

UNIVERZITET U BEOGRADU  
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET

Jelena M. Stefanović

**STRATIGRAFSKA EVOLUCIJA JUŽNOG DELA GETSKE  
KARBONATNE PLATFORME TOKOM DONJE KREDE,  
JUGOISTOČNA SRBIJA**

doktorska disertacija

Beograd, 2026

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF MINING AND GEOLOGY

Jelena M. Stefanović

**STRATIGRAPHIC EVOLUTION OF SOUTHERN PART OF  
THE GETIC CARBONATE PLATFORM DURING THE  
EARLY CRETACEOUS, SOUTHEASTERN SERBIA**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2026

**Mentor:**

Dr Dejan Radivojević, vanredni profesor

Uža naučna oblast: Istorijska geologija

Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

**Članovi komisije za odbranu doktorske disertacije:**

Dr Draženko Nenadić, redovni profesor

Uža naučna oblast: Istorijska geologija

Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

Akademik Dr Milan Sudar, redovni profesor u penziji

Uža naučna oblast: Paleontologija

Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

Dr Uroš Stojadinović, redovni profesor

Uža naučna oblast: Dinamička geologija

Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

Dr Katarina Bradić-Milinović, docent

Uža naučna oblast: Istorijska geologija

Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

Dr Ivana Carević, redovni profesor

Uža naučna oblast: Regionalna geologija

Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet

**Datum odbrane doktorske disertacije:** \_\_\_\_\_

## Zahvalnica

Zahvaljujem se mentoru prof. dr Dejanu Radivojeviću na безусловnoj podršci i stručnoj pomoći, a naročito na velikom strpljenju tokom svih faza izrade ove disertacije. Njegovi nesebični saveti pružali su mi nove uvide u problematiku i bili podsticaj da se istraživanje uspešno privede kraju.

Posebnu zahvalnost dugujem prof. Đovani dela Porta na stručnom vođenju kroz svet karbonatne sedimentologije, konstruktivnim razgovorima i srdačnoj kolegijalnoj podršci tokom mog boravka na Univerzitetu u Milanu. Ujedno, hvala svim kolegama na Univerzitetu u Milanu koji su pomogli u istraživanju i geohemijskim analizama.

Izražavam duboku zahvalnost članovima komisije: prof. dr Draženku Nenadiću, akademiku Milanu Sudaru, prof. dr Katarini Bradić-Milinović, prof. dr Urošu Stojadinoviću i prof. dr Ivani Carević, na pristanku da budu deo komisije, kao i na korisnim savetima i komentarima koji su unapredili kvalitet ove disertacije.

Iskrenu zahvalnost dugujem prof. dr Ioanu Bukuru na dragocenoj pomoći pri paleontološkoj odredbi vrsta bentoskih foraminifera i zelenih algi. Takođe, zahvaljujem se prof. dr Elizabeti Erbi na preciznim odredbama nanoplanktona, kao i na specijalističkim diskusijama.

Posebnu zahvalnost dugujem akademiku Milanu Sudaru na iniciranju saradnje sa kolegama sa Univerziteta u Klužu (Rumunija), koja je uspešno realizovana kroz zajednička terenska istraživanja.

Takođe, cenim pomoć Slađane Teslić pri tumačenju rezultata Rock-Eval pirolize, kao i vreme izdvojeno za korisne razgovore o problematici organske materije. Jovani Malbašić hvala na pomoći pri SEM analizama, kao i njihovoj interpretaciji.

Hvala svim kolegama i prijateljima koji su bili uz mene tokom ovog višegodišnjeg puta. Na kraju, posebno mesto u ovoj zahvalnici pripada mojoj porodici, bez čijeg bi razumevanja, podrške i brige čitav ovaj proces bio neuporedivo teži, hvala vam dragi Stefanovići.

## Sažetak

Predmet istraživanja doktorske disertacije predstavljaju karbonati donjokredne starosti u okviru složenog sistema Getske karbonatne platforme (GKP). Analizirane su sedimentne stene otkrivene u okolini Dimitrovgrada (JI Srbija) u cilju određivanja faza razvoja karbonatne platforme kroz tri vremenske celine: berijas–valendin, valendin–otriv? i barem–apt. Primena facijalne, sedimentološke i biostratigrafske analize omogućila je definisanje litofacija i korelaciju 12 stratigrafskih stubova. U zavisnosti od karakteristika stena unutar svake stratigrafske celine, primenjene su i dodatne analitičke metode, uključujući SEM-EDS analizu, analizu stabilnih izotopa ugljenika i kiseonika i Rock-Eval pirolizu. Lateralne i vertikalne varijacije litofacija omogućile su izdvajanje stratigrafskih jedinica: I-III (berijas–valendin), IV-V (valendin–otriv?) i VI-VII (barem–apt). Donjokredna sedimentacija južnog dela GKP počinje plitkovodnom morskom sedimentacijom (subtajdal) u fotozoanskom režimu (I), koju prekida faza oplićavanja i subaerske erozije (II), što je potvrđeno analizom stabilnih izotopa. Jedinica III predstavlja fazu potapanja karbonatne platforme koju prati karbonatna sedimentacija u heterozoanskom režimu, karakterističnom i za jedinice IV i V, uz faze povećanog prinosa terigenog materijala. Ujedno, u ovim jedinicama potvrđeno je prisustvo bitumena kao i u jedinicama VI i VII, koje označavaju obnovu karbonatne platforme u fotozoanskom režimu. Složenu evoluciju GKP tokom rane krede obeležile su promene režima sedimentacije, potapanje i faze obnove platforme, kontrolisane međudejstvom eustatskih oscilacija, tektonikom, klimom i prinosa nutrijenata. Dobijeni rezultati potvrđuju postojanje regionalno sinhronih razvojnih trendova karbonatnih platformi u oblasti Tetisa.

**Ključne reči:** karbonati, facijalna analiza, Karpato-Balkanidi, stabilni izotopi, Rock-Eval piroliza, potapanje platforme

**Naučna oblast:** Geonauke

**Uža naučna oblast:** Istorijska geologija

**UDK broj:** 551.7:549.74"71"(043.3)

## **Abstract**

This doctoral thesis focuses on the Lower Cretaceous carbonates of complex system of the Getic carbonate platform (GCP). The sedimentary rocks of the Dimitrovgrad section (SE Serbia) were analysed in order to define the main evolutionary phases of carbonate platform through three stratigraphic intervals: Berriasian–Valