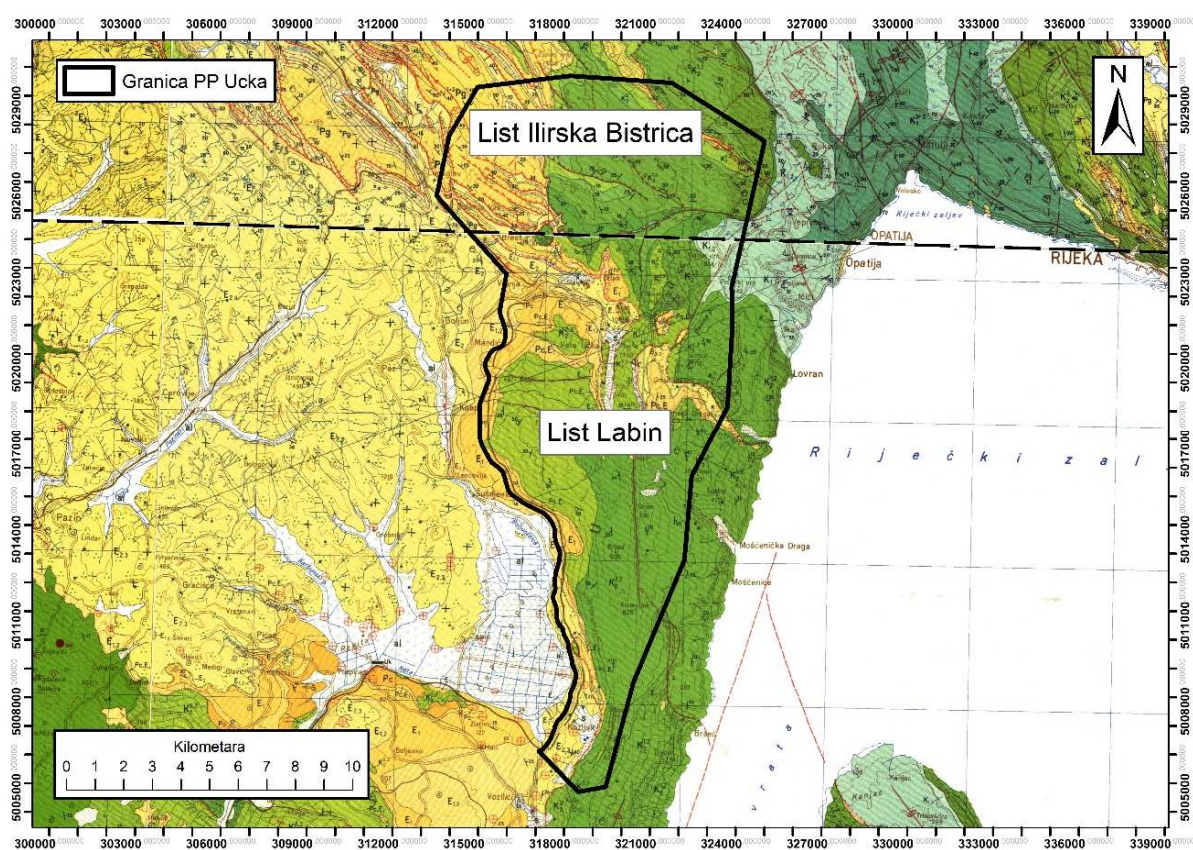
Slika 2-1. Područje istraživanja PP Učka. U podlozi se nalazi digitalizirani ortofoto koji je javno dostupan preko WMS servisa Geoportala Državne geodetske uprave (izvor: <https://dgu.gov.hr/vijesti/mrezne-usluge-prostornih-podataka-drzavne-geodetske-uprave/5015>).

Učka i Ćićarija pripadaju krškom području pa se mogu uočiti brojne ponikve, a postoji i manji broj jama. Na području Parka, kojemu je najviši vrh Vojak s 1401 m, prevladavaju bjelogorične bukove šume. Manje su zastupljene šume crnog graba i bora, a nisko mediteransko

raslinje se može pronaći na brojnim vršnim dijelovima hrbata. Park se nalazi u pojasu mediteranske klime koju karakteriziraju vruća i suha ljeta, dok su zime pro hladne i vlažne. Na području Parka temperature su niže, a količine oborina su veće nego u nižim dijelovima Istre te je prosječna godišnja količina padalina između 2000 i 2500 mm. Hidrografska mreža na području Parka nije razvijena i većih rijeka nema, a mogu se pronaći tek manji potoci i bujičnjaci koji nastaju na kontaktu propusnih karbonatnih stijena s nepropusnim flišnim naslagama.

3. GEOLOŠKA GRAĐA TERENA

Za pregled stratigrafskih jedinica i osnovnih strukturno-geoloških obilježja šireg područja Učke najviše podataka daju Osnovne geološke karte mjerila 1:100.000 listova Ilirska Bistrica (Šikić et al., 1967) i Labin (Šikić et al., 1969) (Slika 3-1).

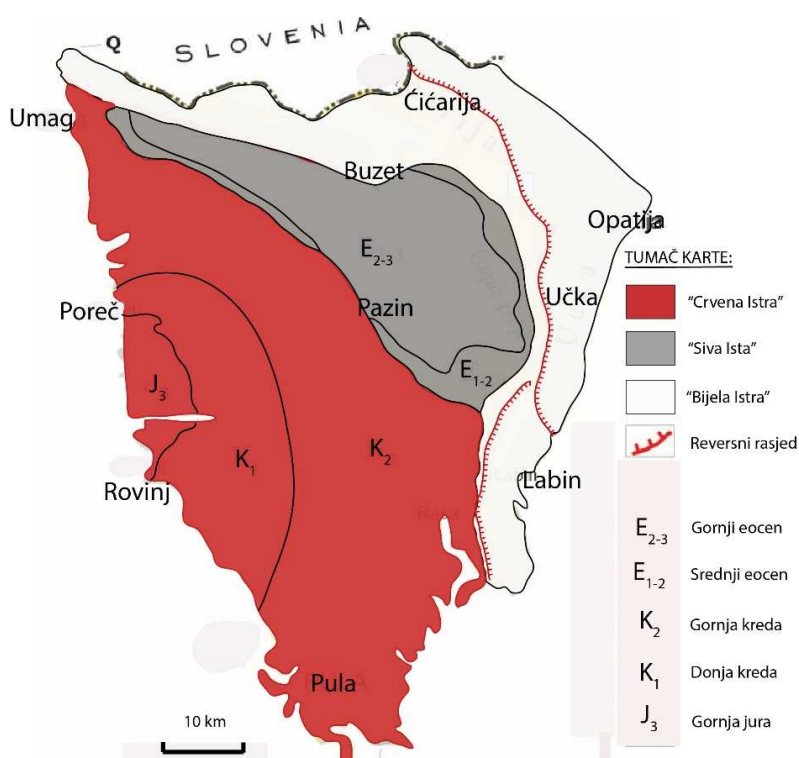


Slika 3-1. Isječak iz Osnovne geološke karte list Labin (Šikić et al., 1969) i list Ilirska Bistrica (Šikić et al., 1973) s označenim područjem istraživanja. Iscrtna linija predstavlja granicu između listova.

S geološkog gledišta Istarski poluotok se prema Velić et al. (2003) može podijeliti na tri glavne regije:

1. jursko–kredno–eocenska karbonatna ravnica južne i zapadne Istre;
2. kredno–eocenska karbonatno–klastična zona karakterizirana navlačnim strukturama u istočnom i sjeveroistočnom dijelu Istre (od Plomina i Učke do Ćićarije);
3. eocenski flišni bazen središnje Istre.

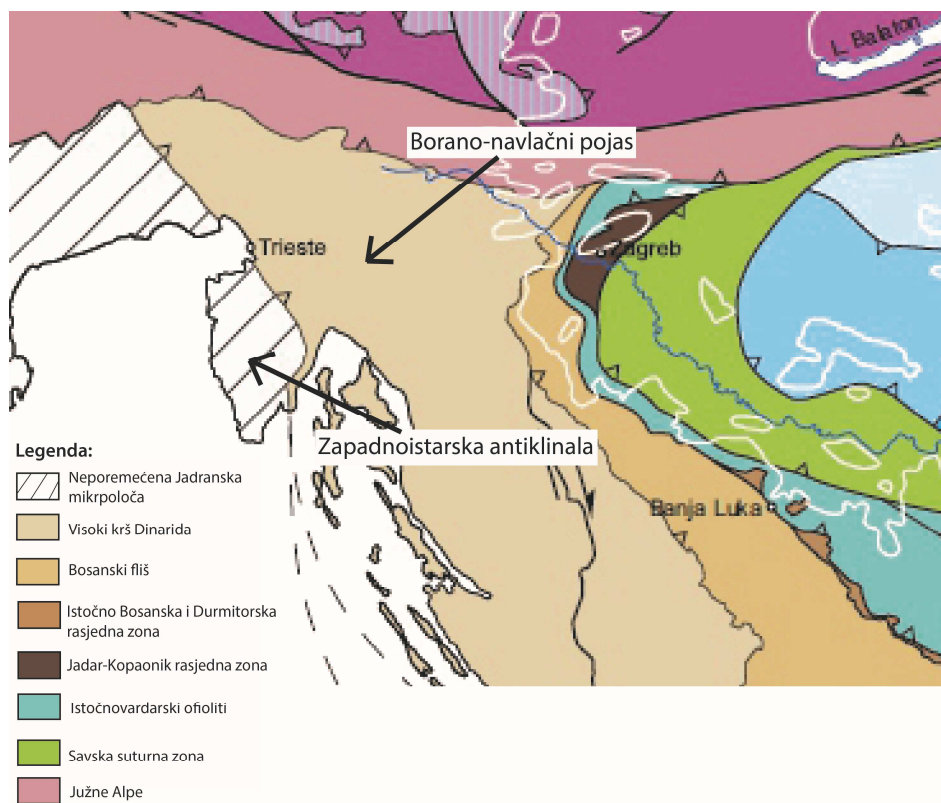
Lokalno stanovništvo spomenute regije navodi kao „Crvena, Bijela i Siva/Zelena Istra“ (Slika 3-2). „Crvena Istra“ obuhvaća južne i zapadne dijelove Istarske ravnice, a naziv potječe od dominantne zemlje crvenice (*terra rossa*) koja prekriva karbonate taložene od srednje jure do srednjeg eocena. To je područje poznato i kao Zapadnoistarska antiklinala. „Bijela Istra“ je karakterizirana okršnim izdancima bijelih kredno–eocenskih vapnenaca na istočnom i sjeveroistočnom dijelu poluotoka. To je područje na kojem su vidljivi sustavi navlačnih rasjednih struktura na sjeveru (na Ćićariji) i na istoku (kao što je navlaka Učke). „Siva ili Zelena Istra“ predstavlja središnji dio poluotoka koji je poznat i kao Pazinski flišni bazen, a naziv potječe od debelih naslaga sivog do zelenog fliša koji je taložen tijekom eocena.



Slika 3-2. Približna podjela Istre na „Crvenu, Bijelu i Sivu“ na pojednostavljenoj geološkoj karti (preuzeto i modificirano iz Peh et al., 2003).

3.1. TEKTONSKA EVOLUCIJA ŠIREG PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

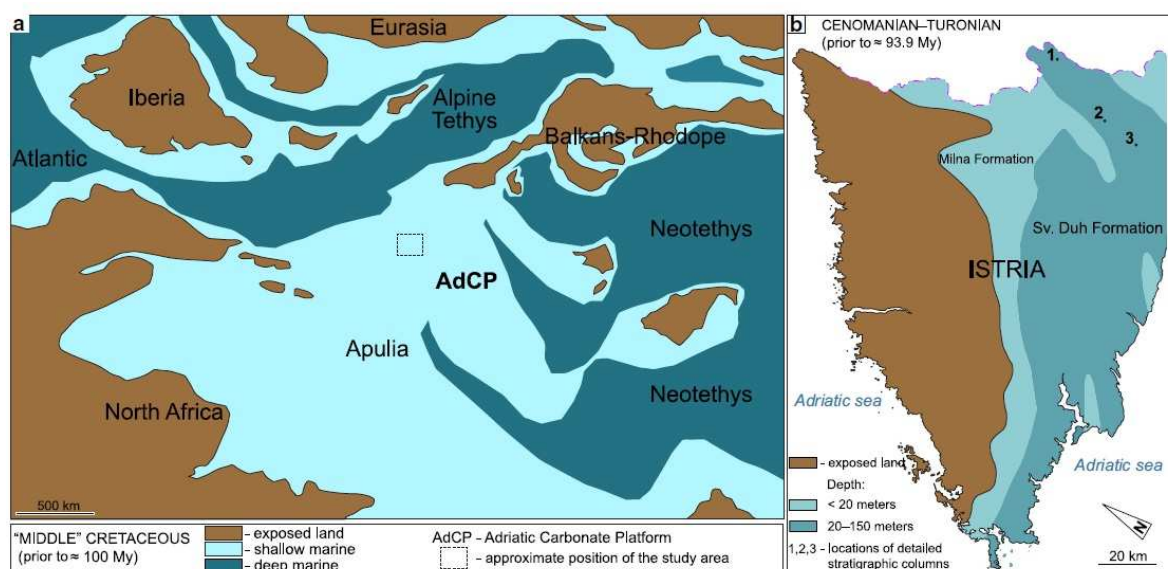
Istarski poluotok predstavlja sjeverozapadni dio nekadašnje Jadranske karbonatne platforme čija je tektonska evolucija započela tijekom srednjeg trijasa kad je došlo do otvaranja oceanskog prostora Neotethysa (Vlahović et al., 2005; Schmid et al., 2008). Tijekom mezozoika s kraćim prekidima na tome dijelu Jadranske mikroploče taloženi su nekoliko tisuća metara debeli sljedovi karbonatnih naslaga. Značajna promjena u taloženju dogodila se usred kolizije Euroazijske i Afričke ploče, tj. Jadranske mikroploče koja je započela u vrijeme mlađe krede (Srodon et al., 2018), a koja je doživjela vrhunac tijekom eocena odnosno oligocena kada su izdignuti i Dinaridi (Vlahović et al., 2005; Schmid et al., 2008). Jadranska mikroploča kao dio Afričkog promontorija je i danas u pokretu (3 do 4,5 mm/god.) prema sjeverozapadu, pri čemu je njena današnja rotacija u smjeru obrnutom od kazaljke na satu (D'Agostino et al., 2008). Strukturne odnose na području današnjeg istarskog poluotoka, kao neporemećenog dijela nekadašnje Jadranske karbonatne platforme možemo opisati kao dvije tektonske domene (Slika 3-3). Prvu domenu čine borano-navlačni sustav Ćićarije te masiv Učka, koji pripadaju predgorskom borano-navlačnom pojasu Dinarida, dok drugu tektonsku domenu čine središnji i zapadni dijelovi poluotoka koji pripadaju stabilnom neporemećenom dijelu Jadranske mikroploče koji zapravo čini područje Pazinskog flišnog bazena i Zapadnoistarske antiklinale (Velić et al., 2003 s referencama).



Slika 3-3. Tektonostratigrafske domene na području SZ Dinaridskog orogenog pojasa Istočnih Alpa te Istarskog poluotoka (prilagođeni isječak iz Schmid et al., 2008).

Istarski poluotok sastoji se od slijeda karbonatnih naslaga (debljine preko 2 km) koji se sastoji od vapnenaca, dolomita i karbonatnih breča taloženih od srednje jure pa sve do eocena kad su prekrivene flišnim naslagama. Takva debljina naslaga rezultat je dugotrajne plitkovodne sedimentacije i niza sinsedimentacijskih tektonskih događaja (Velić et al., 2003; Brčić et al., 2017 s referencama). Najstarije kredne naslage vidljive na površini Učke i Ćićarije su baremske starosti i predstavljaju nastavak kontinuirane sedimentacije koja je započela krajem mlađe jure (Šikić et al., 1963). Kontinuirani slijed mlađejurskih naslaga može se uočiti na području Gorskog kotara i riječkog zaleđa gdje su taložene naslage debljine oko 900 m, dok su na području Istre istodobne naslage u pravilu tanje od 250 m. Razlog takvom odstupanju debljina na području Istre je u sporijoj subsidenciji i brojnim emerzijama, od kojih se posebno ističe dugotrajna emerzija tijekom kimeridža i titona tijekom koje je u Gorskom kotaru prevladavala kontinuirana plitkovodna sedimentacija (Tišljar et al., 1994). I starije kredne naslage karakterizirane su plitkovodnim marinskim taloženjem koje je povremeno prekidano periodima emerzije (Tišljar, 1998). Osim emerzije tijekom kimeridža i titona značajne su i emerzija od

barema/apta do alba te emerzija između mlađe krede i paleogena (uglavnom eocena). Početkom cenomana (cca. 100 Ma) Jadranska karbonatna platforma je bila pod utjecajem sinsedimentacijske tektonike (Slika 3-4), a na granici cenoman–turon (94 Ma) došlo je do eustatskog porasta razine mora i smanjenja količine plitkovodnih karbonata pri čemu su uspostavljeni uvjeti potopljene platforme (Vlahović et al., 2005; Tišljarić et al., 1998; Brčić et al., 2017). Sedimentacija tijekom mlađe krede je nastavljena do kraja turona, dok je na Učki trajala i do mlađeg santona.



Slika 3-4. (a) Jadranska karbonatna platforma (AdCP na slici) prije početka cenomana (više od 100 Ma), (b) porast razine mora na granici cenoman–turon (94Ma) (prema Brčić et.al., 2017).

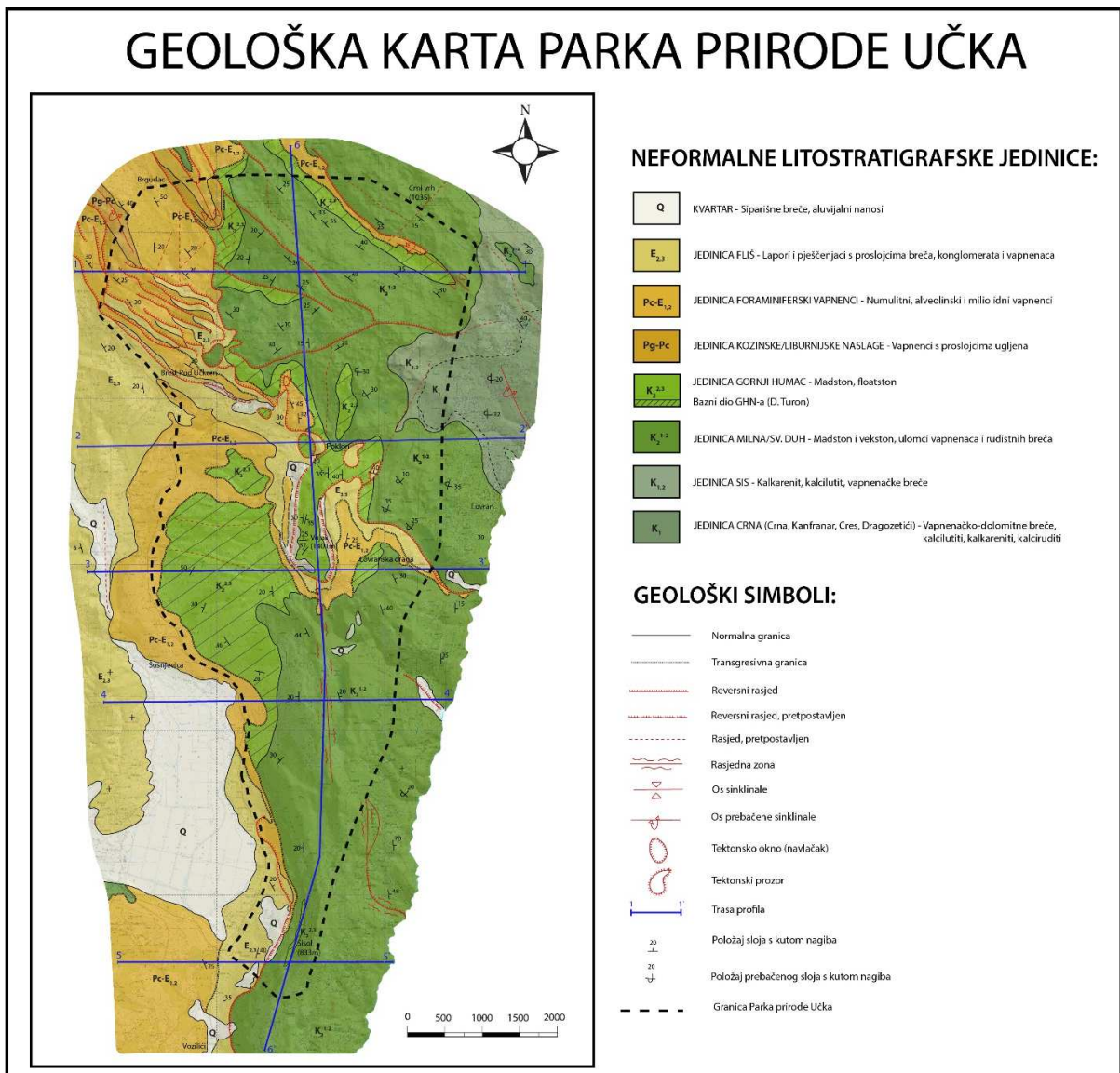
Značajna strukturna deformacija JKP započela je u cenomanu (cca. 96 Ma) kad je već bila formirana zapadnoistarska antiklinala te u paleogenu kada je formiran flišni bazen i borano rasjedne strukture Učke i Ćićarije (Brčić et al., 2017). Emerzijom krajem krede i početkom paleogena završeno je taloženje na Jadranskoj karbonatnoj platformi (JKP). Tijekom paleogena došlo je do ponovne transgresije odnosno taloženja u marinskim uvjetima. Taložni slijed započinje s kozinskim naslagama, na koje postupnim produbljivanjem taložnih okoliša dolazi do taloženja eocenskih foraminiferskih vapnenaca (Velić et al., 2003; Vlahović et al., 2005 s referencama). Kozinske naslage te foraminiferski vapnenci vrlo često transgresivno nalježu na različite kredne naslage (Matićec et al., 1996). Tako paleogenske naslage nalježu i na valendiske, otrivske i baremske naslage pri čemu lokalno nedostaju najmlađe donjokredne i kompletne gornjokredne naslage. U korelaciji sa susjednim područjima u Istri nedostaje oko

2000 m naslaga što potvrđuje da su ta područja izložena kopnenim uvjetima i da su bila pod utjecajem erozije tijekom mlađe krede i dio paleogena.

3.2. STRATIGRAFSKE I SEDIMENTOLOŠKE ZNAČAJKE

Uvidom u OGK listova Ilirska Bistrica (Šikić et al., 1973) i Labin (Šikić et al., 1969) razvidno je da je područje Parka prirode Učka većim dijelom izgrađeno od karbonatnih naslaga mezozojske starosti, pri čemu su najstarije naslage vapnenci i dolomiti starije krede. Na istraživanom području pretežito dominiraju vapnenci i dolomiti kredne starosti, te foraminiferski vapnenci i flišne naslage paleogenske starosti. Najmlađe naslage čine kvartarni aluvijalni nanosi te siparišno kršje i breče (Slika 3-5 i Slika 3-6). Naslage prikazane na OGK listova Labin i Ilirska Bistrica detaljno su opisane u pripadajućim tumačima (Šikić & Polšak, 1973, 1975). Stoga, za potrebe opisa strukturne građe područja istraživanja te potrebe izrade geoloških profila, izrađena je kompozitna geološka karta područja istraživanja (Slika 3-5; PRILOG 1), a gotovo 3000 m naslaga vidljivih na području Parka prirode Učka prikazano je na kompozitnom geološkom stupu (Slika 3-6). U narednim potpoglavljima naslage će biti opisane idući od starijih prema mlađima, s obzirom na njihova osnovna stratigrafska i litološka obilježja.

GEOLOŠKA KARTA PARKA PRIRODE UČKA



Slika 3-5. Geološka karta šireg područja istraživanja s izdvojenim neformalnim litostratigrafskim jedinicama te naznačenim trasama konstruiranih geoloških profila. Geološka karta je izrađena prema OGK lista Labin (Šikić et. al., 1969), OGK lista Ilirska Bistrica (Šikić et. al., 1973), rezultatima geološkog kartiranja provedenog u okviru diplomskih radova Matešića (2017) i Preleca (2017) te strukturno-stratigrafskim podacima prikupljenim u okviru ovog diplomskog rada.

GEOLOŠKI STUP

PERIOD	STAROST (cca. Ma)	STARA OZNAKA	OZNAKA	DEBLJINA (cca. m)	NEFORMALNE LITOSTR. JEDINICE	TEKSTUALNI OPIS	STAROST KREDNIH NASLAGA U IZDVO- JENIM STRUKTURNIM JEDINICAMA		
QT:	holo./pleist. (~0-2,6)	Q	Q	100	KVARTAR	Siparišne breče i aluvijalni nanosi	Antiklinala Učke	Navlačno-rasjedna struktura Čićarije	Navlačna struktura Učke
EOCEN	gornji do sr. eocen (~40-45)	$E_{2,3}$ E_2	$E_{2,3}$	200-400	FLIŠ	Lapori i pješčenjaci sa slojevima breča, konglomerata i vapnenaca Sivi do zelenkasti vapneni lapori s prosljocima bentičkih foraminifera			
	g. paleocen do sr. eocen (~45-60)	$E_{1,2}$ E_1 $Pc-E$	$Pc-E_{1,2}$	230	FORAMINIFERSKI VAPNENCI	Sivi do smeđi alveolinski, numulitni i diskociklinski vapnenci, najčešće floatston, vekston i pekston			
PALEOCEN ?	paleocen (~60-66)	$Pg-Pc$	$Pg-Pc$	150	KOZINSKE NASLAGE	Sivi i smeđi bituminozni vapnenci s milolidama te prosljocima ugljena			
GORNJA KREDA	g. santon (~86)	$K_2^{2,3}$	$K_2^{2,3}$	200-500	GORNJI HUMAC	Pločasti do dobro uslojeni, bijeli do svijetlo sivi madston i floatston, rekristalizirani			
	d. turon (~92)				Bazni dio GHJ-a				
	d. turon (~94)	K_2^2	$K_2^{1,2}$	600-700	SV. DUH MILNA	Pločasti do škrljavi, sivi do smeđi madston i vekston, rjeđe floatston s ulomcima detritičnih vapnenaca i rudistnih breča			
	cenoman (~100)	$K_2^{1,2}$							
DONJA KREDA	cenom./alb (~101)	$K_{1,2}$	$K_{1,2}$	100	SIS	Dobro uslojeni i pločasti oolitni kalk. i kalcil. i vapnenačke breče			
	alb (~113)	K_1	K_1	850	CRNA (Cma, Kanfanar Cres, Dragožeći)	Tamnosive vapnenačko-dolomitne breče s kalcilutitim i kalkarenitnim vapnencima Sivi do smeđi pločasti vapnenci, kalciruditi, kalcilutiti i kalkareniti			
	apt (~125)								

Slika 3-6. Geološki stup naslaga na području Parka prirode Učka načinjen na temelju OGK lista Labin (Šikić et al., 1969) te OGK lista Ilirska Bistrica (Šikić et al., 1973).

3.2.1. KREDA

3.2.1.1. DONJA KREDA (K_1 , $K_{1,2}$) – *neformalne litostratigrafske jedinice CRNA i SIS*

Neformalna litostratigrafska jedinica CRNA (Crna, Kanfanar, Cres, Dragozetići)

Donjokredne naslage (K_1) nalaze se na sjeveroistočnom dijelu Parka u zaleđu grada Opatije (Slika 3-5) gdje se pojavljuju sivi i tamnosivi, a mjestimično i smeđi vapnenci s proslojcima smeđeg krupnokristaliničnog dolomita. Makrofauna nije sačuvana, a od mikrofosila pronađeni su tintinidi *Campbeliella milesi* i alga *Salpingoporella angulata*. Debljina naslaga je 500–600 m (Šikić & Polšak, 1973, 1975).

Neformalna litostratigrafska jedinica SIS

Prijelazne naslage između starije i mlađe krede ($K_{1,2}$) također se nalaze u sjeveroistočnom dijelu Parka u zaleđu grada Opatije i na Ćićariji kod Vodica i Poljana (Slika 3-5). Naslage izgrađuju dobro slojeviti i pločasti vapnenci na koje naliježu vapnenačke i dolomitne breče. Vapnenci su pretežito kalkareniti i kalcilutiti. Mjestimično se nalaze i autogeni kvarc i limonitizirani pirit, a stijene su većinom rekristalizirane. Udio fosila nije značajan no pronađene su alge *Thaumatoporella parvovesiculifera* i foraminifere *Globigerina aequilateralis*, *Dicyclina sp.*, *Miliolidae*, *Globigerinidae*, *Aeolisaccus sp.* i ostrakodi. Debljine naslaga su od 10 do 100 m (Šikić & Polšak, 1973, 1975).

Prema terenskim istraživanjima koje je u svojem diplomskom radu opisao Matešić (2017) na području Učke prisutne su dolomitizacijske breče i dolomitizirani vapnenci, pri čemu stupanj dolomitizacije varira unutar jedinice, a izdanci su u pravilu tektonizirani i dobro su očuvani samo u usjecima cesta i putova pri čemu su prisutne zaglađene plohe sa strijama (Slika 3-7). Prelec (2017) izdanke te jedinice opisuje kao jako trošne i raspucane, a slojevitost je vidljiva kod usjeka ceste koja vodi prema Poklonu pri čemu se položaji slojeva uvelike razlikuju na malim udaljenostima.



Slika 3-7. Izdanak dolomitne breče neformalne litostratigrafske jedinice SIS na usjeku ceste (iz Matešić, 2017).

3.2.1.2. GORNJA KREDA ($K_2^{1,2}$, K_2^2 , $K_2^{2,3}$) – neformalne litostratigrafske jedinice Milna, Sv. Duh i Gornji Humac

Neformalna litostratigrafska jedinica Milna

Gornjokredne naslage ($K_2^{1,2}$) koje pripadaju neformalnoj litostratigrafskoj jedinici Milna čine vapnenci s prvim rudistima i hondrodontama na Ćićariji, pri čemu su rudisti na sjevernom i središnjem dijelu Učke rijetki (Slika 3-5). Spomenute naslage se pojavljuju kao vapnenci i dolomiti u izmjeni dok se u južnom dijelu Učke nalaze rekristalizirani vapnenci i slojeviti do masivni i brečasti vapnenci. Vapnenci s prvim rudistima (cenoman–turon) su najčešće sivi vapnenci s nepravilnim slojevima dolomita. Vapnenci su kalkareniti, biokalkareniti i kalcilutiti, dok je preostali dio dolomitiziran kalcilutit. U slojevima se često mogu pronaći boksitične primjese. Od fosilne zajednice pronađeni su *Cuneolina pavonia parva*, *Nezzazata simplex*, *Chrysalidina cf. gradata*, miliolide, ostrakodi, školjkaši *Chondrodonta joanae* i radiolitni rudisti. Slojeviti i masivni vapnenci zastupljeni su na istočnim padinama Učke, a mjestimično su prožeti brečastim vapnencima (Šikić et al., 1975). Debljina jedinice je od 60 do 370 m (Brčić, 2015).

Matešić (2017) je na terenu izdvojio dva litotipa takvih naslaga. Sivi do smeđi, dobroslojeviti madstoni bez fosila i vekstoni s floutstonima i bentičkim foraminiferama čine jedan litotip (Slika 3-8), a kao drugi litotip navodi svijetle i masivne rudistne vapnence. Prelec (2017) u svojem diplomskom radu opisuje kontakt jedinica Milna i Sveti Duh u jugoistočnom dijelu Ćićarije pri čemu Milna predstavlja jezgru antiklinale, pa s obzirom na izmjerene nagibe pretpostavlja da se radi o prebačenoj antiklinali.



Slika 3-8. Izdanak neformalne litostratigrafske jedinice Milna (točka BV-20 u blizini Male Učke, φ : 45,31; λ : 14,21).

Neformalna litostratigrafska jedinica Sv. Duh

Gusti i dobro slojeviti vapnenci neformalne litostratigrafske jedinice Sv. Duh (K_2^2) mogu se pronaći na Ćićariji oko Vodica i vrhova Sapan i Mocvilo, a vidljivi su i u Lovranskoj Dragi i pod Crkvenim vrhom (Slika 3-5). Na području Ćićarije navedena jedinica pojavljuje se kao sivi do smeđi vapnenci koji često sadrže veliku količinu bitumena. Slojevi s bitumenom mogu biti debeli do 3 m (Šikić & Polšak, 1975). Pretežno su to kalcilutiti, ali ima i kalkarenita u bazalnom vršnom dijelu. Od fosila su pronađeni *Thaumatoporella parvovesiculifera*, *Decastronema kotori*, *Dicyclina cf. schlumbergeri* i dr. Značajni su i rudisti roda *Hippurites*, *Radiolites cf.*

Iusitanicus, *Durania* sp. i dr. Na području Lovranske Drage i Crkvenog vrha prevladavaju sivi, bjeličasti krupnokristalinični dolomiti slabo izražene slojevitosti. Tektonski su poremećeni i često poprimaju brečasti izgled. Čistih dolomitnih stijena ima najviše i nalaze se kao lateralni facijes vapnenaca ili vapnenačko-dolomitnih slojeva čiji je postanak vezan za dolomitizaciju karbonatnog mulja tijekom dijageneze u lagunarnim uvjetima. Fosilni ostaci nisu pronađeni (Šikić & Polšak, 1975).

Vapnenci jedinice Sv. Duh, najčešće madstonskog i vekstonskog tipa, su homogeni i dobroslojeviti s debljinama slojeva od 20 do 100 cm te su mjestimično tektonizirani i rekristalizirani (Matešić, 2017). Na svježim presjecima vidljive su kalcisferulide, slojevi su mjestimice debeli do masivni (Slika 3-9), a ponegdje se pojavljuju crni bituminozni slojevi. Debljina naslaga iznosi oko 130 m (Prelec, 2017).



Slika 3-9. Slojeviti izdanak kalciferskog vapnenca neformalne litostratigrafske jedinice Sv. Duh (točka Cic-8 u blizini Županj vrha, ϕ : 45,39; λ : 14,15).

Neformalna litostratigrafska jedinica Gornji Humac

Sivi i smeđi dobro slojeviti, ponegdje i pločasti vapnenci neformalne litostratigrafske jedinice Gornji Humac ($K_2^{2,3}$) nalaze se na grebenu Učke i Crkvenom vrhu (Slika 3-5). To su svijetlosivi, bjeličasti ili smeđčkasti dobroslojeviti glinoviti vapnenci, a mjestimično mogu sadržavati i rožnjake. Sadrže i uloške bijelog do ružičastog kristaliničnog vapnenca. Ulošci mogu biti i konglomeratične stijene izrađene od valutica i fragmenata ljuštura i školjkaša. Na grebenu Učke pronađeni su *Gorjanovicia costata*, *Gorjanovicia lipparini*, *Medeella cf. tignana* te *Durania sp.* Spomenute naslage nalaze se i na obali rijeke Raše, u Labinskom bazenu, u okolici Labina te na Učki i Ćićariji. Naslage na obali rijeke Raše i Labinskog bazena pripadaju mlađem turonu i senonu, dok se za naslage na Učki i Ćićariji pretpostavlja da su senonske, a postoji mogućnost da dio pripada i turonu (Šikić & Polšak, 1975). Debljina prema OGK lista Labin iznosi od 200 do 500 m.

Na terenu su vidljivi i svijetli i masivni rekristalizirani vapnenci s manjim brojem ljušturica bentičkih foraminifera i nepravilnih fenestri milimetarskih dimenzija (Slika 3-10), a na površini se mogu uočiti česti presjeci rudista i rudistnog kršja (Matešić, 2017). Prelec (2017) navodi kako su izdanci jedinice Gornji Humac na terenu vrlo malih dimenzija, bez izražene slojevitosti i kako se pojavljuju točkasto na terenu, tj. „vireći iz tla“.



Slika 3-10. Baza neformalne litostratigrafske jedinice Gornji Humac (točka Cic7 u blizini Županj vrha, φ : 45,40; λ : 14,17).

3.2.2. PALEOGEN

3.2.2.1. PALEOCEN (Pg-Pc, Pc, E) – neformalna litostratigrafska jedinica Kozinske naslage

Stariji Kozinski vapnenci paleocenske starosti (Pg-Pc) su otkriveni na jugozapadnim rubovima Ćićarije, u Veloj Dragi i u okolici Klane (Slika 3-5). To su dobroslojeviti brakični i slatkovodni sivosmeđi do crni butominozni vapnenci s brojnim proslojcima svijetlih vapnenaca. Pripadaju biokalkarenitima i kalkarenitima. Pronađeni su oogoniji hara, *Kosmogyra*, *Rhapydionina liburnica*, miliolide, ljušturice ostrakoda i dr. Mlađe Kozinske naslage (Pg-Pc) su pretežno vezane uz paleodepresiju koja se prostire od Koromačna preko Labina do Potpićna (Slika 3-5), gdje su istaložene debele naslage vapnenaca s ugljenom. Debljine tih naslaga ne prelaze 150 m (Šikić & Polšak, 1973, 1975).

Paleocenske naslage (Pc, E) nalaze se između naselja Vela Učka i vrha Vojak (Slika 3-11). To su dobro slojeviti svijetlo-smeđi ili sivkasti foraminiferski vapnenci u kojima su utvrđene brojne miliolide te *Alveolina aramea* i *A. cf. minutula*. Također su zastupljeni i *Orbitolites complanatus* i školjka *Perna Istrica*. Naslage miliolidnih vapnenaca često su tanje

od dvadesetak metara, a taložene su u mlađem paleocenu i starijem eocenu. Miliolidni vapnenci dokaz su prelaska iz brakične u marinsku sredinu. (Šikić & Polšak, 1973, 1975).



Slika 3-11. Izdanak neformalne litostratigrafske jedinice Liburnijske naslage pri vrhu Vojak (iz Matešić, 2017).

3.2.2.2. EOCEN (E_1 , $E_{1,2}$, E_2 , $E_{2,3}$) – *neformalne litostratigrafske jedinice Foraminiferski vapnenci te Flišne naslage*

U eocenske naslage pripadaju alveolinski vapnenci (E_1), numulitni vapnenci ($E_{1,2}$), laporoviti vapnenci te vapnenački lapori s rakovicama i lapori i pješčenjaci s globigerinama (E_2) i flišolike naslage ($E_{2,3}$). Nalaze se sjeverno od vrha Vojaka i naselja Vela Učka te duž zapadne granice Parka prirode Učka (Slika 3-5).

Neformalna litostratigrafska jedinica Foraminiferski vapnenci

Alveolinski vapnenci (E_1) su slaboslojeviti, a sadrže ulomke foraminifera i raznih zaobljenih vapnenačkih zrna vezanih krupnokristaliničnim kalcitom. Trošenjem se raspadaju pločasto i crijepoliko. Osim alveolina pronađene su i miliolide, ježinci, puževi, školjkaši te ostaci vapnenačkih alga. Alveolinske naslage taložene su tijekom razdoblja sa subtropskom do tropskom klimom (Šikić & Polšak, 1975). Debljina im na jugoistočnom dijelu Čićarije ne prelazi 80 m (Prelec, 2017).

Numulitni vapnenci ($E_{1,2}$) slijede na alveolinskim vapnencima. Pretežno su smeđi, ali mogu biti i žućkasti ili sivi, a u slučaju da sadrže veću količinu glaukonita mogu poprimiti i zelenkastu boju. Numulitni vapnenci su homogeni i kompaktniji od slabo slojevitih alveolinskih naslaga. Sadržaj numulita u stijeni se postupno povećava dok ne postanu glavni sastojak. Osim numulita vapnenci sadrže i ježince, crve, puževe, školjkaše te alge roda *Lithothamnium*. Numulitni vapnenci označavaju prestanak vapnenačke sedimentacije u paleogenu (Šikić & Polšak, 1975), a debljina im iznosi do 80 m (Prelec, 2017).

Laporoviti vapnenci (E_2) taloženi su približno istodobno kad i foraminiferski vapnenci. Na području Parka nalaze se na zapadnoj granici uz foraminiferske vapnence. Sadrže veliki broj zrnaca glaukonita koja im daju zelenkastu boju odnosno sivu kod trošnih naslaga. Pretežno su škrljavi, ali mogu sadržavati i gomoljaste slojeve. Nalaze se i slojevi s rakovicama u uskim zonama uz numulitne vapnence. Slojevi s rakovicama su izuzetno bogati fosilima kao što su numuliti, asiline, globigerine, globorotalije i lagenide. Slojevi s rakovicama su paleookolišno važni, jer upućuju na naglo produbljivanje paleogenskog bazena, tako da predstavljaju prijelazne naslage od vapnenaca prema laporima (Šikić & Polšak, 1975).

Matešić (2017) je naveo kako su debljine slojeva Foraminiferskih vapnenaca na terenu između 20 i 60 m i da su to najčešće floutstoni izgrađeni od krupnih foraminifera pri čemu su najčešće zastupljene alveoline i numuliti, te nešto rjeđe miliolide (Slika 3-12).



Slika 3-12. Slojeviti izdanak neformalne litostratigrafske jedinice Foraminiferski vapnenci (točka Cic5 u blizini Županj vrha, φ : 45,40; λ : 14,18).

Neformalna litostratigrafska jedinica Flišne naslage

Flišne naslage ($E_{2,3}$) predstavljene su vrlo raznovrsnim litotipovima kao što su lapori, pješčenjaci sa slojevima konglomerata, breče, numulitne breče i vapnenci koji se izmjenjuju vertikalno i lateralno. Takve naslage bogate su foraminiferama, a mjestimično i makrofaunom. Lapori sadrže ostatke foraminifera i alga, te zrna minerala kvarca, sericita, plagioklasa, muskovita, biotita, klorita i pirita. Pješčenjaci su pretežno kvarc-kalkarenitni, ali mogu biti i laporoviti. Vapnenci pripadaju biokalkarenitima i često sadrže gusto pakirane bentičke foraminifere i ulomke alga (Šikić & Polšak, 1975). Debljina lapora s globigerinama je od 200 do 700 m (Prelec, 2017).

Zelenkastožuti do sivi lapori u izmjeni s pretaloženim bentičkim foraminiferama na terenu prekrivaju razmjerno velike površine, pri čemu se debljine paketa kreću do 8 m (Matešić, 2017). Naslage značajnih debljina se često nalaze u brojnim vododerinama (Slika 3-13), usjecima te zasjecima uz makadamske puteve, a na zaravnjenim terenima su prekrivene kvartarnim sedimentom i nisu izložene na površini (Prelec, 2017).



Slika 3-13. Izdanak lapora prijelaznih naslaga na području Močila (iz Prelec, 2017).

3.2.3. KVARTAR

Kvartarne naslage predstavljene su siparima, slabo litificiranim siparišnim brečama s crvenkastim okršenim vezivom (Slika 3-14) te siparima pomiješanim sa zemljom (Šikić & Polšak, 1973, 1975; Matešić, 2017). Navedeni autori su opisali i nelitificirane sipare podno vršnih litica Učke gdje je nagib terena postao dovoljno blag da se rastresiti stijenski materijal zadrži. Klasti u siparima pripadaju krednim i paleogenskim vapnencima, pri čemu veličina zrna varira od centimetarskih dimenzija do metarskih blokova. Prema Šikić & Polšak (1973, 1975) kvartarne naslage dominantno predstavljaju kao siparišno kršje i siparišne breče. Siparišno kršje čine nevezani fragmenti foraminiferskih i rudistnih vapnenaca različitih oblika, dok siparišne breče čini siparišno kršje povezano kalcitičnim cementom uslijed cirkulacije vode obogaćene s otopljenim CaCO_3 . Debljine kvartarnih naslaga nisu jasno definirane, međutim prema OGK tumaču te terenskim istraživanjima u okviru izrade diplomskog rada lokalno mogu biti u rasponu od 50 cm do desetak metara. Najdeblji sljedovi se nalaze neposredno na prijelazu iz krednih u paleogenske naslage gdje često postoji i morfološka stepenica u reljefu. Deblji sljedovi kvartarnih naslaga nalaze se i u kanjonu Vele drage kao i u Boljunskom i Čepićkom polju (Slika 3-5)



Slika 3-14. Slabo litificirana siparišna breča podno vršnih litica Učke (iz Matešić, 2017).

4. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Prilikom izrade diplomskog rada u inicijalnoj fazi proučena je dostupna literatura na temelju koje je kroz Poglavlje 3 opisana geološka osnova šireg područja istraživanja, a koja uključuje i tektonsku evoluciju istarskog poluotoka te definiranje stratigrafskih i sedimentoloških značajki neformalnih litostratigrafskih jedinica. U drugoj fazi geološka istraživanja obuhvaćala su prikupljanje strukturnih i stratigrafskih podataka u sklopu rada na projektu „Učka 360°“. Prikupljeni stratigrafski i strukturni podaci organizirani su u GIS bazi podataka koja je sadržavala i topografske, ortofoto i geološke podloge (Slika 4-2). Pregledom OGK listova Ilirska Bistrica (Šikić et al., 1973) i Labin (Šikić et al., 1969), temeljem rezultata geološkog kartiranja provedenog u okviru diplomskih radova Matešića (2017) i Preleca (2017) te prikupljenih geoloških podataka u okviru projekta „Učka 360°“ izrađena je kompozitna geološka karta šireg područja istraživanja s izdvojenim neformalnim litostratigrafskim jedinicama te naznačenim trasama konstruiranih geoloških profila (Slika 3-5). S obzirom na listove OGK Labin i Ilirska Bistrica načinjen je i generalni geološki stup naslaga na području Parka prirode Učka (Slika 3-6). Pomoću kompozitne geološke karte i geološkog stupa konstruirano je pet profila približno poprečnih na pružanje struktura unutar PP Učka (1–1`– 5–5` ; Slika 3-5) i jedan uzdužni profil (6–6`). Konstruirani geološki profili naknadno su iskorišteni

za izradu preliminarnog trodimenzionalnog strukturno-geološkog modela šireg područja istraživanja u softveru Move Midland Valley. Na temelju točkastih podataka o nadmorskim visinama u sklopu diplomskog rada izrađen je i digitalni i osječani model reljefa šireg područja Učke koji se može koristiti u 3D vizualizaciji konstruiranih geoloških profila.

4.1. TERENSKA ISTRAŽIVANJA

Terenska istraživanja provedena su u sklopu znanstveno-stručnog projekta „Učka 360°“ čiji je naručitelj Park prirode Učka, a izvršitelj Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Voditelj projekta prof. dr. sc. Igor Vlahović i suradnici doc. dr. sc. Bojan Matoš i doc. dr. sc. Uroš Barudžija u razdoblju od studenog 2018. do svibnja 2020. godine proveli su niz strukturno-stratigrafskih istraživanja pri čemu su prikupili veliku količinu podataka o strukturnim, litološkim i stratigrafskim odnosima na širem području istraživanja (Slika 4-1). Za vrijeme terenskih istraživanja zabilježeno je 460 točaka opažanja koje su pomoću softvera *Avenza PDF Maps* (na *Apple iPad* sustavu) digitalizirane i foto dokumentirane. Za svaku terensku točku definirane su geografske koordinate i terenski opisi lokacija, te je prikupljena odgovarajuća fotodokumentacija.

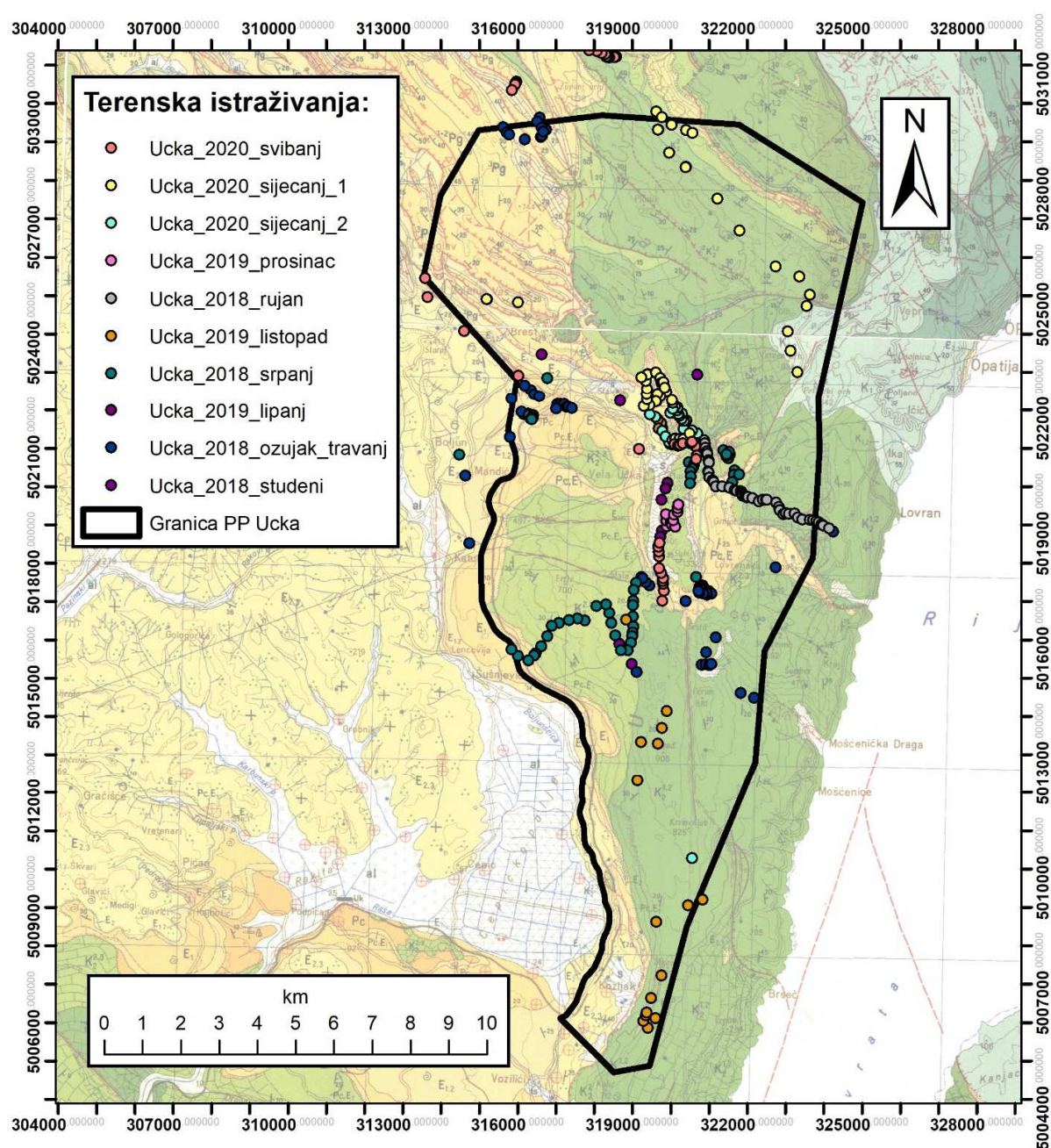


Slika 4-1. Terenska istraživanja na području Učke. A: Geometrija antiklinale Učke s navlakom Učke, vidljiv kanjon Vela draga u antikalinalnoj strukturi Učke; B: Plitkovodni slijed turonskih karbonatnih naslaga (Gornji Humac formacija) na južnom obodu antiklinale Učke; C: Pogled na Pazinski bazen prema jugu s vrha Vojak; D: Slijed karbonatnih naslaga jedinice Gornji Humac bogat fosilima rudista i dekastronema u izmjeni s kalciferskim vapnencima na putu za vrh Vojak – južni obodi antiklinale Učke; E: Normalno krilo bore sa sigmoidalnim strukturama u krovini i imbriciranim reversnim rasjedima mjerenim na području Čičarije u blizini Bresta pod Učkom. Fotografije su prikupljene tijekom svibnja 2020. godine.

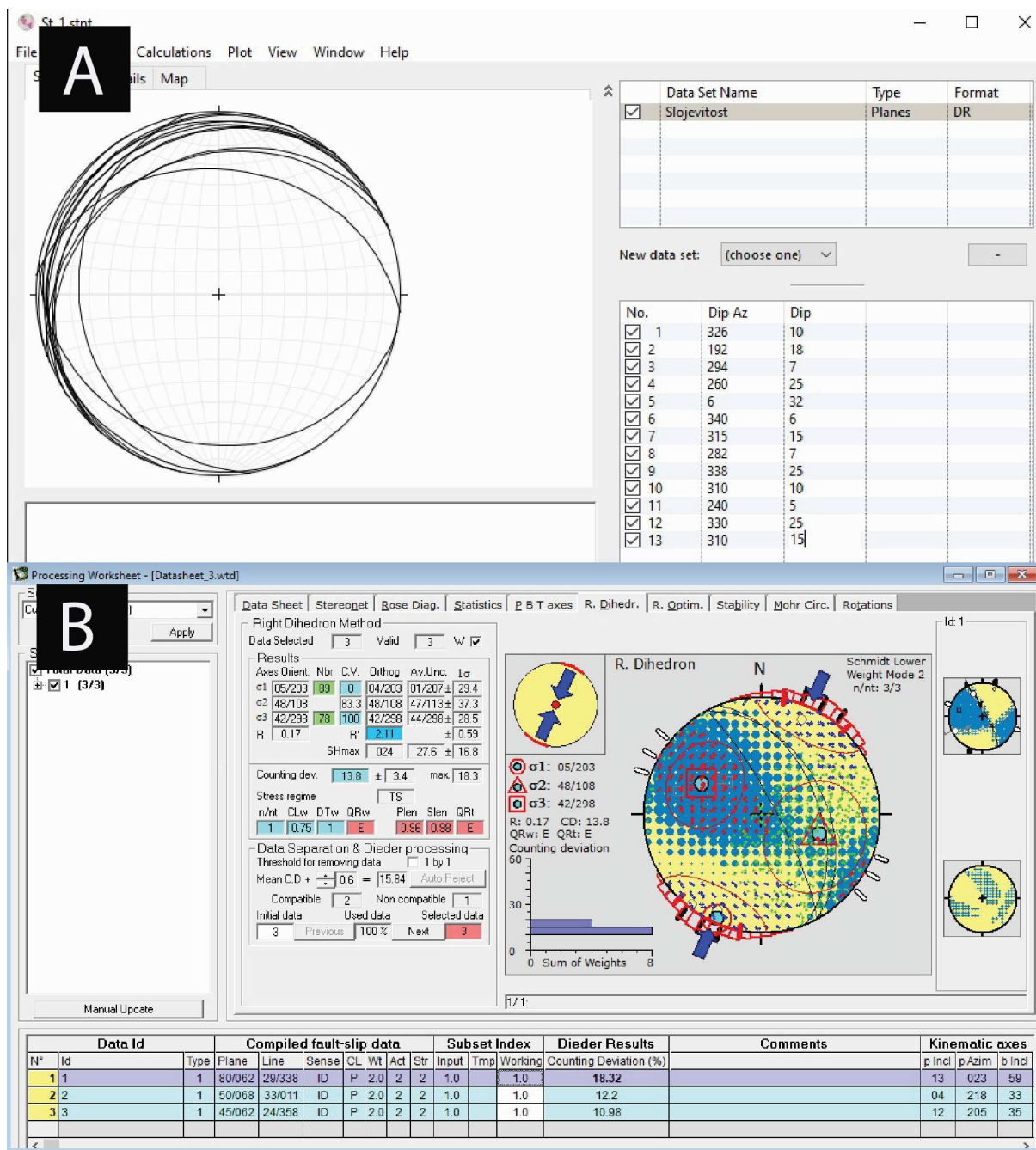
4.1.1. STRUKTURNA MJERENJA NA PODRUČJU PP UČKA

Tijekom strukturno-geoloških istraživanja prikupljeni su podaci o orijentaciji slojeva, a na nekim točkama opažanja i podaci o orijentaciji rasjednih ploha s ili bez orijentacije strija u odredbu karaktera pomaka po rasjedima. Na području istraživanja (Slika 4-2) ukupan broj izmjerenih podataka slojevitosti bio je 55, dok su rasjedi izmjereni na 17 točaka opažanja. Na temelju prikupljenih podataka slojevitosti određivana je njihova prosječna orijentacija pomoću *Stereonet* softvera, a provedena je i strukturna kinematska analiza i proračun orijentacije glavnih osi paleonaprezanja rasjeda/smičnih pukotina. Podaci su prikupljeni u stijenama kredne i paleogenske starosti, uglavnom vapnencima. Pomoću programa *Stereonet 10* (Allmendinger,

2019) izrađeni su stereogrami orijentacije slojevitosti te su određene orijentacije osi boranih struktura (Slika 4-3 A). Proračun glavnih vektora režima naprezanja, odnosno polja paleonaprezanja za izdvojene skupine rasjeda, izrađen je pomoću programskog paketa *Wintensor* (Delvaux, 2012) (Slika 4-3 B).



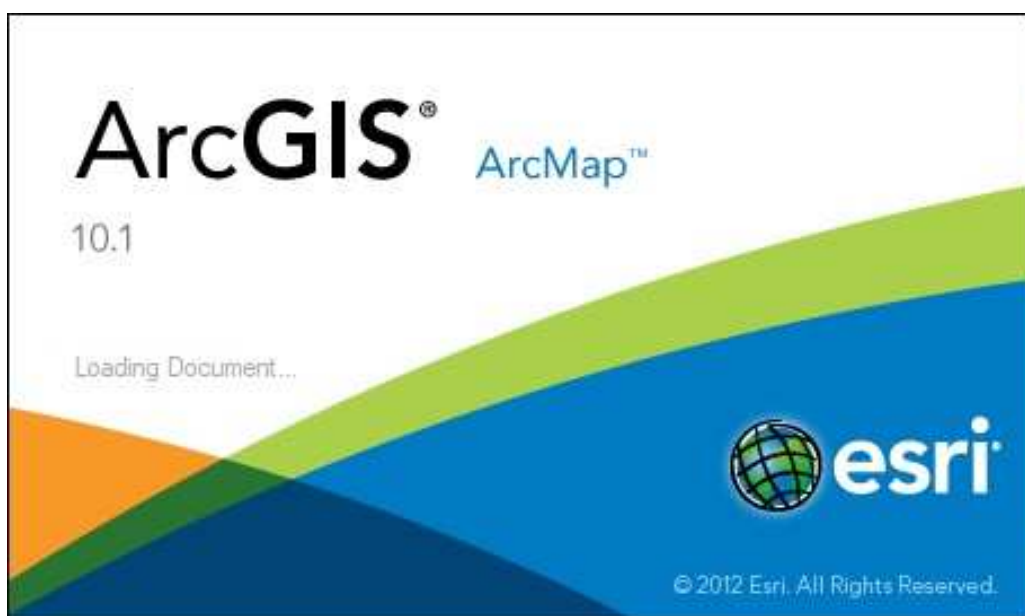
Slika 4-2. Karta s prikazom lokacija istraživanih terenskih točaka u sklopu projekta „Učka360“.



Slika 4-3. A: Određivanje orijentacije slojevitosti i proračun orijentacije osi boranih struktura pomoću programa *Stereonet 10* (Allmendinger, 2019); B: Određivanje orijentacije glavnih osi paleonaprezanja *Right dihedron* metodom pomoću programa *WinTensor* (Delvaux, 2012).

4.2. IZRADA GIS BAZE PODATAKA

Za jednostavniji pregled i daljnju strukturnu i prostornu analizu podataka u okviru rada je izrađena GIS baza (Slika 4-2) podataka pomoću softvera *ESRI ArcMap 10.1* (Slika 4-4). Podaci dobiveni terenskim istraživanjima organizirani su u tablicama pomoću programa *Excel* te su u programu *ArcMap 10.1* korišteni za izradu *shapefile*-ova, pri čemu je svakoj terenskoj točki dodijeljena točkasta tema i naziv točke istraživanja. Unutar *shapefile*-a nalazi se atributna tablica koja sadrži naziv, koordinate, te terenski opis svake pojedine točke istraživanja. Terenske točke koje spadaju u jedan termin terenskog istraživanja prikazane su najčešće istim bojama, pri čemu je svaka definirana svojim nazivom. U georeferenciranju terenskih točaka korišten je referentni koordinatni sustav *MGI Balkans 5*.

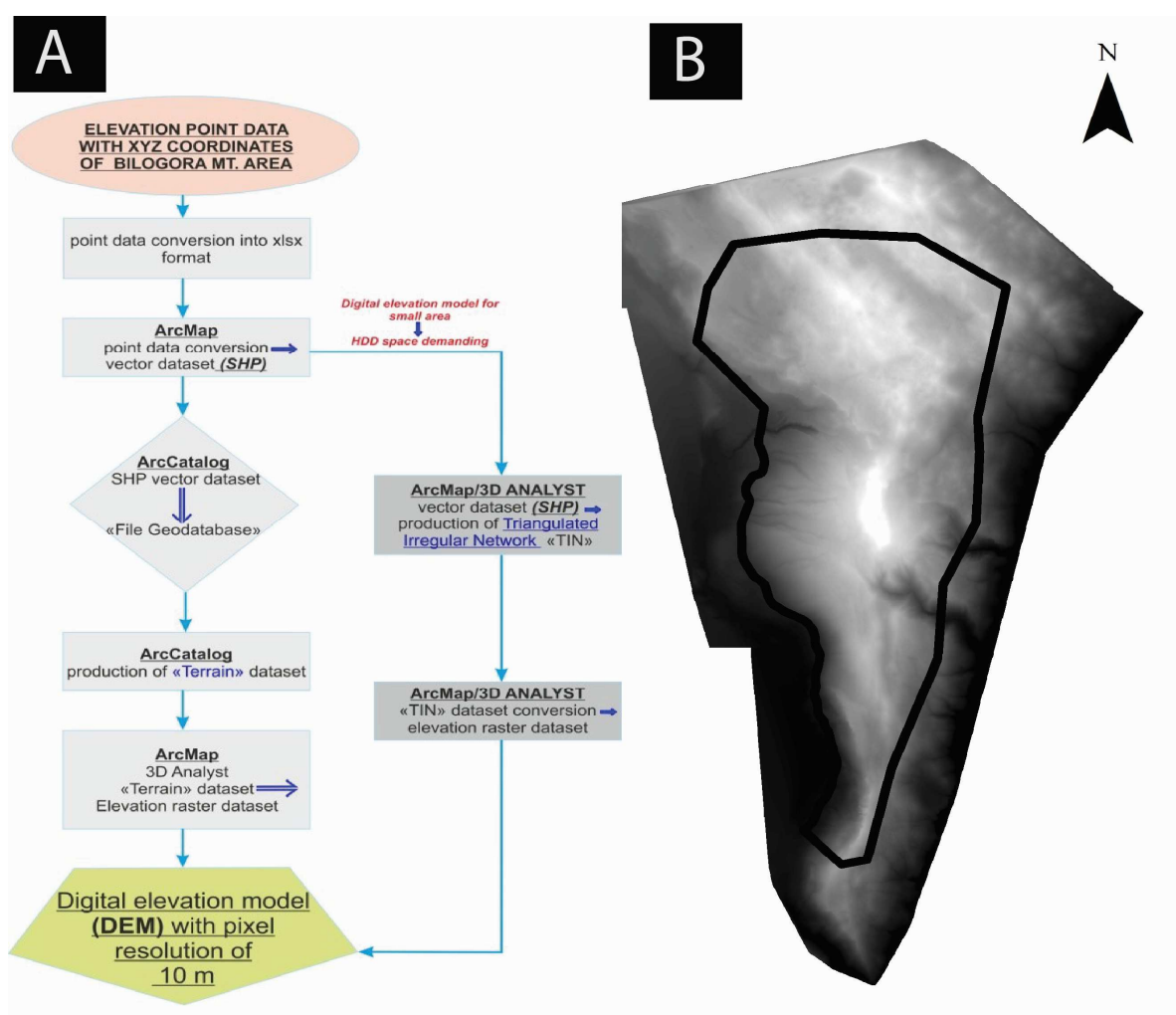


Slika 4-4. Softver *ESRI ArcMap 10.1* korišten za izradu GIS baze podataka.

4.2.1. IZRADA DIGITALNOG MODELA RELJEFA

Za izradu digitalnog modela reljefa (DEM) korišten je računalni program *ESRI ArcMap 10.1*. Kao ulazni podaci za izradu DEM-a korištene su točke nadmorskih visina s pridruženim XYZ koordinatama u referentnom koordinatnom sustavu *MGI Balkans 5*. Točke nadmorskih visina su najčešće ekstrapolirane fotogrametrijskim metodama iz ortofoto snimaka načinjenih iz zraka

(Matoš, 2014), dok se u novije vrijeme „oblak točaka“ prikuplja snimanjem pomoću kamera s GPS sustavima postavljenim na autonomne letjelice, tzv. dronove. Izrada DEM-a u ovom radu obuhvaćala je ukupno 13,232.551 točku koje su organizirane u nekoliko *Excel* datoteka, a koje su bile preduvjet za izradu točkastih *shapefile*-ova. Tako dobiveni *shapefile*-ovi korišteni su u podsustavu ArcCatalog za izradu rastera digitalnog modela reljefa 10 m rezolucije pomoću „*File Geodatabase*“ baze podataka, odnosno pomoću „*Terrain*“ opcije i njene konverzije u rasterski podatak, odnosno DEM. Način izrade digitalnog modela reljefa prikazan je u pojednostavljenom dijagramu toka (Slika 4-5).



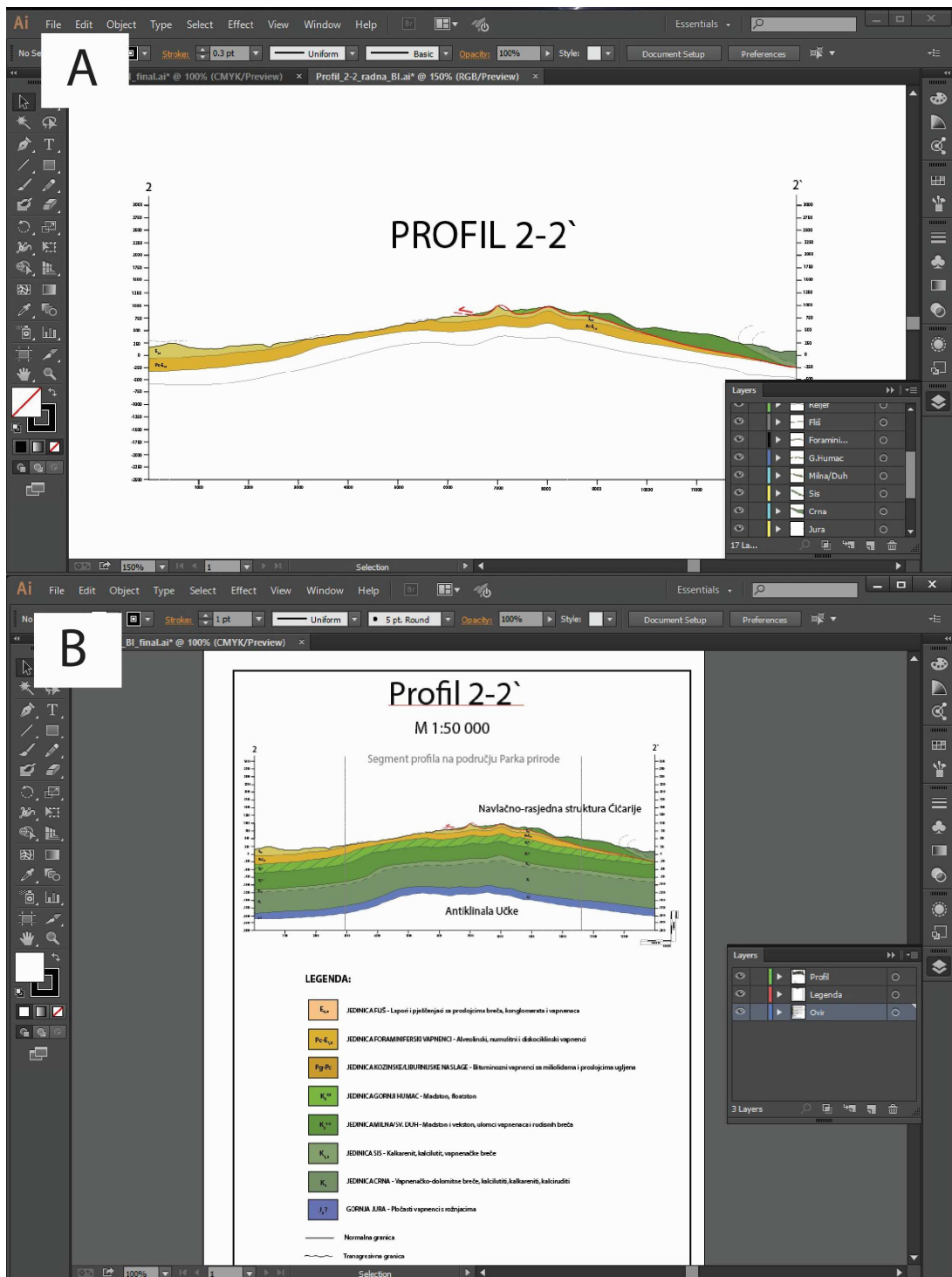
Slika 4-5. A: Dijagram toka koji prikazuje pripremu rastera za izradu digitalnog modela reljefa na primjeru područja Bilogore (Matoš, 2014). Istovjetan model pripreme i izrade digitalnog modela je korišten i u ovome radu; B: Digitalni model reljefa šireg područja istraživanja izrađen pomoću „*Terrain*“ opcije podsustava *ArcCatalog* dostupnog unutar softvera *ESRI ArcMap 10.1*.

4.3. IZRADA KOMPOZITNE GEOLOŠKE KARTE

Pregledom OGK listova Ilirska Bistrica (Šikić et al., 1973) i Labin (Šikić et al., 1969) te na temelju rezultata geološkog kartiranja provedenog u okviru diplomskih radova Matešića (2017) i Preleca (2017) kao i strukturno-stratigrafskih podataka prikupljenih u okviru projekta „Učka 360°“ određena je metodologija za izradu kompozitne geološke karte šireg područja istraživanja. U skladu s time, izrada kompozitne geološke karte podrazumijevala je definiranje površinskog prostiranja neformalnih litostratigrafskih jedinica Crna, Sis, Sv. Duh/Milna, Gornji Humac, Kozinske naslage, Foraminiferski vapnenci te Flišne naslage (vidi Slika 3-5). Svakoj jedinici dodijeljena je reprezentativna boja, primarni kontakti između jedinica naznačeni su kao normalne ili transgresivne granice, definirani su pripadajući strukturni elementi, kao i rasjedni kontakti koji uključuju normalne i reversne rasjede. Na kompozitnu geološku kartu dodan je *Gauss–Krüger* koordinatni sustav (*MGI Balkans 5*), trase konstruiranih geoloških profila te tumač neformalnih litostratigrafskih jedinica i strukturnih elemenata. Geološka karta izrađena je u mjerilu 1:100.000, a kao podloga karte korištena je topografska karta mjerila 1:25.000 koja je prilagođena odgovarajućem mjerilu. Za izradu kompozitne geološke karte korišten je računalni program *Adobe Illustrator CC 2014* (Slika 4-6).

4.4. IZRADA GEOLOŠKIH PROFILA

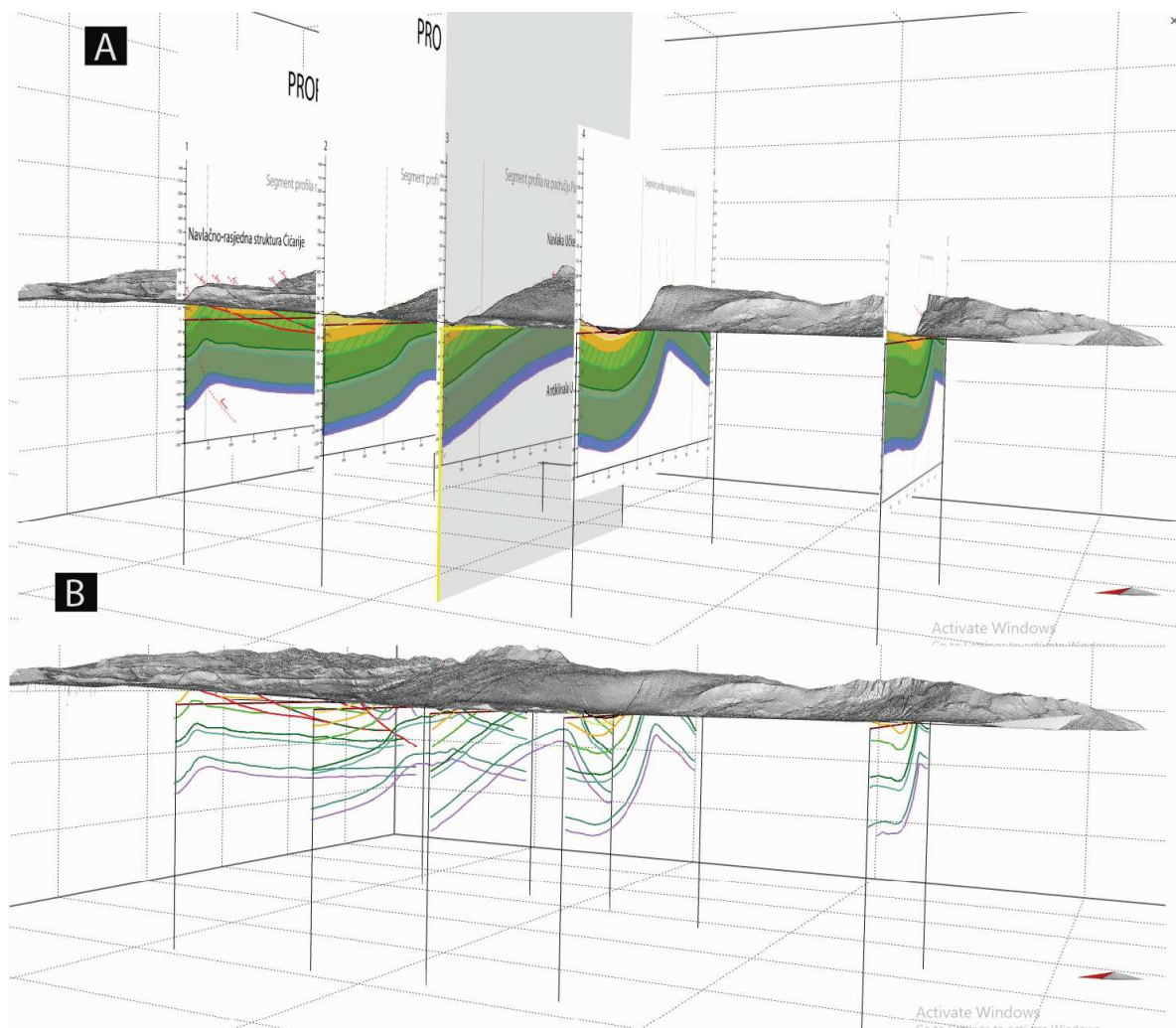
Za izradu geoloških profila korišteni su prethodno konstruirana kompozitna geološka karta i prikupljeni terenski strukturno-stratigrafski podaci, a za kontrolu su korištene izvorne OGK listova Ilirska Bistrica (Šikić et al., 1973) i Labin (Šikić et al., 1969). Konstruirano je ukupno šest referentnih geoloških profila od kojih su profili 1–1` do 5–5` približno poprečni na pružanje strukture Učke dok je profil 6–6` postavljen uzdužno pružanju strukture Učke (Slika 3-5). Boje i simbologija na profilima odgovaraju onima na konstruiranoj geološkoj karti, a prikazani su na tumaču uz svaki pojedini profil. Za strukture čija pružanja nisu bila poprečna na pružanje trasa profila proračunati su prividni kutovi nagiba uzimajući pripadajuće kutne odnose koje zatvara pružanje trase profila s pružanjem slojeva odnosno rasjeda. Debljine neformalnih litostratigrafskih jedinica definirane su na temelju pripadajućih tumača Šikić & Polšak (1973, 1975). Za izradu geoloških profila korišten je računalni program *Adobe Illustrator CC 2014* (Slika 4-7).



Slika 4-7. Postupak izrade geoloških profila pomoću programa *Adobe Illustrator CC 2014*. A: Izrada okvira profila u mjerilu i definiranje slojeva za izradu pojedinih djelova profila te iscrtavanje topografije reljefa, geoloških granica, odnosno slojeva i rasjeda. B: Konstrukcija strukturalno-stratigrafskih odnosa jedinica u dubini te izrada okvira i tumača profila.

4.5. IZRADA STRUKTURNO-GEOLOŠKOG MODELA ŠIREG PODRUČJA PARKA PRIRODE UČKA

S ciljem boljeg razumjevanja tektonske evolucije šireg područja Parka prirode Učka te prikaza geološke građe konstruiran je 3D strukturni model istraživanog područja. Kao podloga za izradu modela korišteni su konstruirani geološki profili, georeferencirana geološka karta te digitalni model reljefa (DEM) (Slika 4-8). Međusobnim preklapanjem ulaznih podataka moguće je definirati rasprostiranje neformalnih litostratigrafskih jedinica i strukturnih odnosa. Za izradu strukturno-geološkog modela korišten je program „Move“ (Midland Valley).



Slika 4-8. A: Unos geoloških profila, georeferencirane geološke karte i digitalnog modela reljefa u program „Move“; B: Digitalizacija prethodno napravljenih profila.

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Na temelju strukturno-stratigrafskih podataka prikupljenih tijekom terenskih istraživanja napravljena je podjela područja istraživanja na šest poligona pri čemu su za svaki poligon, s obzirom na mjerene slojevitosti, izrađene stereografske projekcije orijentacije slojevitosti te je određena i orijentacija osi boranih struktura pomoću računalnog programa *Stereonet 10* (Allmendinger, 2019).

S obzirom na podatke mjerene za rasjede pomoću računalnog programa *WinTensor* (Delvaux, 2012) je na osam izdvojenih lokacija napravljen proračun orijentacije glavnih osi polja naprezanja.

U daljnjem tijeku rada konstruirano je ukupno šest geoloških profila koji su u završnoj fazi izrade ovog diplomskog rada korišteni kao podloga za izradu pojednostavljenog 3D geološkog modela šireg područja istraživanja. U tu svrhu korišten je programski paket *Move* (*Midland Valley*).

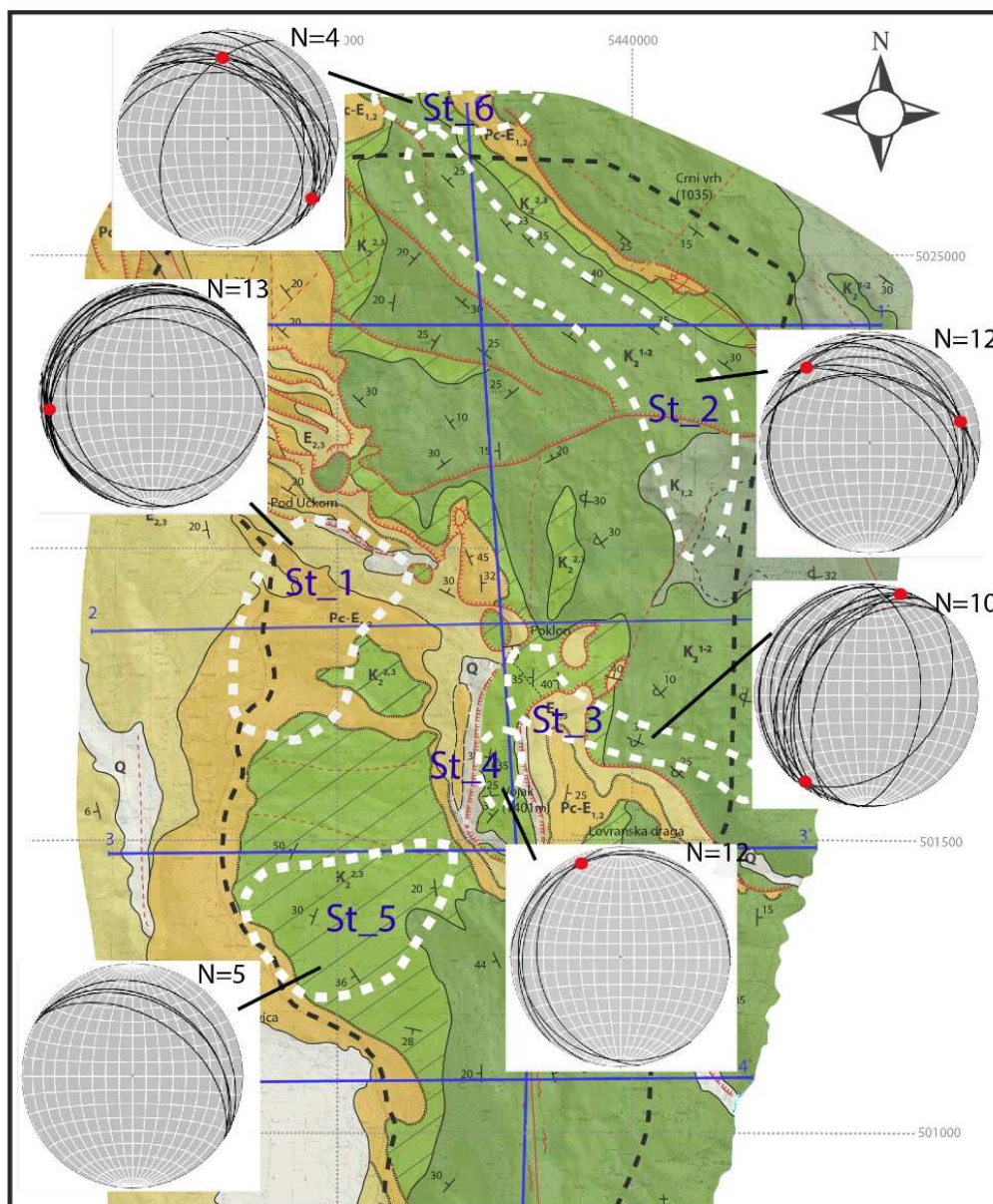
5.1. STRUKTURNA MJERENJA

Slojevitost kao primarno obilježje sedimentnih stijena često pruža ključne informacije potrebne za rekonstrukciju geološke građe nekog područja. Na temelju slojevitosti odnosno strukturno-teksturnih obilježja također se dobivaju i informacije o mehanizmu i uvjetima taloženja. Čest je slučaj da su stijene izrazito tektonski poremećene pri čemu je teško definirati slojevitost. Istodobno, ako su u stijenama uočene sekundarne deformacijske strukture, odnosno borane i rasjedne strukture moguće je dobiti i informacije o naprezanjima i paleonaprezanjima unutar toga dijela Zemljine kore.

Rasjedi nastaju kao posljedica djelovanja diferencijalnog naprezanja u Zemljinoj kori pri čemu dolazi do premašivanja posmične čvrstoće stijena i njihovog sloma, a kao rezultat je vidljiva translacija stijenskih blokova koje nazivamo rasjednim krilima. Rasjedi predstavljaju pouzdane indikatore polja paleonaprezanja.

5.1.1. ORIJENTACIJA SLOJEVITOSTI

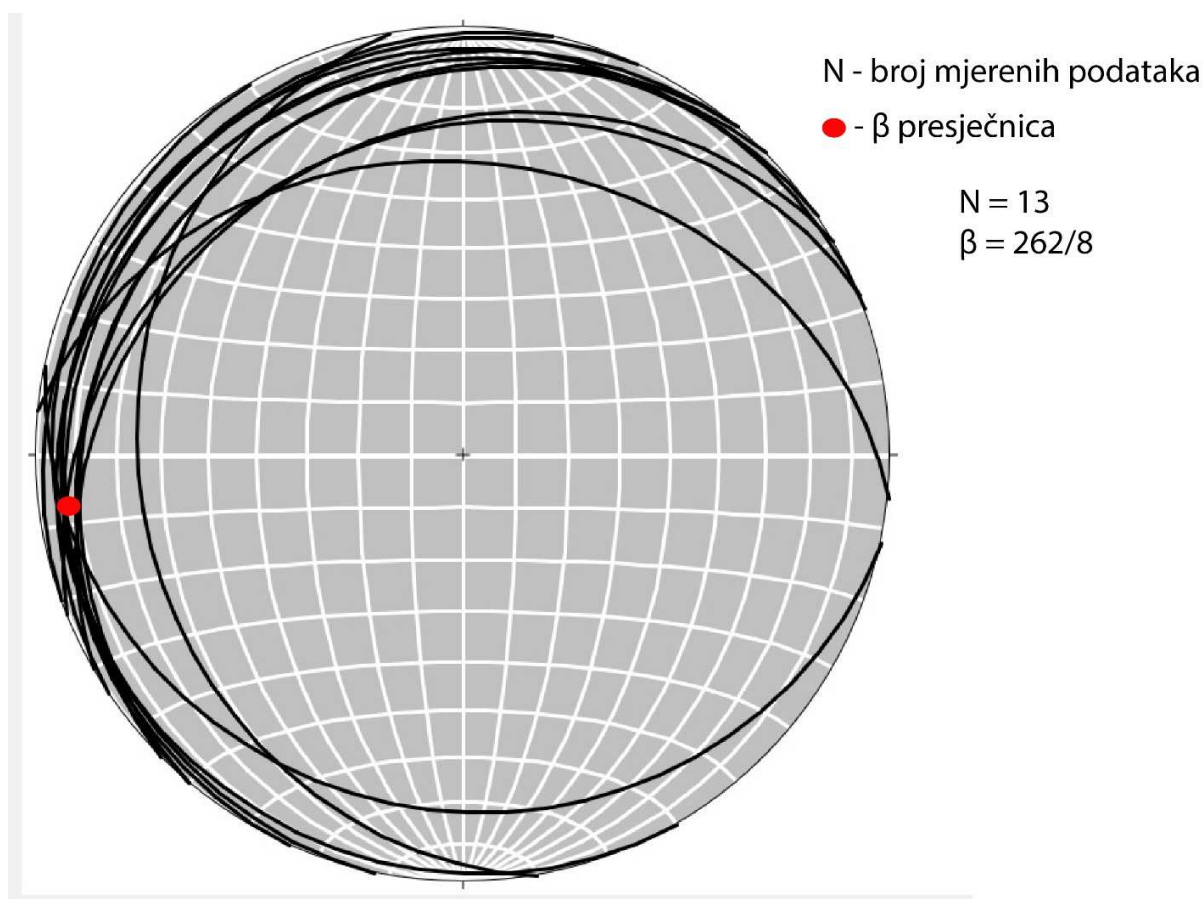
Na području istraživanja slojevitost je zabilježena uglavnom u vapnencima kredne i paleogenske starosti. Ukupan broj izmjerenih podataka slojevitosti bio je 56. Izmjereni položaji slojeva s obzirom na strukturne domene istraživanog područja nalaze se u šest izdvojenih poligona St_1–St_6 (Slika 5-1).



Slika 5-1. Karta šireg područja istraživanja s označenim poligonima u kojima su mjerene slojevitosti. Na stereogramima su prikazane orijentacije mjerenih slojnih površina te su označene osi bora.

5.1.1.1 REZULTATI STRUKTURNIH MJERENJA NA PODRUČJU POLIGONA St_1

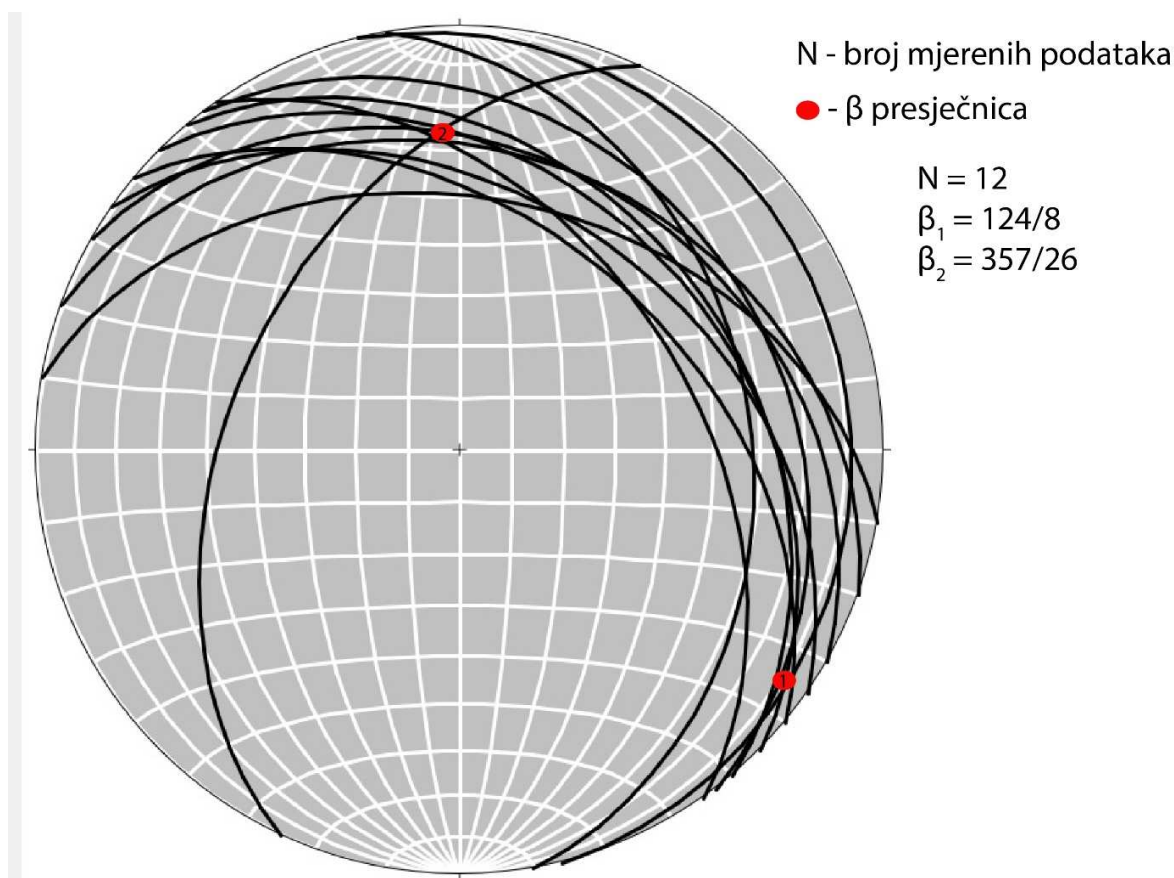
Na području poligona St_1 prevladavaju naslage paleogenske starosti i to neformalnih litostratigrafskih jedinica Foraminiferski vapnenci i Flišne naslage. Polygon se nalazi između Vele Učke i Bresta pod Učkom (Slika 5-1). Položaji slojevitosti su izmjereni na ukupno 13 točaka opažanja te je s obzirom na orijentaciju određena os boranih struktura. Iz mjerenih podataka može se zaključiti kako su slojevi većinom nagnuti prema sjeverozapadu (prosječno prema azimutu 305°) uz male kutove nagiba, prosječno oko 15° (Slika 5-2). Proračunata os bore ukazuje na boranu strukturu subhorizontalne orijentacije koja blago tone prema zapadu (262°) pod kutom od 8° .



Slika 5-2. Orijentacija mjerenih slojnih površina na području poligona St_1. Na stereogramu su prikazane slojevitosti s tragovima ravnina dok je prosječna os bore naznačena polom (crvena oznaka).

5.1.1.2. REZULTATI STRUKTURNIH MJERENJA NA PODRUČJU POLIGONA St_2

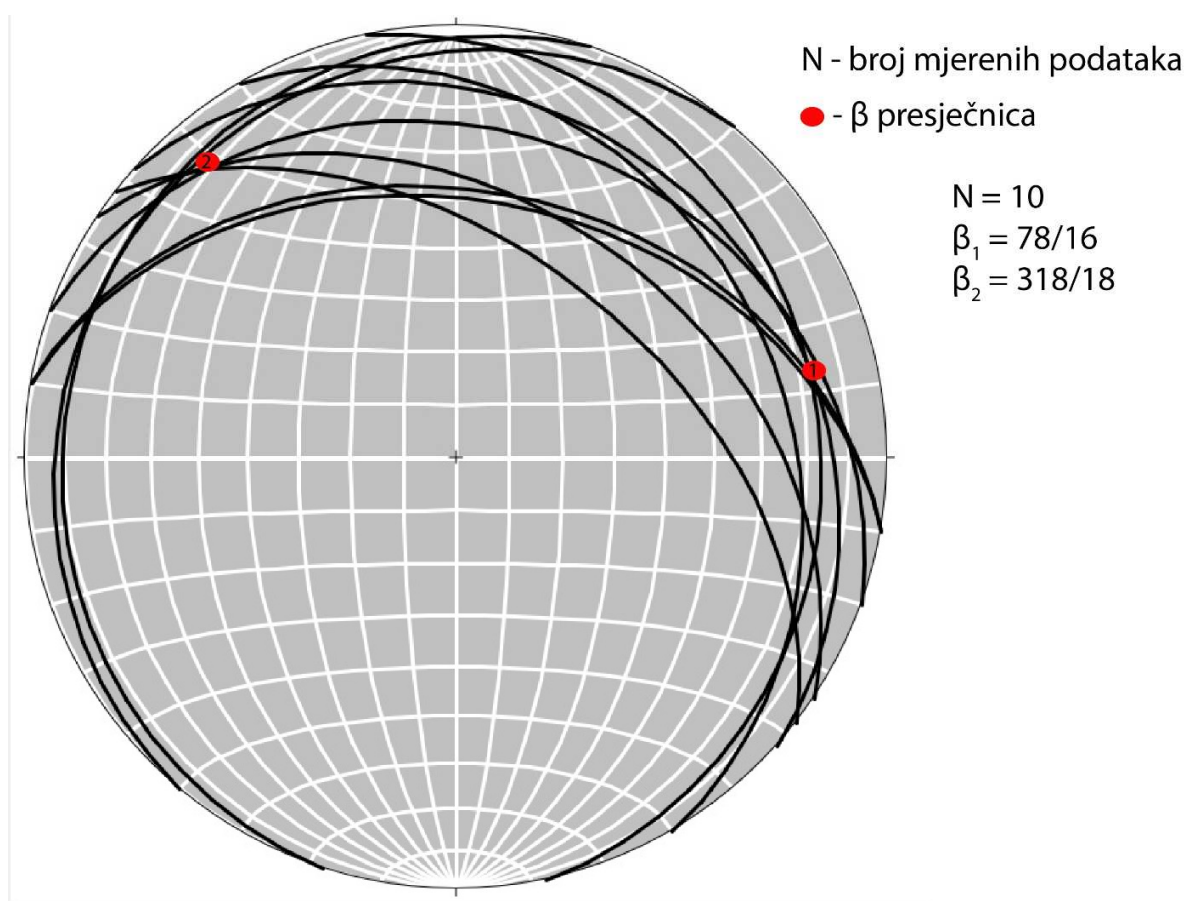
Poligon St_2 je većinskim dijelom smješten u naslagama neformalnih litostratigrafskih jedinica Sv. Duh/Milna, dok prema jugu navedena jedinica prelazi u neformalnu litostratigrafsku jedinicu Sis (Slika 5-1). Istraživani poligon se pruža od Ćićarije na sjeveru prema Opatiji na jugoistoku. Slojevitosti su izmjerene na ukupno 12 točaka opažanja te su pritom određene dvije orijentacije osi bora. Iz mjerenih podataka može se zaključiti kako su slojevi većinom nagnuti prema sjeveroistoku (prosječno 51°) uz umjerene kutove nagiba, prosječno oko 30° (Slika 5-3). Osi bore prikazuju kako borane strukture blago tonu prema jugoistoku ($124/8$) dok one koje tonu prema sjeveru (357°) tonu pod nešto većim kutom nagiba (26°).



Slika 5-3. Orijentacija mjerenih slojnih površina na području poligona St_2. Na stereogramu su prikazane slojevitosti s tragovima ravnina dok su prosječne osi bora naznačene polovima (crvena oznaka).

5.1.2.3. REZULTATI STRUKTURNIH MJERENJA NA PODRUČJU POLIGONA St_3

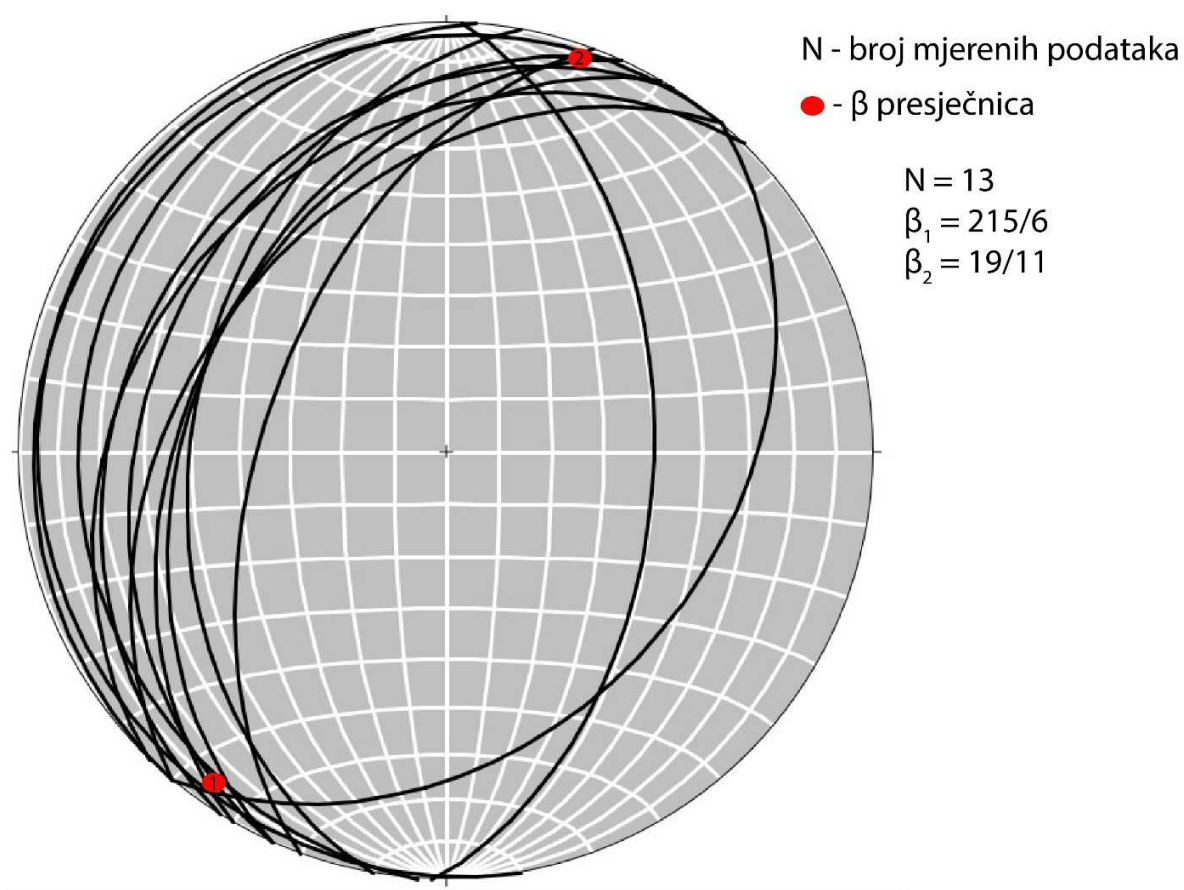
Poligon St_3 prekriva područje izgrađeno od naslaga neformalnih litostratigrafskih jedinica Gornji Humac i Sv. Duh/Milna, te manjim dijelom od naslaga fliša. Poligon je smješten u središnjem dijelu PP Učka između prijevoja Poklon i Lovrana (Slika 5-1). Slojevitost je izmjerena na ukupno 10 točaka opažanja pri čemu su izmjerene i dvije prosječne orijentacije osi bora. Iz mjerenih podataka može se zaključiti kako su slojevi većinom nagnuti prema sjeveroistoku (48°) s rasponom kutova nagiba od 15 do 40° (Slika 5-4). Osi bora prikazuju kako borane strukture umjereno tonu prema istoku (78/16) i sjeverozapadu (317/18).



Slika 5-4. Orijentacija mjerenih slojnih površina na području poligona St_3. Na stereogramu su prikazane slojevitosti s tragovima ravnina dok su prosječne osi bora naznačene polovima (crvena oznaka).

5.1.2.4. REZULTATI STRUKTURNIH MJERENJA NA PODRUČJU POLIGONA St_4

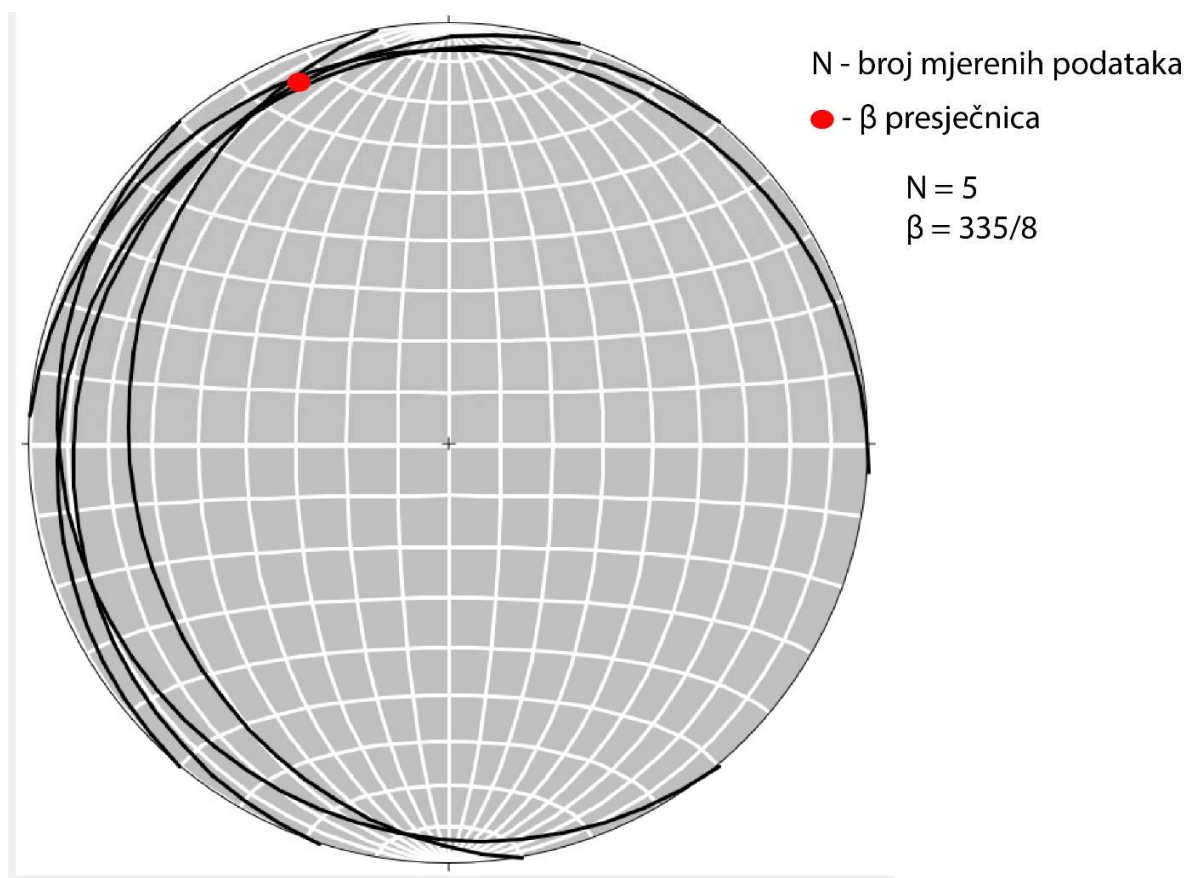
Područje istraživanja koje obuhvaća poligon St_4 prekriveno je najstarijim naslagama neformalne litostratigrafske jedinice Gornji Humac. Poligon obuhvaća strukturu navlake Učke u neposrednoj blizini najvišeg vrha Vojak (Slika 5-1). Slojevitosti su izmjerene na ukupno 12 točaka opažanja pri čemu su određene i orijentacije osi boranih struktura. Iz mjerenih podataka može se zaključiti kako su slojevi većinom nagnuti prema sjeverozapadu (300°) s rasponom kutova nagiba od 5 do 50° (Slika 5-5). Osi proračunatih boranih struktura ukazuju kako borane strukture blago tonu prema jugozapadu ($215/6$) i sjeveroistoku ($19/11$).



Slika 5-5. Orijentacija mjerenih slojnih površina na području poligona St_4. Na stereogramu su prikazane slojevitosti s tragovima ravnina dok je os bore naznačena polom (crvena oznaka).

5.1.2.5. REZULTATI STRUKTURNIH MJERENJA NA PODRUČJU POLIGONA St_5

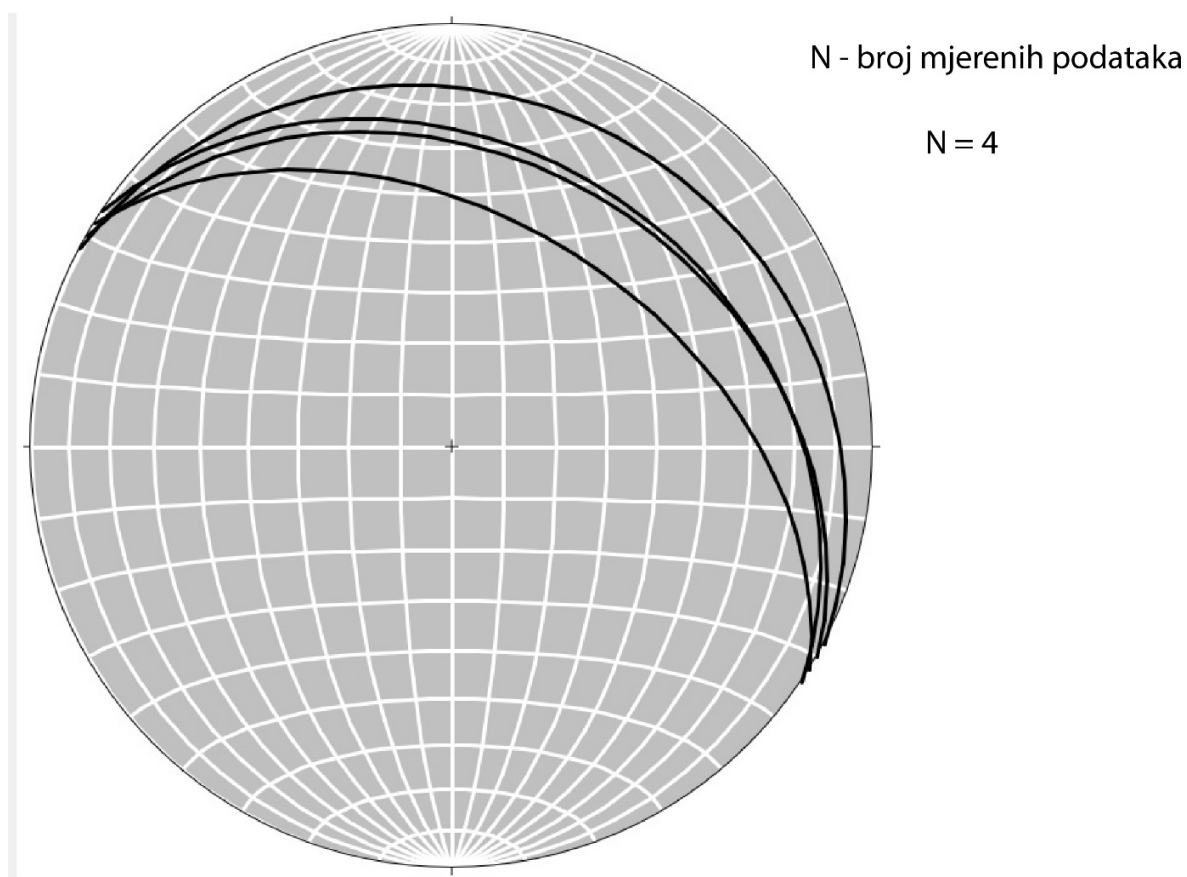
Područje istraživanja koje je obuhvaćeno poligonom St_5 smješteno je u naslagama neformalne litostratigrafske jedinice Gornji Humac. Poligon istraživanja obuhvaća područje zapadno od Male Učke (Slika 5-1). Položaji slojeva izmjereni su na ukupno pet točaka pri čemu je određena i os borane strukture. Iz mjerenih podataka može se zaključiti kako su slojevi većinom nagnuti prema zapadu (270°), a nagnuti su pod prosječno 10° (Slika 5-6). Os bore pokazuje kako borana struktura blago tone prema sjeverozapadu ($335/8$).



Slika 5-6. Orijentacija mjerenih slojnih površina na području poligona St_5. Na stereogramu su prikazane slojevitosti s tragovima ravnina dok je os bore naznačena polom (crvena oznaka).

5.1.2.6 REZULTATI STRUKTURNIH MJERENJA NA PODRUČJU POLIGONA St_6

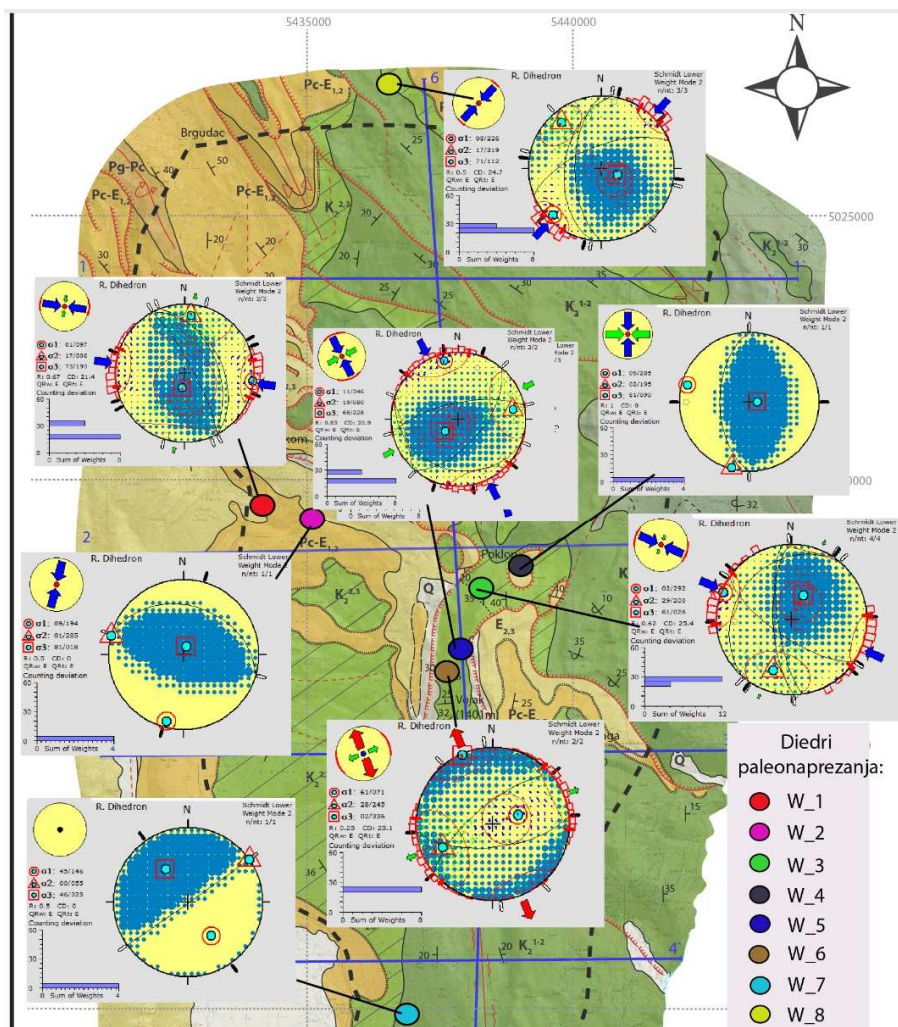
Područje istraživanja obuhvaćeno poligonom St_6 nalazi se izvan PP Učka. Naslage koje čine područja istraživanja obuhvaćaju neformalnih litostratigrafskih jedinica Gornji Humac i Sv. Duh/Milna, te manjim dijelom naslage paleogenske starosti tj. Foraminiferske vapnence. Poligon je smješten na Ćićariji istočno od Županj vrha (Slika 5-1). Slojevitosti su izmjerene na ukupno četiri točke. Iz mjerenih podataka može se zaključiti kako su slojevi većinom nagnuti prema sjeveroistoku s prosječnim smjerom nagiba 30° , a nagib slojeva je od 20° do 60° (Slika 5-7).



Slika 5-7. Orijentacija mjerenih slojnih površina na području poligona St_6. Na stereogramu su prikazane slojevitosti s tragovima ravnina.

5.1.2. ORIJENTACIJA OSI PALEONAPREZANJA

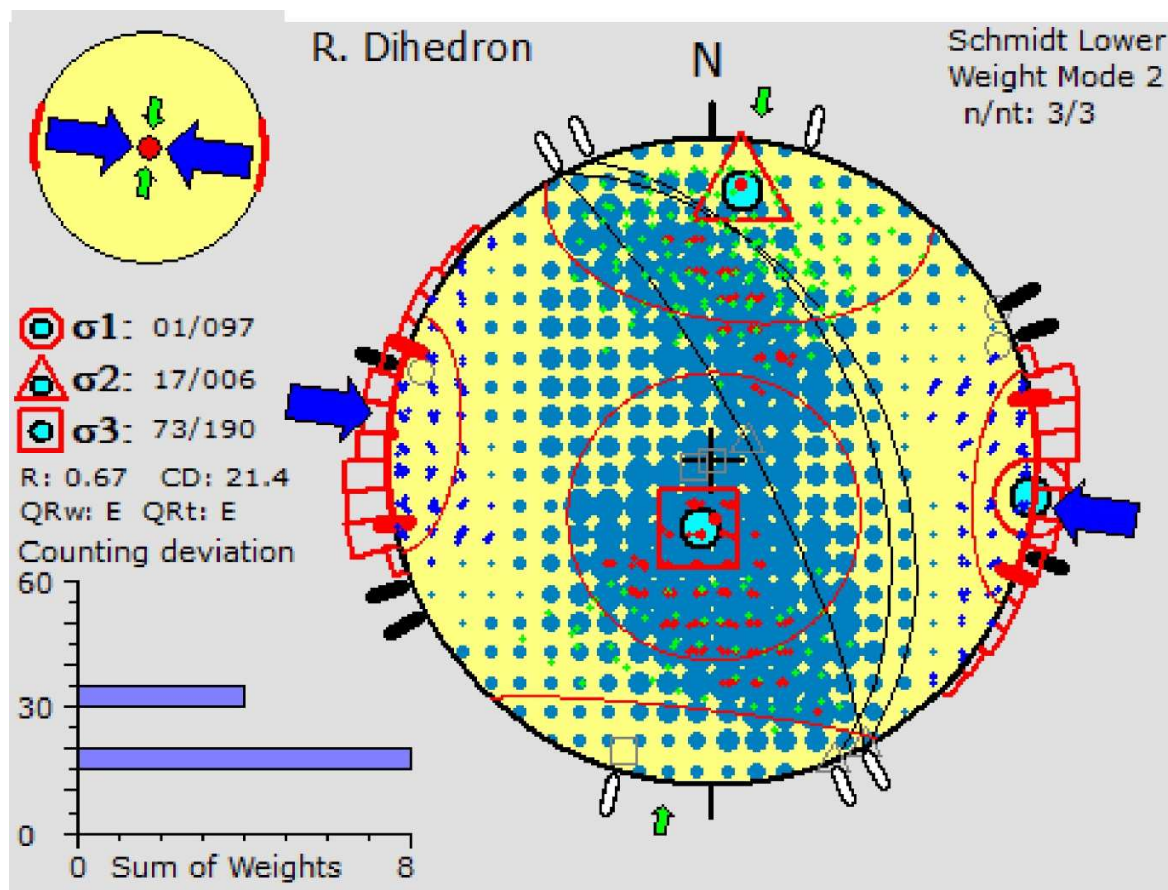
Na području istraživanja smične i rasjedne plohe su zabilježene uglavnom u vapnencima kredne i paleogenske starosti. Dokumentirano je ukupno 20 rasjednih ploha koje su s obzirom na vrstu rasjedanja i lokaciju grupirane u osam rasjednih domena (W₁–W₈) (Slika 5-8). Za određivanje glavnih osi paleonaprezanja u ovom radu je korišten program *WinTensor* (Delvaux, 2012) pri čemu je korištena metoda *Right dihedron* koja pretpostavlja podudarnost između P-osi s najvećom osi naprezanja – σ_1 , tj. T-osi s najmanjom osi naprezanja – σ_3 . Proračun naprezanja se temelji na kinematskim pokazateljima svih podataka unutar izdvojene grupe rasjeda (Brenko, 2015 s referencama).



Slika 5-8. Karta šireg područja istraživanja s označenim lokacijama na kojima su zabilježeni rasjedi s proračunatim diedrima paleonaprezanja. Na diedrima paleonaprezanja su prikazani mjereni rasjedi i režimi paleonaprezanja.

5.1.2.1. IZRAČUN PALEONAPREZANJA NA TOČKI W_1

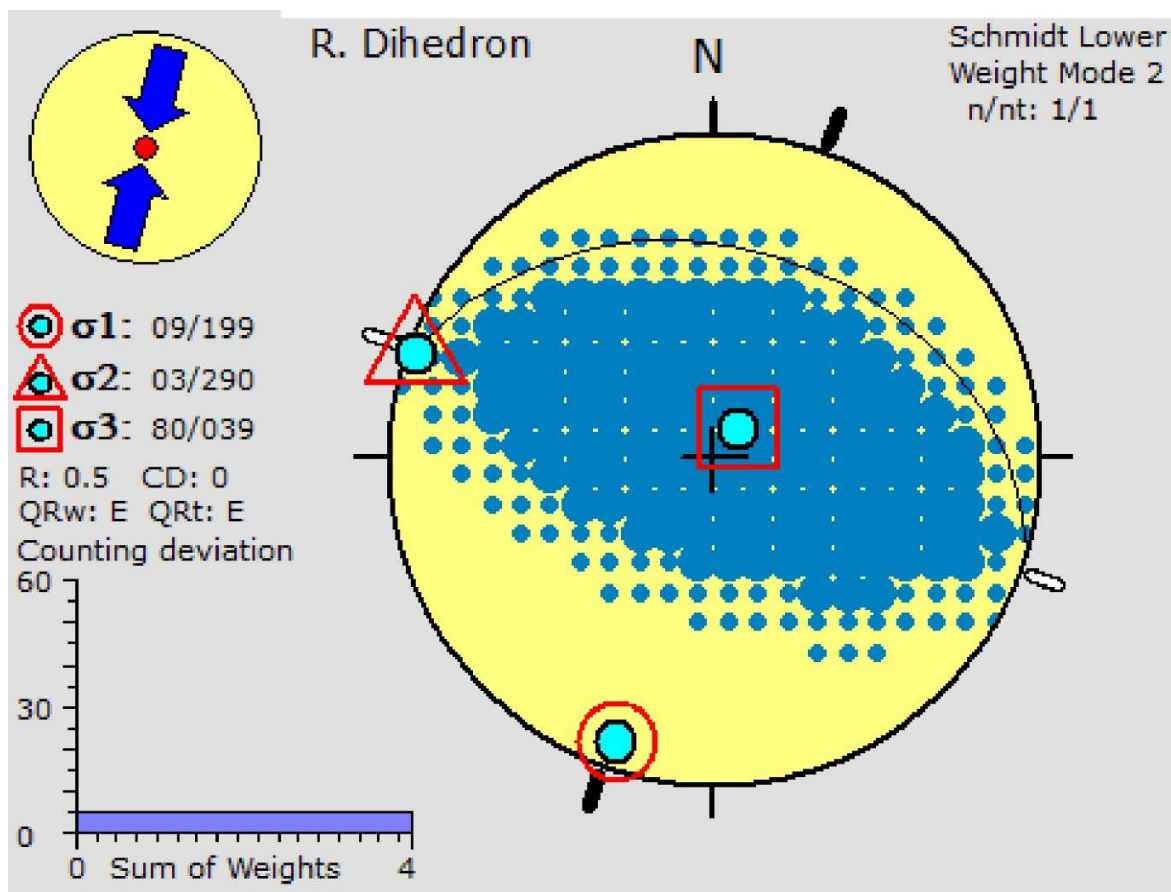
Na točki opažanja W_1 koja se nalazi južno od Bresta pod Učkom (Slika 5-8) zabilježene su tri rasjedne plohe s reversnim i desnim karakterom čija je translacija krovinskog krila prema sjeveroistoku. Rasjedne plohe su strmo nagnute, s kutevima od 45 do 80°. Glavne osi paleonaprezanja iznose: P-os = 97/01, B-os = 06/17 i T-os = 190/73. Proračunate vrijednosti osi paleonaprezanja ukazuju na transpresijsko/kompresijsko polje naprezanja u području istraživanja, pri čemu rezultati upućuju na os kompresije generalnog pružanja zapad–istok (Slika 5-9).



Slika 5-9. Stereogram transpresijsko/kompresijskog polja paleonaprezanja za rasjede južno od Bresta pod Učkom.

5.1.2.2. IZRAČUN PALEONAPREZANJA NA TOČKI W_2

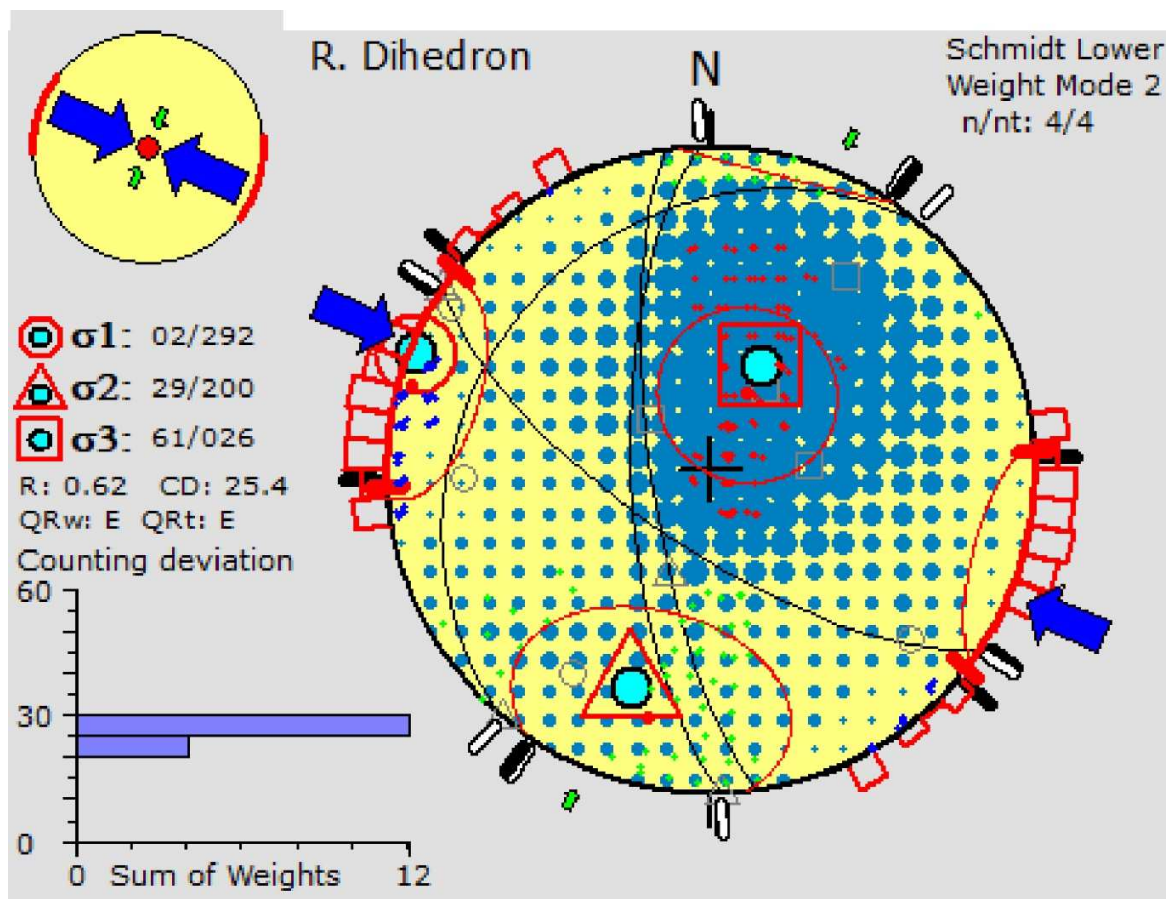
Na točki opažanja W_2 koja se nalazi jugoistočno od Bresta pod Učkom (Slika 5-8) zabilježen je jedan rasjed s reversnim karakterom pomaka, odnosno krovinskim krilom koje ima vergenciju prema sjeveroistoku. Rasjedna ploha je umjereno nagnuta pod kutom od 35°. Proračunate orijentacije glavnih osi paleonaprezanja iznose: P-os = 199/09, B-os = 290/03 i T-os = 39/80. Proračunate vrijednosti glavnih osi paleonaprezanja ukazuju na kompresijsko polje naprezanja. Najveća os naprezanja je orijentirana subhorizontalno ukazujući na kompresiju pružanja sjeveroistok–jugozapad (Slika 5-10).



Slika 5-10. Stereogram kompresijskog polja paleonaprezanja za rasjed jugoistočno od Bresta pod Učkom.

5.1.2.3. IZRAČUN PALEONAPREZANJA NA TOČKI W_3

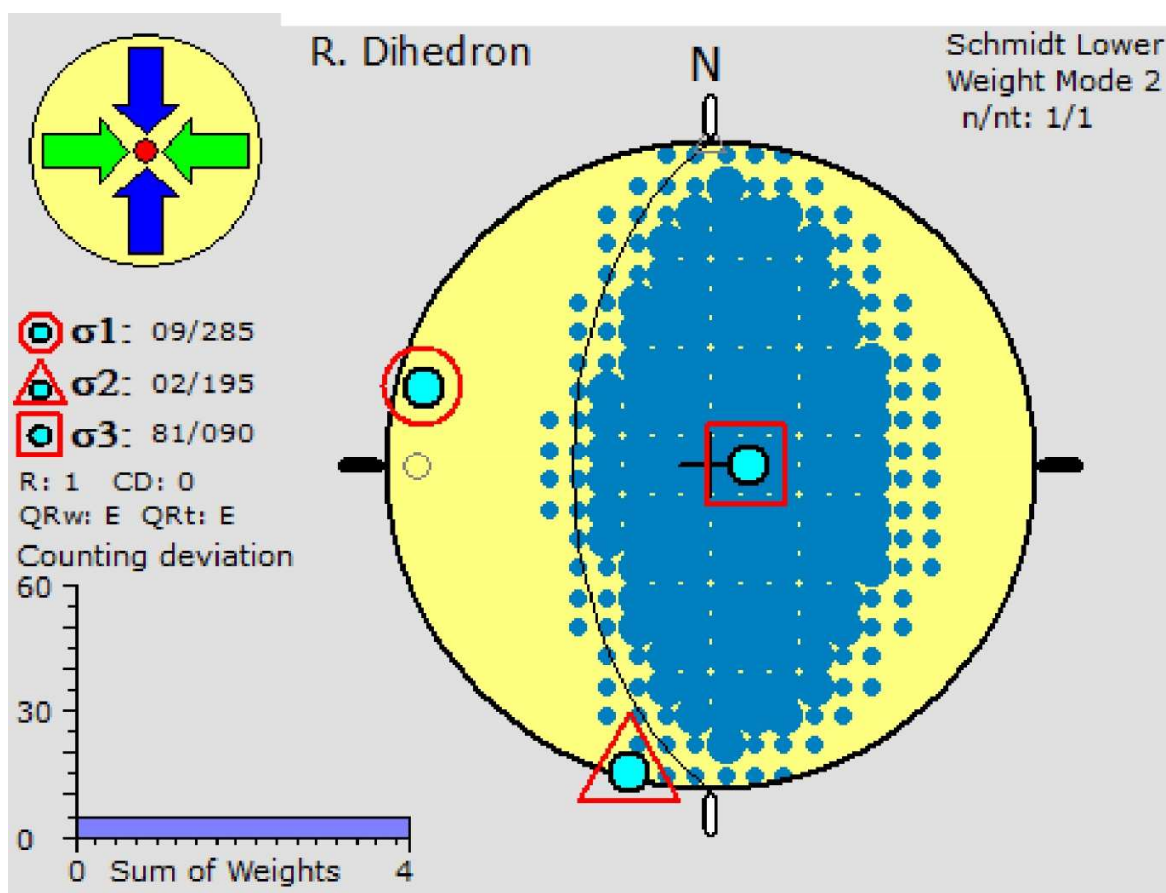
Na točki opažanja W_3 koja se nalazi jugozapadno od prijevoja Poklon (Slika 5-8) zabilježene su četiri rasjedne plohe sa reversnim i desnim karakterom čija je translacija krovinskog krila prema sjeverozapadu odnosno jugozapadu. Preostala dva rasjeda su reversnog i desnog karaktera pomaka krovinskog krila prema zapadu. Rasjedne plohe su strmo nagnute pod prosječnim kutom od 70° . Najveće osi paleonaprezanja iznose: P-os = 292/02, B-os = 200/29 i T-os = 26/61. Proračunate vrijednosti glavnih osi paleonaprezanja ukazuju na kompresijsko polje naprezanja. Glavna os kompresije pruža se sjeverozapad–jugoistok (Slika 5-11).



Slika 5-11. Stereogram kompresijskog polja paleonaprezanja za rasjede jugozapadno od prijevoja Poklon.

5.1.2.4. IZRAČUN PALEONAPREZANJA NA TOČKI W_4

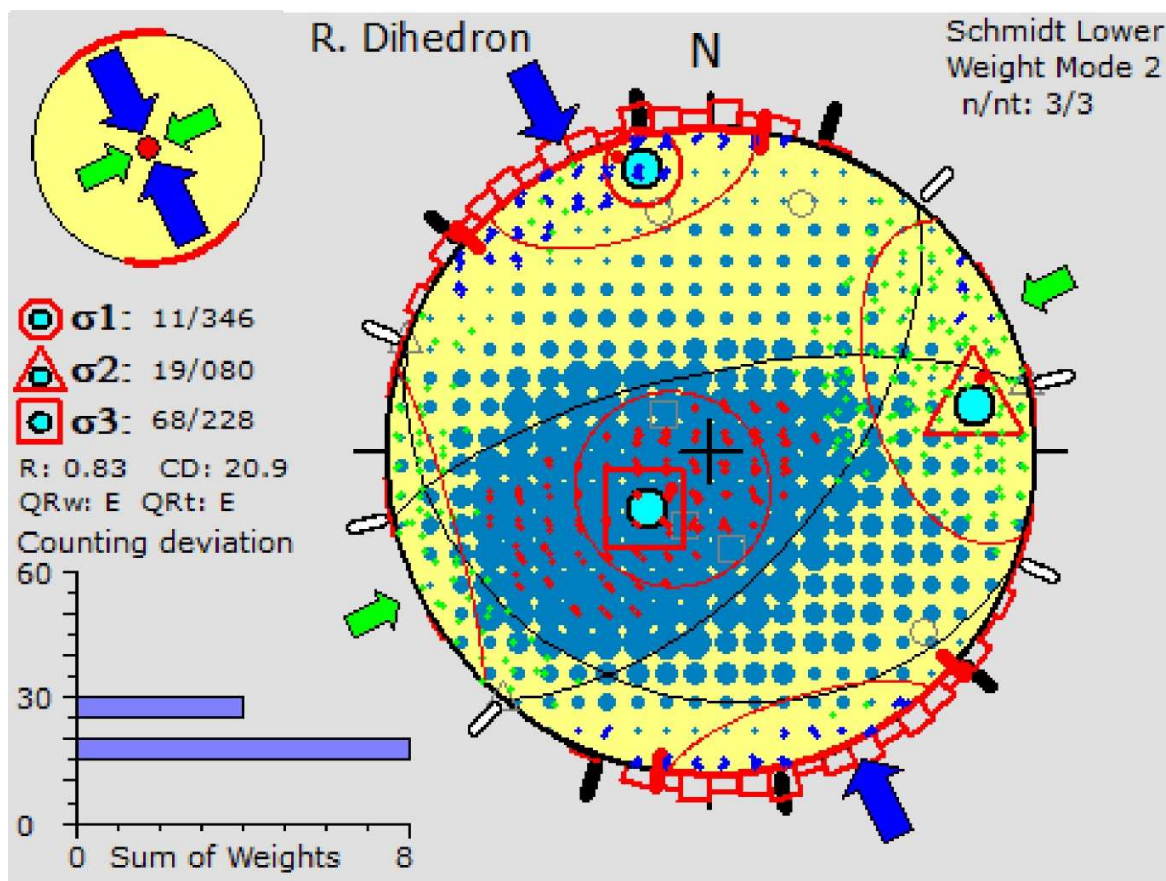
Na točki opažanja W_4 koja se nalazi jugoistočno od prijevoja Poklon (Slika 5-8) zabilježen je jedan rasjed s reversnim karakterom pomaka, odnosno krovinskim krilom koje ima vergenciju prema zapadu. Rasjedna ploha je strmo nagnuta pod kutom od 55° . Proračunate orijentacije osi paleonaprezanja iznose: P-os = 285/02, B-os = 195/02 i T-os = 285/08, dok je os kompresije pružanja zapad–istok (Slika 5-12).



Slika 5-12. Stereogram kompresijskog polja paleonaprezanja za rasjed jugoistočno od prijevoja Poklon.

5.1.2.5. IZRAČUN PALEONAPREZANJA NA TOČKI W_5

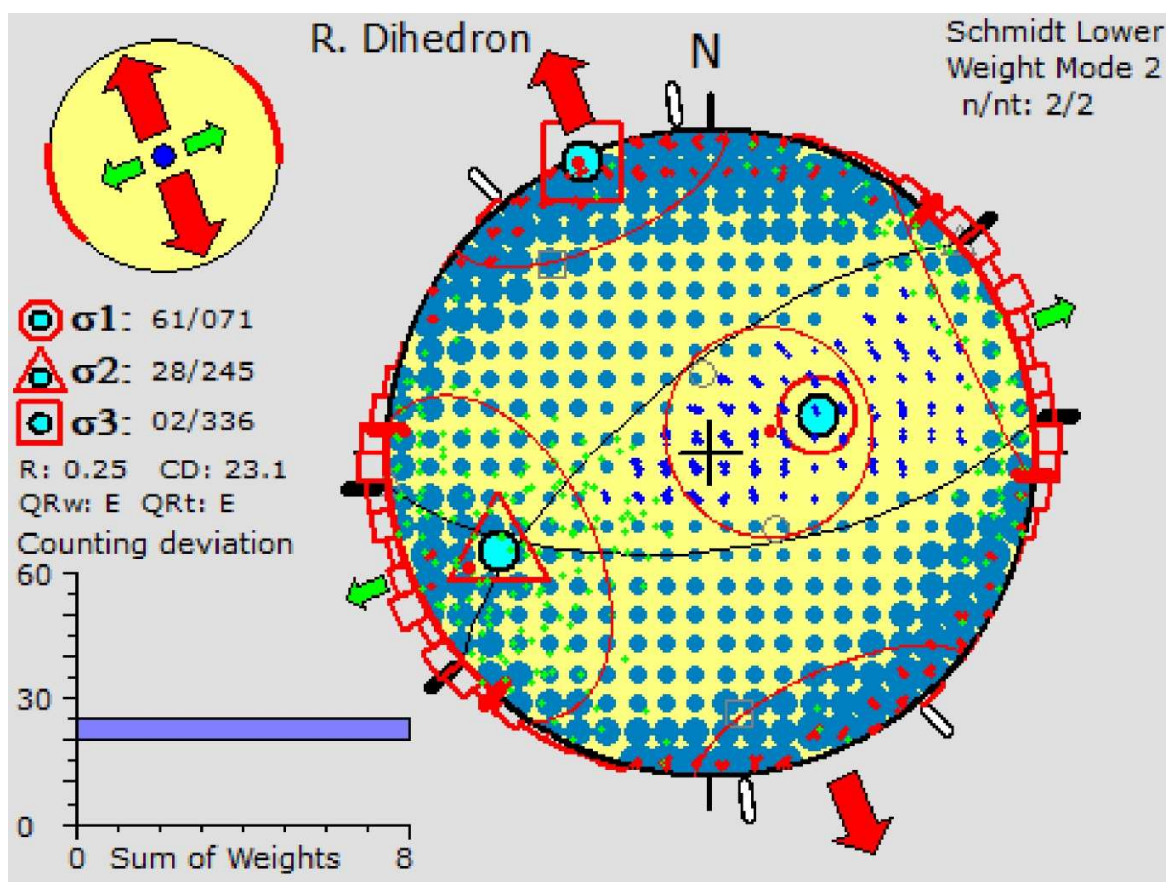
Na točki opažanja W_5 koja se nalazi sjeveroistočno od vrha Vojak na Učki (Slika 5-8) zabilježena su tri rasjeda od kojih dva čine konjugirani par rasjeda s reversnim desnim/lijevim karakterom pomaka krovinskih krila prema sjeverozapadu odnosno sjeveroistoku. Treći rasjed pruža se prema jugozapadu. Rasjedne plohe su umjereno do strmo nagnute s kutovima od 20 do 70°. Proračunate orijentacije osi paleonaprezanja iznose: P-os = 346/11, B-os = 80/19 i T-os = 228/68. Proračunate vrijednosti osi paleonaprezanja ukazuju na kompresijsko polje naprezanja, pri čemu rezultati upućuju na os kompresije pružanja sjeverozapad–jugoistok (Slika 5-13).



Slika 5-13. Stereogram kompresijskog polja paleonaprezanja za rasjede sjeveroistočno od vrha Vojak na Učki.

5.1.2.6. IZRAČUN PALEONAPREZANJA NA TOČKI W_6

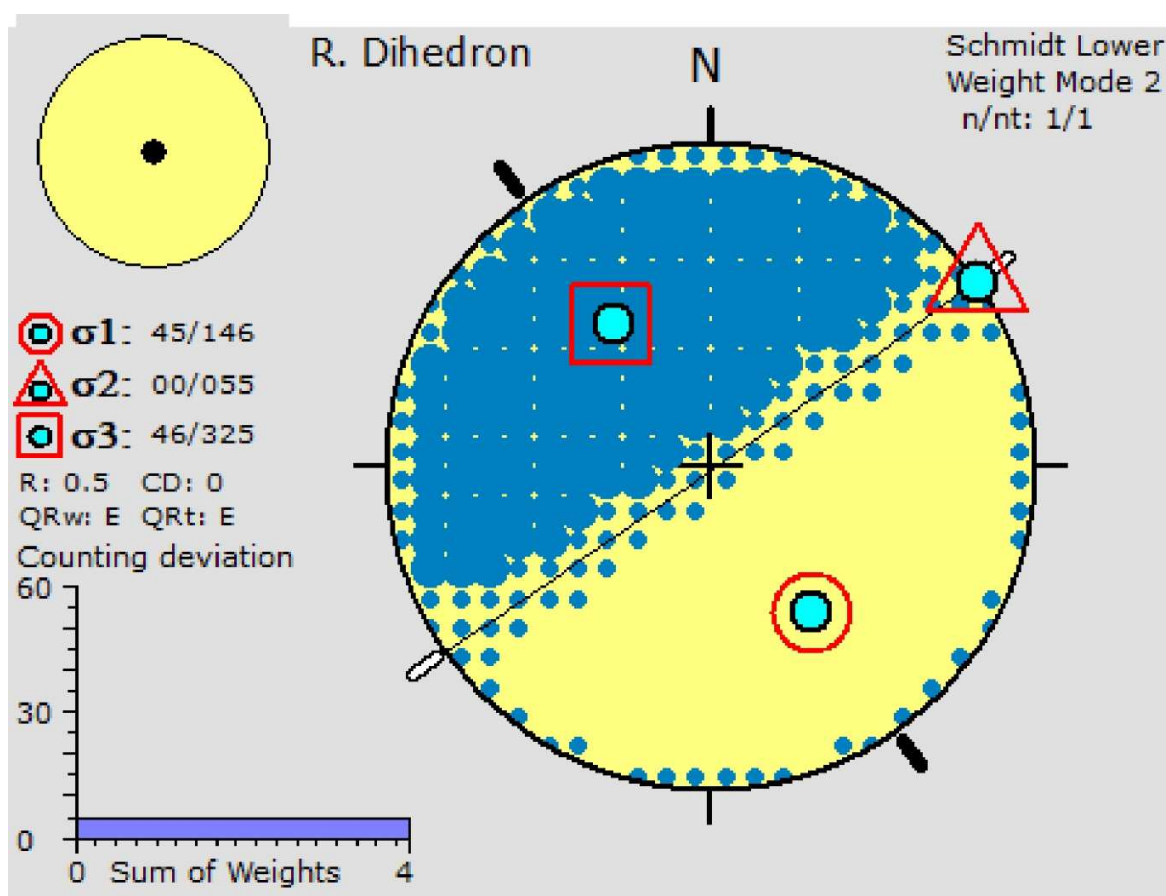
Na točki opažanja W_6 koja se nalazi sjeverno od vrha Vojak na Učki (Slika 5-8) zabilježen je konjugirani par rasjeda s normalnim karakterom pomaka i pružanjem sjeveroistok odnosno jugozapad s prosječnim nagibom rasjednih ploha 68° . Najveće osi paleonaprezanja iznose: P-os = 71/61, B-os = 245/28 i T-os = 336/02. Proračunate orijentacije osi paleonaprezanja ukazuju na ekstenzijsko polje naprezanja u području istraživanja, pri čemu rezultati upućuju na ekstenziju po pravcu sjeverozapad–jugoistok (Slika 5-14).



Slika 5-14. Stereogram ekstenzijskog polja paleonaprezanja za rasjed sjeverno od vrha Vojak na Učki.

5.1.2.7. IZRAČUN PALEONAPREZANJA NA TOČKI W_7

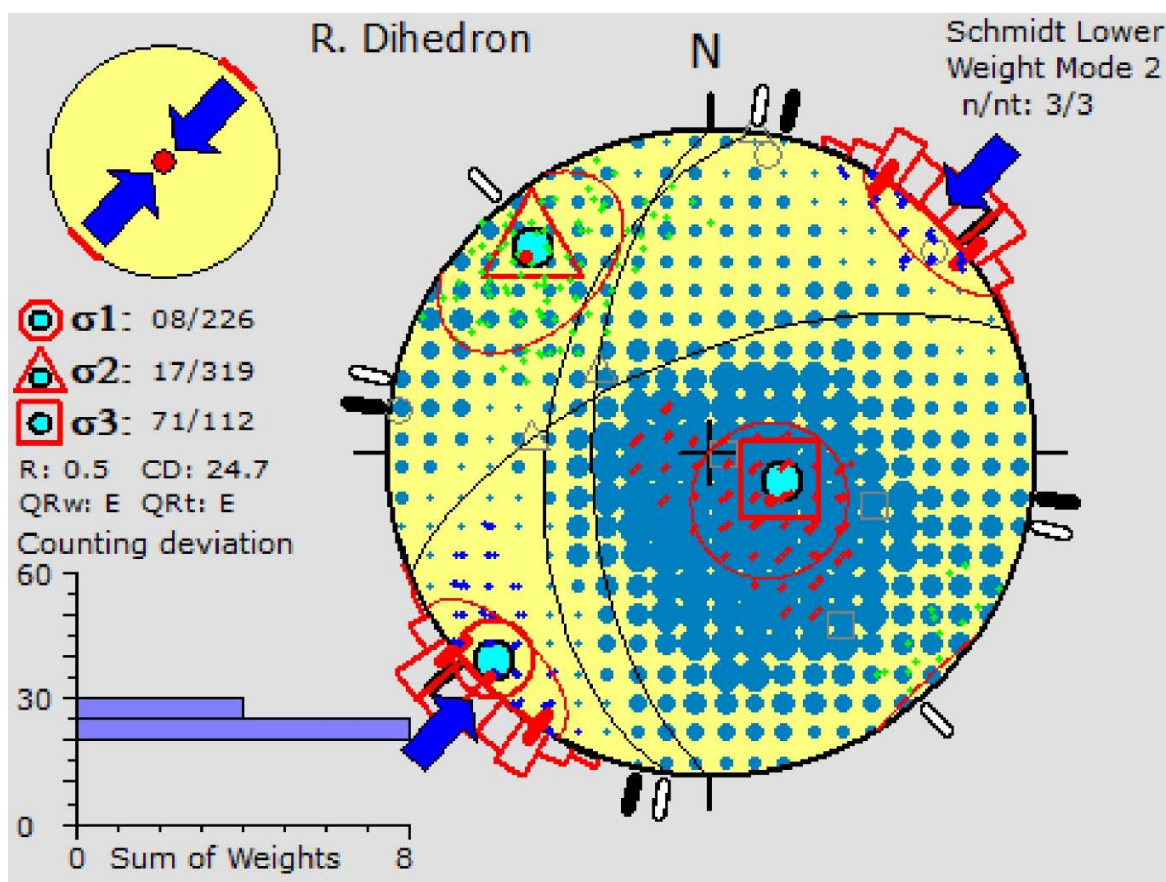
Na točki opažanja W_7 koja se nalazi kod vrha Brgud na južnom dijelu PP Učka (Slika 5-8) zabilježen je jedan rasjed s reversnim karakterom pomaka, odnosno krovinskim krilom koje ima vergenciju prema jugoistoku. Proračunate orijentacije osi paleonaprezanja iznose: P-os = 146/45, B-os = 55/00 i T-os = 325/46 (Slika 5-15).



Slika 5-15. Stereogram kompresijskog polja paleonaprezanja za rasjed neposredno kod vrha Brgud na južnom dijelu PP Učke.

5.1.2.8. IZRAČUN PALEONAPREZANJA NA TOČKI W_8

Na točki opažanja W_8 koja se nalazi na Ćićariji, istočno od Županj vrha (Slika 5-8) zabilježene su tri rasjedne plohe s reversnim i desnim karakterom čija je translacija krovinskog krila prema zapadu odnosno sjeverozapadu. Rasjedne plohe su strmo nagnute pod prosječnim kutom od 60°. Proračunate orijentacije osi paleonaprezanja iznose: P-os = 226/08, B-os = 319/17 i T-os = 112/71. Proračunate vrijednosti osi paleonaprezanja ukazuju na kompresijsko polje naprezanja s osi kompresije pružanja sjeveroistok–jugozapad (Slika 5-16).



Slika 5-16. Stereogram kompresijskog polja paleonaprezanja za rasjed istočno od Županj vrha.

5.2. GEOLOŠKI PROFILI NA ŠIREM PODRUČJU ISTRAŽIVANJA

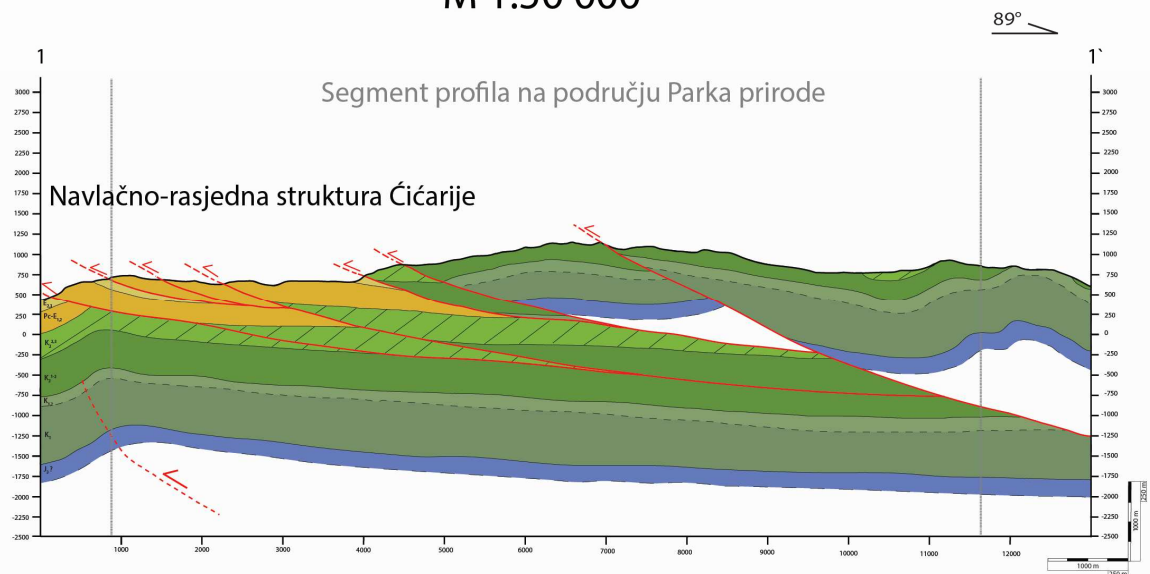
S ciljem opisa strukturne građe šireg područja PP Učka konstruirano je ukupno šest referentnih geoloških profila od kojih su profili 1–1` do 5–5` približno poprečni na pružanje strukture Učke dok je profil 6–6` postavljen paralelno s pružanjem strukture Učke (Slika 3-5). Raspon starosti naslaga na konstruiranim profilima kreće se od najmlađe jure do srednjeg eocena, pri čemu dominiraju kredni i paleogenski vapnenci s proslojcima breča, dok su pješčenjaci i lapori nešto manje zastupljeni. Profili sadrže niz antiklinala i sinklinala koje su uzrokovane kompresijskom tektonikom pružanja sjeveroistok–jugozapad. Jasno se uočavaju navlačno-rasjedne strukture Ćićarije koje su navučene na rub Pazinskog flišnog bazena te navlaka Učke koja je navučena na antiklinalu Učke.

5.2.1. GEOLOŠKI PROFIL 1–1`

Profil 1–1` pod azimutom 90° predstavlja najsjeverniji profil na području PP Učka (Slika 3-5). S pružanjem zapad–istok profil je postavljen približno poprečno na strukture Ćićarije. Ukupna duljina profila iznosi 13,1 km. Profil obuhvaća sedam rasjeda s reversnim karakterom pomaka, generalnog pružanja sjeverozapad–jugoistok (Slika 5-17). U zapadnom dijelu profila rasjedanjem i boranjem struktura Ćićarije je navučena preko sjevernog ruba flišnog bazena čime su formirane „ljuske“ Ćićarije u kojima dominiraju foraminiferski vapnenci te kozinske naslage kao dekolmanski horizont. Vertikalni skok na pojedinim rasjedima iznosi u prosjeku oko 250 m. Rasjedne plohe navlaka Ćićarije su blago nagnute pod kutovima od 10 do 20°. Prema istoku nakon foraminiferskih vapnenaca na površini su otkrivene naslage kredne starosti jedinica Gornji Humac i Sv. Duh/Milna koje su rasjedanjem uzdignute na veće nadmorske visine od foraminiferskih naslaga u ljuskama „Ćićarije“. Rasjedi koji su uzrokovali izdizanje krednih naslaga nagnuti su pod dvostruko većim kutom od sustava zapadnih rasjeda, pri čemu procijenjeni vertikalni skok duž rasjeda iznosi oko 1500 m. U središnjem dijelu profila vidljiva je i antiklinala koja je reversnim rasjedom odvojena od sinklinale u istočnom krilu. Konstruirani profil i kogenetske strukture ukazuju na generalnu kompresiju po pravcu sjeveroistok–jugozapad.

Profil 1–1`

M 1:50 000



LEGENDA:

- | | |
|--|---|
| | JEDINICA FLIŠ - Lapor i pješčenjaci s proslojcima breča, konglomerata i vapnenaca |
| | JEDINICA FORAMINIFERSKI VAPNENCI - Alveolinski, numulitni i diskociklinski vapnenci |
| | JEDINICA GORNJI HUMAC - Madston, floatston |
| | JEDINICA MILNA/SV. DUH - Madston i vekston, ulomci vapnenaca i rudistnih breča |
| | JEDINICA SIS - Kalkarenit, kalcilutit, vapnenačke breče |
| | JEDINICA CRNA (Crna, Kanfanar, Cres, Dragozetići) - Vapnenačko-dolomitne breče, kalcilutiti, kalkareniti, kalciruditi |
| | GORNJA JURA - Pločasti vapnenci s rožnjacima |
| | Normalna granica |
| | Reversni rasjed |
| | Pretpostavljeni reversni rasjed |
| | Pretpostavljena granica između donje krede i prijelaza iz donje u gornju kredu |

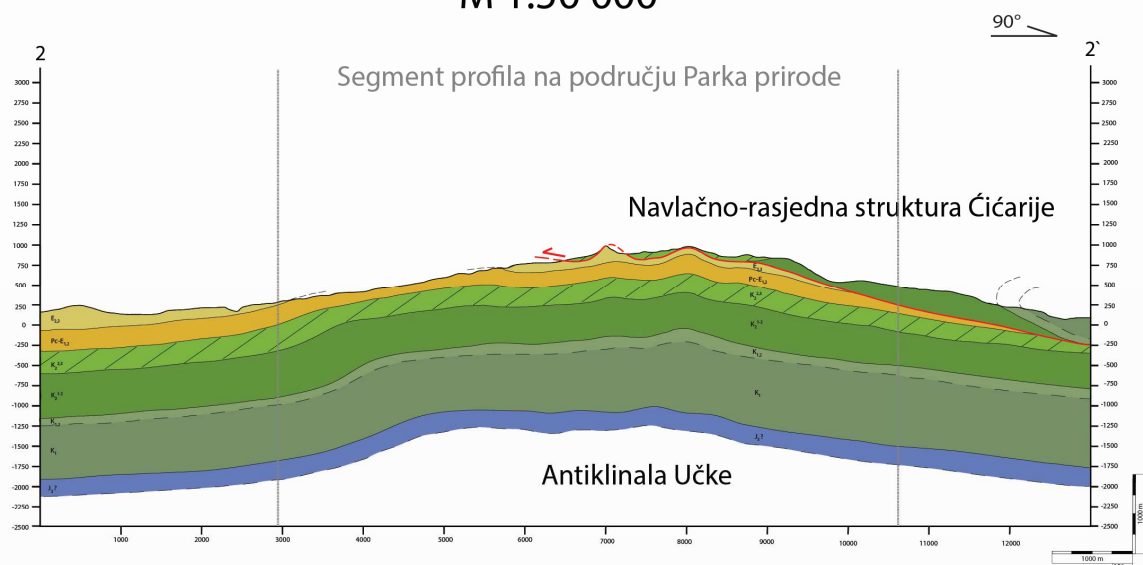
Slika 5-17. Geološki profil 1–1` na području PP Učka.

5.2.2. GEOLOŠKI PROFIL 2–2`

Profil 2–2` pod azimutom 89° postavljen je približno poprečno na strukturu Učke i prolazi preko Poklona (Slika 3-5). Ukupna duljina profila iznosi 13 km. U zapadnom dijelu profila nalaze se naslage fliša koje pripadaju rubnom dijelu relativno neporemećenog flišnog bazena (Slika 5-18), a koji je prema sjeveru boran što je vidljivo na profilu 1–1` (Slika 5-17). Nakon fliša prema istoku na površini su otkriveni foraminiferski vapnenci koji spadaju u antiklinalnu strukturu Učke. Sa zapada prema središnjem dijelu profila vidljiva je navlačno-rasjedna struktura Ćićarije koja je navučena na antiklinalu Učke pri čemu su kredne naslage Ćićarije navučene na foraminiferske vapnence i flišne naslage antiklinale Učke. Vertikalni skok duž rasjeda iznosi oko 1500 m kao što je to bio slučaj i kod profila 1–1` (Slika 5-17). U središnjem dijelu profila može se uočiti navlaka jedinice Gornji Humac koja je uslijed erozije ostala izolirana kao tektonski navlačak povrh flišne podloge. Na krajnjem zapadnom dijelu starije kredne naslage (jedinice Sis i Crna) nalaze se na mlađim naslagama (Sv. Duh/Milna) što ne odgovara slijedu taloženja, te se može zaključiti da se radi o prebačenim slojevima.

Profil 2–2`

M 1:50 000



LEGENDA:

- | | |
|--|---|
| | JEDINICA FLIŠ - Lapori i pješčenjaci s proslojcima breča, konglomerata i vapnenaca |
| | JEDINICA FORAMINIFERSKI VAPNENCI - Alveolinski, numulitni i diskociklinski vapnenci |
| | JEDINICA GORNJI HUMAC - Madston, floatston |
| | JEDINICA MILNA/SV. DUH - Madston i vekston, ulomci vapnenaca i rudistnih breča |
| | JEDINICA SIS - Kalkarenit, kalcilutit, vapnenačke breče |
| | JEDINICA CRNA (Crna, Kanfanar, Cres, Dragozetići) - Vapnenačko-dolomitne breče, kalcilutiti, kalkareniti, kalciruditi |
| | Normalna granica |
| | Reversni rasjed |
| | Pretpostavljena granica između donje krede i prijelaza iz donje u gornju kredu |

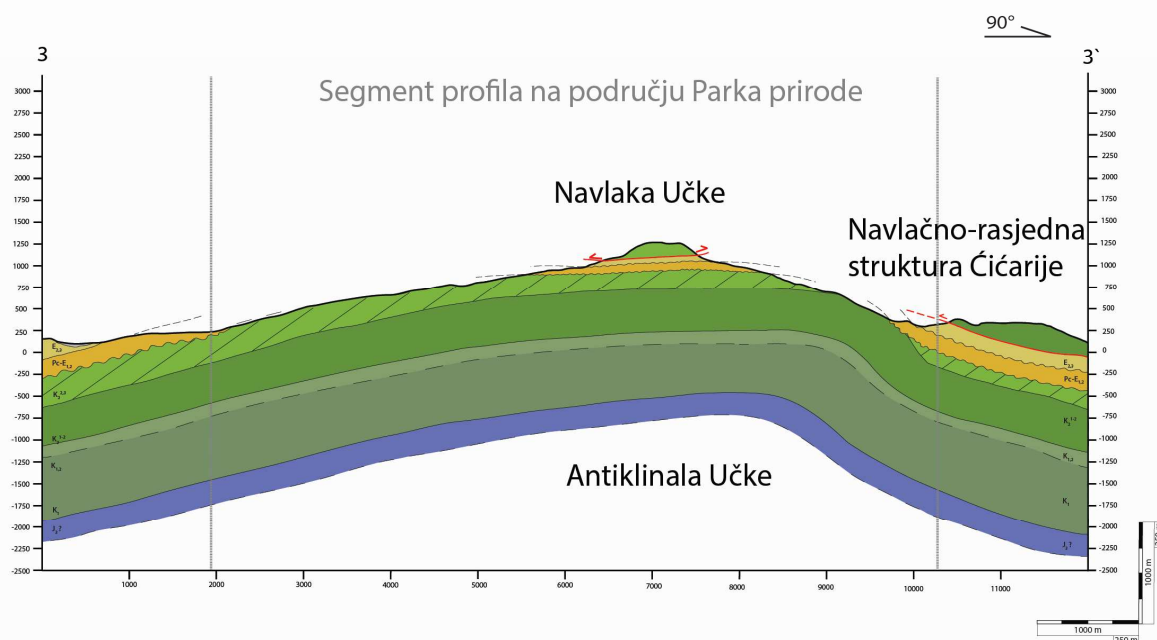
Slika 5-18. Geološki profil 2–2` na području PP Učka.

5.2.3. GEOLOŠKI PROFIL 3–3`

Profil 3–3` smješten je u središnjem dijelu PP Učka podno vrha Vojak i prolazi kroz Lovransku dragu (Slika 3-5). Azimut profila iznosi 90° i pružanja je zapad–istok. Ukupna duljina profila iznosi 11,3 km. Na zapadnom dijelu profila nalaze se naslage fliša koje pripadaju rubnom dijelu relativno neporemećenog Pazinskog fliškog bazena (Slika 5-19) kao što je slučaj i na prethodnom profilu. Nakon fliša čiji je nagib generalno prema zapadu otkriven je nastavak homoklinalnog slijeda, tako da su na površini vidljivi foraminiferski vapnenci i naslage jedinice Gornji Humac koje pripadaju antiklinali Učke kao što je vidljivo na profilu 2–2` (Slika 5-18). U odnosu na prethodni profil razlika u nagibu slojeva je značajna jer su nagibi slojeva na profilu 3–3` u prosjeku strmiji za 15°. Foraminiferski vapnenci su u transgresivnom kontaktu s naslagama jedinice Gornji Humac, a izraziti paleoreljef s pojavama boksita ukazuje na eroziju podloge, tj. da je to područje neko vrijeme bilo kopno. U središnjem dijelu profila jasno je vidljiva antiklinala Učke s navlakom Učke na apikalnom dijelu. Na ovom profilu uočljiva je i izražena asimetrija antiklinale Učke, pri čemu je istočno krilo antiklinale nagnuto pod većim kutom nego zapadno krilo. Na zapadnom dijelu profila vidljiva je navlačno-rasjedna struktura Ćićarije kao što je bio slučaj i kod profila 2–2` (Slika 5-18). Slično kao i na prethodna dva profila konstruirane strukture ukazuju na kompresijsko polje naprezanja s generalnim pružanjem naveće osi naprezanja sjeveroistok–jugozapad.

Profil 3–3'

M 1:50 000



LEGENDA:

- | | |
|--|---|
| | JEDINICA FLIŠ - Lapori i pješčenjaci s proslojcima breča, konglomerata i vapnenaca |
| | JEDINICA FORAMINIFERSKI VAPNENCI - Alveolinski, numulitni i diskociklinski vapnenci |
| | JEDINICA GORNJI HUMAC - Madston, floatston |
| | JEDINICA MILNA/SV. DUH - Madston i vekston, ulomci vapnenaca i rudistnih breča |
| | JEDINICA SIS - Kalkarenit, kalcilutit, vapnenačke breče |
| | JEDINICA CRNA (Crna, Kanfanar, Cres, Dragozetići) - Vapnenačko-dolomitne breče, kalcilutiti, kalkareniti, kalciruditi |
| | GORNJA JURA - Pločasti vapnenci s rožnjacima |
| | Normalna granica |
| | Transgresivna granica |
| | Navlaka Učke |
| | Pretpostavljena granica između donje krede i prijelaza iz donje u gornju kedu |

Slika 5-19. Geološki profil 3–3' na području PP Učka.

5.2.4. GEOLOŠKI PROFIL 4–4`

Profil 4–4` konstruiran je južno od naselja Šušnjevice. Azimut profila iznosi 90°, tako da je pružanja zapad–istok (Slika 3-5). Ukupna duljina profila iznosi 10,2 km. Zapadni dio profila podudara se s prethodnim profilima pri čemu je jedina razlika što na ovome profilu rub Pazinskog flišnog bazena započinje kao blaga sinklinala koja prema istoku prelazi u asimetričnu antiklinalu sa strmim krilom u zapadnom dijelu te blagim homoklinalnim krilom prema istoku (Slika 5-20). Rekonstruirana struktura, odnosno njena geometrija ukazuje na prisustvo potencijalnog slijepog reversnog rasjeda u podini strukture čiji je smjer nagiba generalno prema istoku te ima tektonski transport prema zapadu. S obzirom na tip i orijentaciju strukture, radi se o kompresijskoj strukturi koja je nastala u kompresijskom polju naprezanja gdje je najveća os naprezanja pružanja sjeveroistok–jugozapad izraženija. Interpretirana antiklinalna struktura zapravo predstavlja južni nastavak antiklinale Učke koja je na sjeveru razmjerno široka (cca 5 km) s blago nagnutim krilom, a idući prema jugu struktura postaje sve uža, pri čemu nagib krila bore kao i asimetrija postaju sve veći. Na središnjem dijelu profila oko osi bore nalazi se rasjedna zona sa subvertikalnim pukotinama pružanja sjever–jug koja međutim u ovom radu nije detaljno obrađena.

5.2.5. GEOLOŠKI PROFIL 5–5`

Profil 5–5` predstavlja najjužniji, približno poprečan profil na strukturu Učke, pod azimutom 90° koji prolazi neposredno uz vrh Sisol (Slika 3-5). Ukupna duljina profila iznosi 8 km. Zapadni dio profila i dalje se nalazi na istočnom rubu Pazinskog flišnog bazena kojem su slojevi gotovo horizontalni (Slika 5-21). Prema istoku, kao što je slučaj i kod profila 4–4` (Slika 5-20), vidljiva je blaga sinklinala koja prelazi u strmu, asimetričnu antiklinalu koja je u ovome slučaju rasjednuta. Taj je rasjed je reversnog karaktera, ima relativni pomak od približno 250 m te je pružanja sjeverozapad–jugoistok. Tim su rasjedom naslage mlađe krede navučene na paleogenske naslage, tj. na fliš i foraminiferske vapnence.

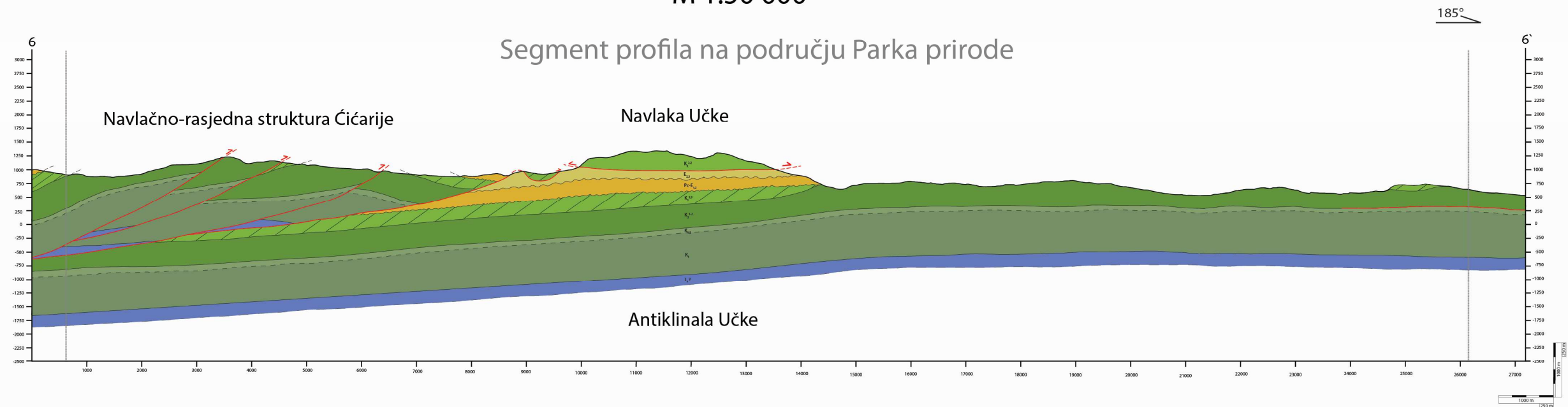
5.2.6. GEOLOŠKI PROFIL 6–6`

Uzdužni profil 6–6` postavljen je duž pružanja strukture Učke, približno okomito na poprečne profile. Započinje na sjeveru na Ćićariji u blizini Županj vrha (Slika 3-5) i pruža se prema jugu preko vrhova Vojak i Sisol i završava istočno od naselja Vozilići (Slika 3-5). Na sjevernom dijelu profil je azimuta 178°, prema jugu između profila 3–3` i 4–4` blago zakreće prema zapadu pod azimutom 183°, a između profila 4–4` i 5–5` dodatno zakreće prema zapadu pod azimutom 196° (Slika 4-29). Ukupna duljina profila iznosi 27,2 km. Rasjedi u sjevernom dijelu profila prikazani su na profilu 1–1` (Slika 5-17), imaju vertikalni skok od 1000 do 1500 m i njima su prema JI izdignute kredne naslage, odnosno struktura Ćićarije. Kod prijevoja Poklon vidljiv je završni segment navlačnog sustava Ćićarije koji je preostao kao tektonski navlačak, erozijski ostatak koji se spominje u opisu profila 2–2` (Slika 5-18). Dalje prema jugu kod vrha Vojak na antiklinalnoj strukturi Učke smještena je i navlaka Učke koja se može uočiti na profilu 3–3` (Slika 5-19). Nakon navlake Učke dalje prema jugu profil je postavljen duž osi antiklinale i nema promjena sve do kraja profila gdje se nalazi i reversni rasjed čija je rasjedna ploha nagnuta prema istoku.

Profil 6–6`

M 1:50 000

Segment profila na području Parka prirode



LEGENDA:

- $E_{2,3}$ JEDINICA FLIŠ - Lapori i pješčenjaci s proslojcima breča, konglomerata i vapnenaca
- $Pc-E_{1,2}$ JEDINICA FORAMINIFERSKI VAPNENCI - Alveolinski, numulitni i diskociklinski vapnenci
- $K_2^{2,3}$ JEDINICA GORNJI HUMAC - Madston, floatston
- K_2^{1-2} JEDINICA MILNA/SV. DUH - Madston i vekston, ulomci vapnenaca i rudistnih breča
- $K_{1,2}$ JEDINICA SIS - Kalkarenit, kalcilutit, vapnenačke breče
- K_1 JEDINICA CRNA (Crna, Kanfanar, Cres, Dragozetići) - Vapnenačko-dolomitne breče, kalcilutiti, kalkareniti, kalciruditi
- $J_3?$ GORNJA JURA - Pločasti vapnenci s rožnjacima
- Normalna granica
- Transgresivna granica
- Reversni rasjed
- Navlaka Učke
- Pretpostavljena granica između donje krede i prijelaza iz donje u gornju kredu

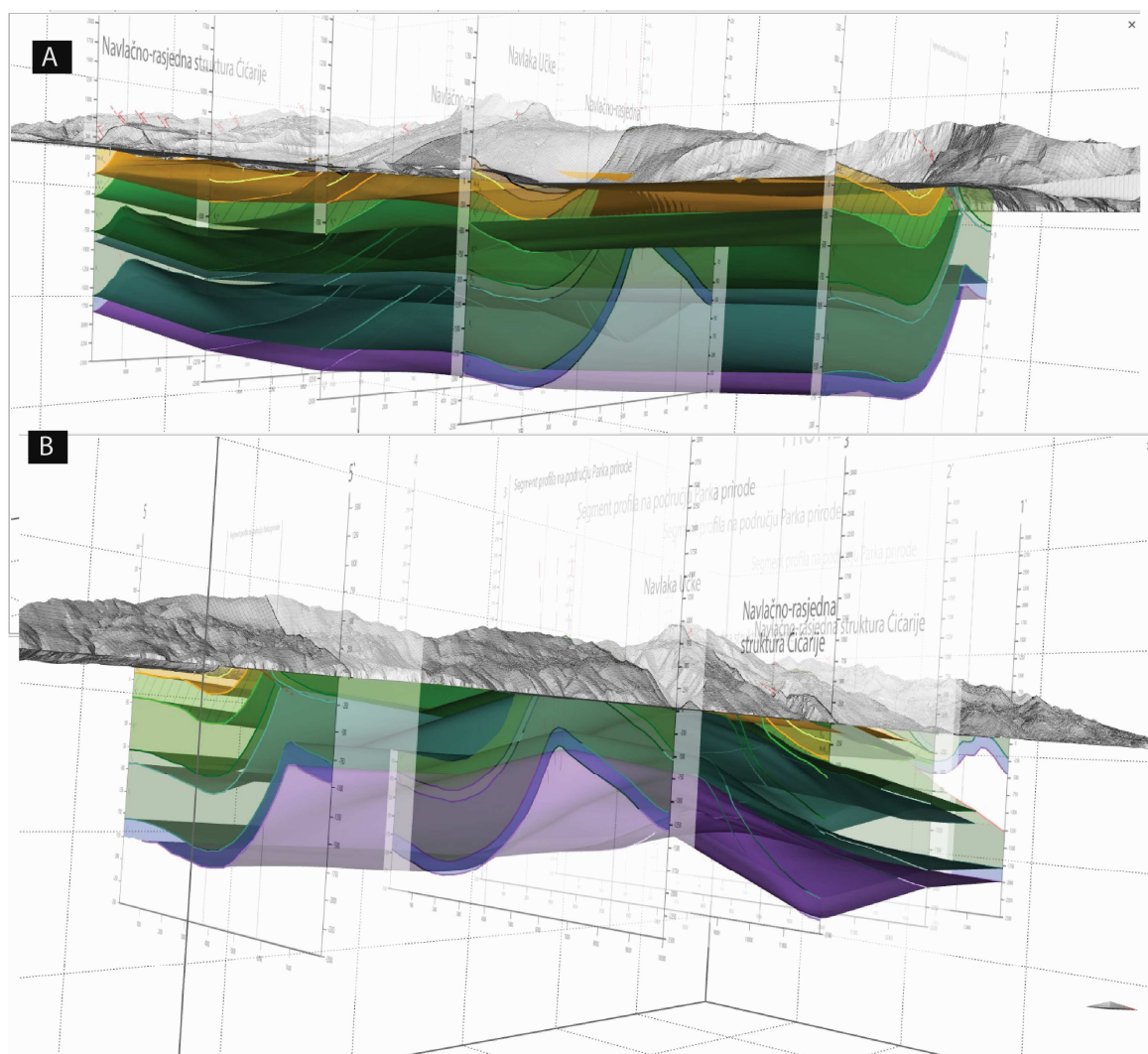
Slika 5-22. Geološki profil 6–6` na području PP Učka.

5.3. KOMPOZITNA GEOLOŠKA KARTA I 3D STRUKTURNI MODEL

Kompozitna geološka karta (Slika 3-5) izrađena je na temelju OGK listova Ilirska Bistrica (Šikić et al., 1973) i Labin (Šikić et al., 1969), rezultata geološkog kartiranja provedenog u okviru diplomskih radova Matešića (2017) i Preleca (2017) kao i strukturno-stratigrafskih podataka prikupljenih u okviru izrade projekta „Učka 360°“ i ovog diplomskog rada. Na kompozitnoj geološkoj karti prikazan je raspored neformalnih litostratigrafskih jedinica koje su definirane i opisane ovome radu. Tumač karte također sadrži i geološke simbole koji su korišteni na karti. Na kartu su dodani *Gauss–Krüger* koordinatni sustav (*MGI Balkans 5*), trase konstruiranih geoloških profila, terenska mjerenja slojevitosti te je naznačeno nekoliko poznatijih lokacija radi lakšeg snalaženja. Terenskim istraživanjima utvrđeno je da se na području zapadno od navlake Učke, između Vele i Male Učke ne nalaze gornjokredne naslage jedinice Gornji Humac već da su to foraminiferski vapnenci, što je korigirano na karti. Također su načinjene korekcije lokacija rasjeda južno od Bresta pod Učkom, zapadno od vrha Vojak, te zapadno od vrha Sisol. Terenskim istraživanjima utvrđeno je da rasjedi nisu vidljivi na kontaktu jedinica već su prekriveni kvartarnim (siparišnim) naslagama.

U okviru ovoga rada pomoću računalnog programa „*Move*“ (*Midland Valley*) izrađen je preliminarni 3D model strukturne građe PP Učka. Posljednja dva desetljeća izrada 3D geoloških modela podzemlja bila je vrlo česta u okviru naftne industrije, ali i u raznim drugim geološkim djelatnostima. Računalni programi poput paketa „*Move*“ olakšavaju izradu 3D modela koji između ostalog služe za bolji uvid u geološke odnose u podzemlju, rekonstrukciju povijesti taloženja, ali i određivanje pomaka po rasjedima. Kao ulazni podaci prilikom izrade 3D modela PP Učka korišteni su digitalizirana geološka karta, geološki profili te digitalni model reljefa. Početni korak izrade ovoga 3D modela je bila definicija stratigrafskog slijeda naslaga istraživanog područja. Nakon toga su konstruirani geološki profili koji su geopozicionirani i digitalizirani (Slika 4-8). Konstrukcija 3D modela iz geoloških profila se u ovom radu temeljila na povezivanju 2D strukturnih elemenata na digitaliziranim geološkim profilima kao što su tragovi rasjeda i geoloških granica u 3D tijela. Trodimenzionalni strukturni model (Slika 5-23) šireg područja PP Učka prikazuje strukturu antiklinale Učke koja je nastala tijekom mlađe krede i početkom paleogena uslijed kompresije po pravcu I–Z te naknadnog preboravanja po pravcu S–J. U izrađenom strukturnom modelu geometrija rasjednih struktura, navlačnih struktura

Ćićarije i navlake Učke nisu trodimenzionalno modelirani zbog nedovoljnog broja poprečno postavljenih profila.



Slika 5-23. 3D model geološke građe PP Učka. A: pogled s jugozapada; B: pogled s jugoistoka.

6. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Na temelju mjerenih slojevitosti prikupljenih tijekom terenskih istraživanja te pregledom kompozitne geološke karte mogu se izdvojiti dvije domene slojevitosti. Prva domena nalazi se na sjevernom dijelu područja istraživanja, tj. na navlačno-rasjednom sustavu Ćićarije gdje slojevi generalno padaju prema sjeveroistoku pri čemu se položaj slojeva mijenja tek podno Crkvenog vrha gdje je vidljiva sinklinala (Slika 3-5). Takva slojevitost odgovara dinaridskom

pružanju struktura sjeverozapad–jugoistok kod kojega su slojevi uglavnom nagnuti ili prema sjeveroistoku ili prema jugozapadu. Slojevi su umjereno nagnuti pod kutovima od 20° do 40°. Drugu domenu čine središnji dio područja Parka od prijevoja Poklon pa sve do vrha Sisol na jugu. Na tom području vidljiva su dva generalna seta slojevitosti koji padaju prema istoku ili prema zapadu i predstavljaju osnovne orijentacije slojevitosti u krilima antiklinale Učke, tako da u tom području pružanje struktura odstupa od dinaridskog pružanja.

Na istraživanom području prevladava kompresijska tektonika koja je najviše izražena na sjevernom dijelu gdje su starije kredne naslage područja Ćićarije izdignute preko mlađih paleogenskih naslaga antiklinale Učke, pri čemu su zabilježeni relativni pomaci duž rasjeda u rasponu od 250 do 1500 m. Najveća os naprezanja (kompresije) u području masiva Ćićarije pružanja je sjeveroistok–jugozapad. Kompresija je vidljiva i sjeverno od Bresta pod Učkom gdje su sustavom rasjeda formirane „ljuske“ Ćićarije u kojima prevladavaju paleogenske naslage, a prikazane su na profilu 1–1` (Slika 5-17). U središnjem i južnom dijelu PP Učka generalna orijentacija osi kompresije bila je zapad–istok čime je deformiran Pazinski flišni bazen, odnosno njegov istočni rub, odnosno formirana antiklinala Učke prikazana na profilima 2–2` do 5–5` (Slike 5-18 do 5-21). Relativni pomaci duž rasjeda na profilima 2–2` do 5–5` su u rasponu od 250 m do 1000 m. U središnjem djelu područja istraživanja vidljivi su erozijski ostaci jedinice Gornji Humac koji predstavljaju navlačne erozijske ostatke, a koji koreliraju s vapnencima donjeg turona na Ćićariji i u zapadnom dijelu Učke (Slika 3-5). Naslage vapnenaca oko vrha Vojak tj. u navlaci Učke, mlađe su od vapnenaca na Ćićariji i u zapadnom dijelu Učke i predstavljaju krovinski slijed jedinice Gornji Humac i starosti su gornji santon.

S obzirom na spomenuto u ovom radu su izdvojene tri strukturne faze. Prva faza obuhvaća inicijalno boranje istočnog ruba Pazinskog fliškog bazena, pri čemu je nastala antiklinalna struktura Učke glavnom deformacijom po pravcu istok – zapad. Tijekom druge faze formiran je borano-navlačni sustav Ćićarije, koji je nastao u kompresijskom polju naprezanja s najvećom osi naprezanja generalno S–J. Kogenetski s rasjedima dinaridskog pružanja sjeverni je dio antiklinale Učke preboran, pri čemu su nastale nove prostrane bore čije su osi generalno pružanja I–Z. Završna, najmlađa faza je rezultirala nastankom navlake Učke. Za pretpostaviti je da je nastanak strukture Ćićarije nešto stariji od navlake Učke (radi se o vremenskom rasponu paleogen–neogen) pri čemu su spomenuti navlačni sustavi formirani vjerojatno tijekom eocena i oligocena.

7. LITERATURA

ALLMENDINGER, R.W. (2018): Stereonet 10. Program for Mac and Windows™ – <http://www.geo.cornell.edu/geology/faculty/RWA/programs/stereonet.htm>

BABIĆ, Ž., BENČEK, Đ. & KOVAČEVIĆ, S. (1974): Inženjerskogeološki i geofizički radovi za tunel „Učka“. Zbornik radova 3. jugoslavenskog simpozija o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji, 1–11, Opatija.

BRČIĆ, V. (2015): Relativne promjene morske razine tijekom mlađe krede na sjeverozapadnom dijelu jadranske karbonatne platforme. Disertacija, 229 str., Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

BRČIĆ, V., GLUMAC, B., FUČEK, L., GRIZELJ, A., HORVAT, M., POSILOVIĆ H. & MIŠUR I. (2017): The Cenomanian–Turonian boundary in the northwestern part of the Adriatic Carbonate Platform (Ćićarija Mtn., Istria, Croatia): characteristics and implications. *Facies* Vol. 63, Iss. 3, 1–20. Dordrecht.

BRENKO, T. (2015): Strukturna analiza bora i rasjeda na jugoistočnom dijelu otoka Paga. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

CVIJIĆ, J. (1893): *Das Karstphanomen: Versuche einer morphologischen Monographie*. Hölzel.

D'AGOSTINO, N., AVALLONE, A., CHELONI, D., D'ANASTASIO, E., MANTENUTO, S. & SELVAGGI, G. (2008): Active tectonics of the Adriatic region from GPS and earthquake slip vectors. *Journal of Geophysical Research Solid Earth*, Volume 113, Issue B12.

DELVAUX, D. (2012): Release of program Win-Tensor 4.0 for tectonic stress inversion: statistical expression of stress parameters. EGU General Assembly, Vienna, 2012. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 14, EGU2012-5899.

FURLANI, M. (1910): Die Lemes-Schichten. Ein Beitrag zur Kenntnis der Juraformation in Mitteldalmatien. In: *Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt* 60, S. 67–98, Wien.

MATIČEC, D., VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I. & TIŠLJAR, J., (1996): Eocene Limestones Overlying Lower Cretaceous Deposits of Western Istria (Croatia): Did Some Parts of Present Istria Form Land During the Cretaceous?. *Geologia Croatica* 49/1, 117–127, Zagreb.

MATIČEC, D. (1998): Analiza strukturnog sklopa Učke. Disertacija, 135 str., Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.

MATEŠIĆ, D. (2017): Geološka karta vršnog dijela Učke. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

MATOŠ, B. (2014): Neotectonic and recently active faults in Bilogora Mountain area and assessment of their seismogenic potential. Doctoral thesis. Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, 256 p., Zagreb

MORO, A., KORBAR, T., SKELTON, P.W., VELIĆ, I., TIŠLJAR, J., VLAHOVIĆ, I., FUČEK, L., MATIČEC, D. & ČOSOVIC, V. (2002): Upper Santonian rudist bearing lithosomes formed in the transition from deeper to shallower subtidal environments at Cape Marlera and Učka mountain. Excursion Guidebook, Sixth International Congress on Rudists (Rovinj, Croatia), 133–139, Zagreb.

PEH, Z., MIKO, S. & BUKOVEC, D., (2003): The Geochemical Background in Istrian Soils, *Natura Croatica* 12/4, 195–232, Zagreb.

PRELEC, F. (2017): Geološka građa jugoistočnog dijela Ćićarije. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

SRODON, J., ANCZKIEWICZ, A.A., DUNKL, I., VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I., TOMLJENOVIĆ, B., KAWIAK, T., BANAS, M., MICHAL, E. & EYNATTEN, H. (2018): Thermal history of the central part of the Karst Dinarides, Croatia: combined application of clay mineralogy and low-T thermochronology. Conference book / 9th Mid-European Clay Conference, 104 p., Zagreb.

STACHE, G. (1889): Die Liburnische Stufe Grenz-Horizonte. Abhandlungen der K.K. Geologischen Reichsanstalt, Band XIII, Wien.

SCHMID, S.M., 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* 101/1, 139–183, Basel.

SCHUBERT, R.J. (1905): Zur Stratigraphie des istrisch–norddalmatinischen Mitteleocäns. *Abhandl. d. k. k. geol. R.-A.* XIII, Wien.

ŠIKIĆ, D., POLŠAK, A. & MAGAŠ, N. (1969): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Labin, L 33-101. Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

ŠIKIĆ, D. & POLŠAK, A. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Labin, L 33-101. Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

ŠIKIĆ, D., POLŠAK, A. & MAGAŠ, N. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Ilirska Bistrica, L 33–89. Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

ŠIKIĆ, D. & POLŠAK, A. (1975): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Ilirska Bistrica, L 33–89. Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

TIŠLJAR, J., VELIĆ, I. & VLAHOVIĆ, I. (1994): Facies diversity of the Malmian platform carbonates in Western Croatia as a consequence of synsedimentary tectonics. *Geologie Mediterranee*, Tome XXI, 21-3-4, pp. 173–176.

TIŠLJAR, J., VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I. & MATIČEC, D. (1998): Carbonate Facies Evolution from the Late Albian to Middle Cenomanian in Southern Istria (Croatia): Influence of Syndimentary Tectonics and Extensive Organic Carbonate Production. *Facies* 38, 137–152 Erlangen.

VELIĆ, I., TIŠLJAR, J., MATIČEC, D. & VLAHOVIĆ, I. (1995): Opći prikaz geološke građe Istre. 1. Hrvatski geološki kongres, Opatija, 18-21.10.1995., Vodič ekskurzija, str. 5–30., Zagreb.

VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., FUČEK, L., OŠTRIĆ, N., PRTOOLJAN, B., VELIĆ I. & MATIČEC, D. (2002): The Origin and Importance of the Dolomite–Limestone Breccia Between the Lower and Upper Cretaceous Deposits of the Adriatic Carbonate Platform: An Example from Čićarija Mt. (Istria, Croatia). *Geologia Croatica*, 55/1, 45–55.

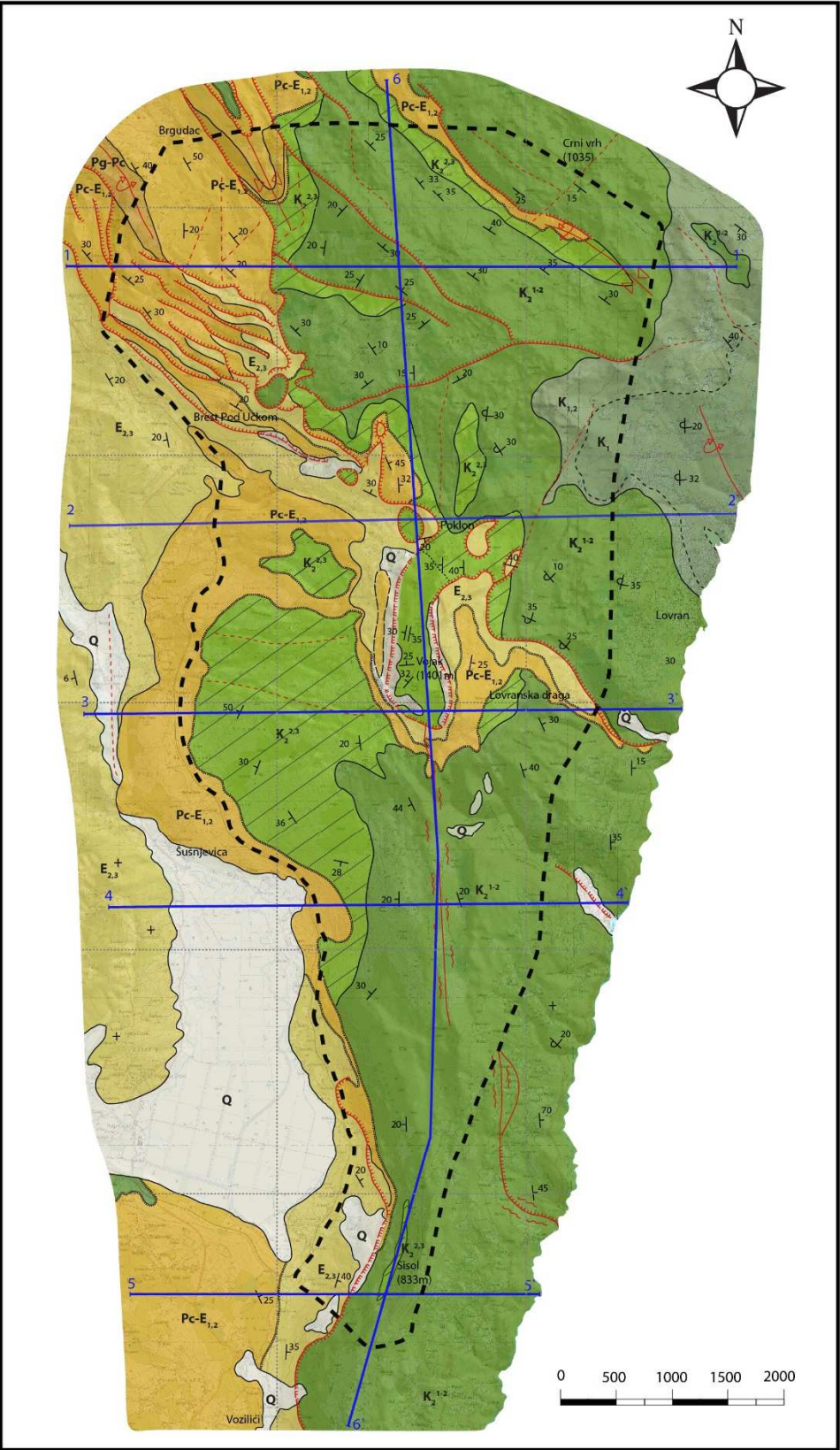
VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I., FUČEK, L., OŠTRIĆ, N. & PRTOOLJAN, B. (1995): O podrijetlu i značenju tzv. vapnenačko-dolomitnih breča između donje i gornje krede: primjer Čićarije. 1. Hrvatski geološki kongres, Opatija, 18–21.10.1995., Knjiga sažetaka, str. 99, Zagreb.

VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I. & MATIČEC, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Paleogeography, main events and depositional dynamics. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 220/3–4, 333–360.

Web adresa:

<https://dgu.gov.hr/vijesti/mrezne-usluge-prostornih-podataka-drzavne-geodetske-uprave/5015>

GEOLOŠKA KARTA PARKA PRIRODE UČKA



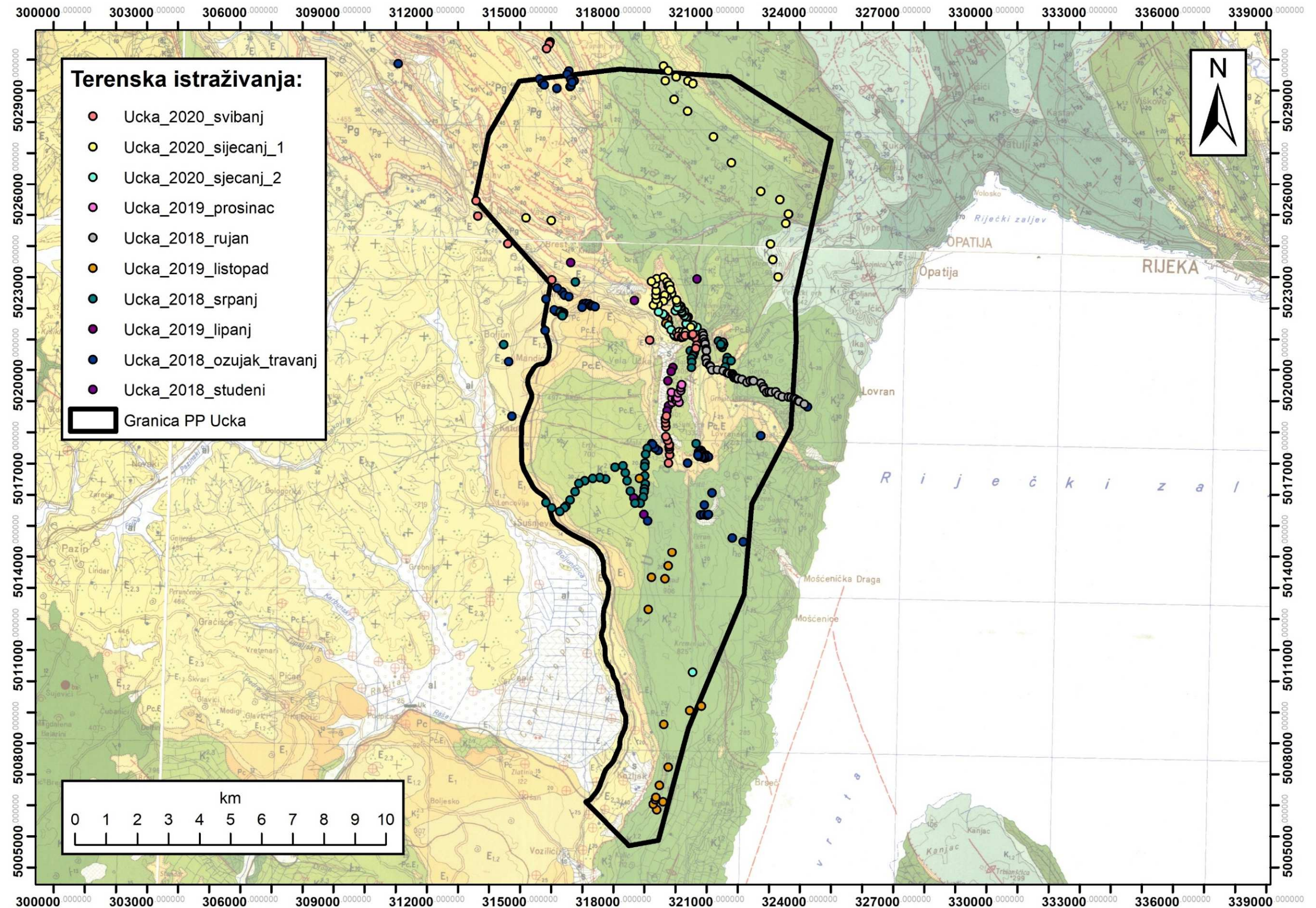
NEFORMALNE LITOSTRATIGRAFSKE JEDINICE:

- Q** KVARTAR - Siparišne breče, aluvijalni nanosi
- E_{2,3}** JEDINICA FLIŠ - Lapori i pješčenjaci s proslojcima breča, konglomerata i vapnenaca
- Pc-E_{1,2}** JEDINICA FORAMINIFERSKI VAPNENCI - Numulitni, alveolinski i miliolidni vapnenci
- Pg-Pc** JEDINICA KOZINSKE/LIBURNIJSKE NASLAGE - Vapnenci s proslojcima ugljena
- K_{2,3}** JEDINICA GORNJI HUMAC - Madston, floatston
Bazni dio GHN-a (D. Turon)
- K₂¹⁻²** JEDINICA MILNA/SV. DUH - Madston i vekston, ulomci vapnenaca i rudistnih breča
- K_{1,2}** JEDINICA SIS - Kalkarenit, kalcilutit, vapnenačke breče
- K₁** JEDINICA CRNA (Crna, Kanfranar, Cres, Dragozetići) - Vapnenačko-dolomitne breče, kalcilutiti, kalkareniti, kalciruditi

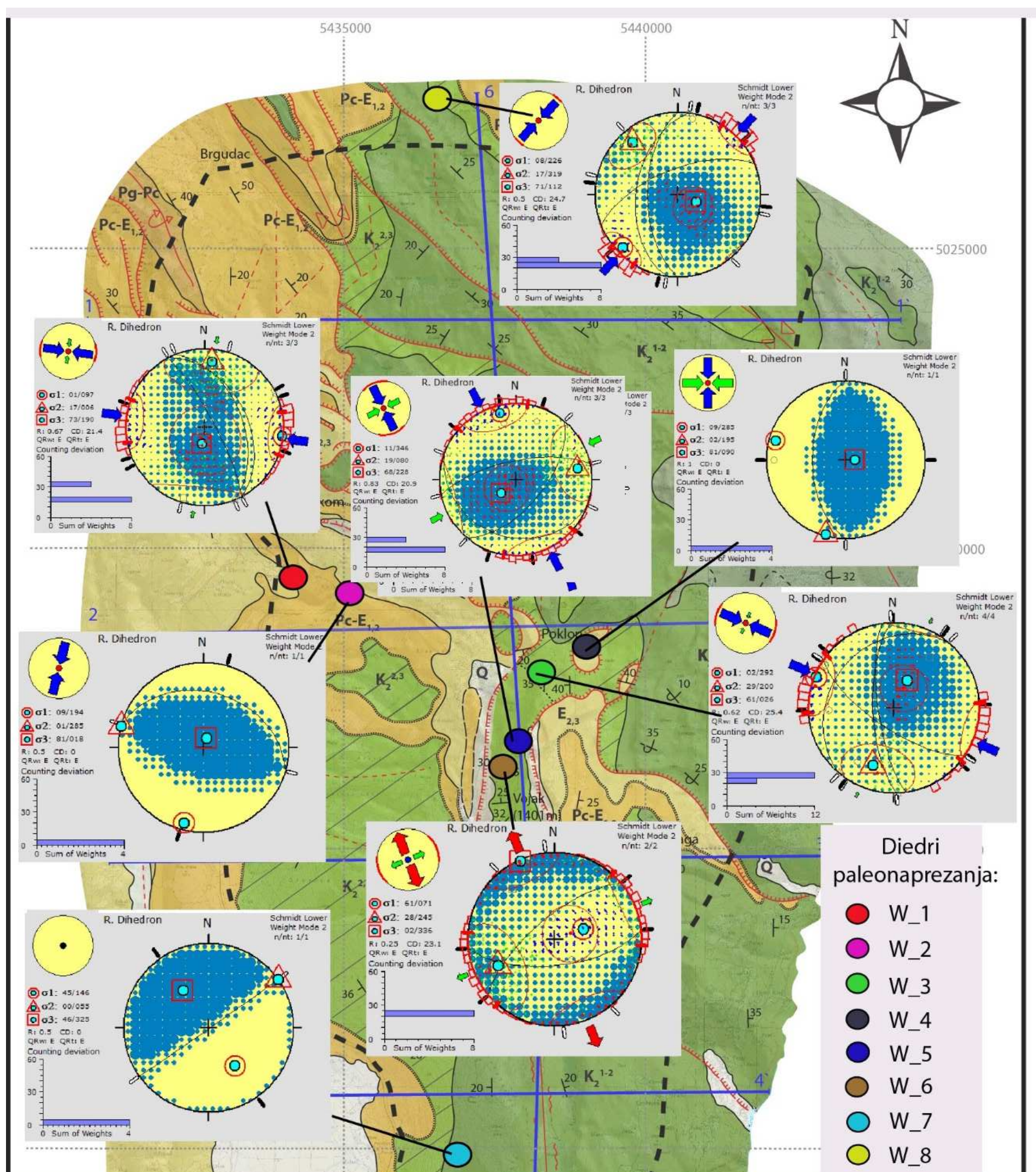
GEOLOŠKI SIMBOLI:

- Normalna granica
- Transgresivna granica
- Reversni rasjed
- Reversni rasjed, pretpostavljen
- Rasjed, pretpostavljen
- Rasjedna zona
- Os sinklinale
- Os prebačene sinklinale
- Tektonsko okno (navlačak)
- Tektonski prozor
- Trasa profila
- Položaj sloja s kutom nagiba
- Položaj prebačenog sloja s kutom nagiba
- Granica Parka prirode Učka

PRILOG 2. KARTA S PRIKAZOM LOKACIJA ISTRAŽIVANIH TERENSKIH TOČKA U SKLOPU PROJEKTA „UČKA 360“



PRILOG 4. KARTA ŠIREG PODRUČJA ISTRAŽIVANJA S OZNAČENIM LOKACIJAMA NA KOJIMA SU ZABILJEŽENI RASJEDI S PRORAČUNATIM DIEDRIMA PALEONAPREZANJA. NA DIEDRIMA PALEONAPREZANJA SU PRIKAZANI MJERENI RASJEDI, REŽIMI PALEONAPREZANJA TE OSI PALEONAPREZANJA.





KLASA: 602-04/20-01/155
URBROJ: 251-70-03-20-3
U Zagrebu, 06.07.2020.

Valentino Mejrušić, student

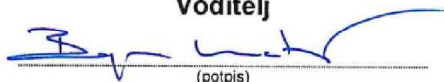
RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju Vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/20-01/155, UR. BROJ: 251-70-13-20-1 od 08.05.2020. godine priopćujemo temu diplomskog rada koja glasi:

STRUKTURNA GRAĐA PODRUČJA PARKA PRIRODE UČKA

Za voditelja ovog diplomskog rada imenuje se u smislu Pravilnika o diplomskom ispitu doc. dr. sc. Bojan Matoš, docent Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i komentor prof. dr. sc. Igor Vlahović, redoviti profesor Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Voditelj



(potpis)

Doc. dr. sc. Bojan Matoš

(titula, ime i prezime)

**Predsjednik povjerenstva za
završne i diplomske ispite**



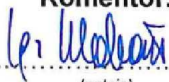
(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Stanko Ružičić

(titula, ime i prezime)

**Prodekan za nastavu i
studente**

Komentor:



(potpis)

Prof. dr. sc. Igor Vlahović

(titula, ime i prezime)



(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Dalibor Kuhinek

(titula, ime i prezime)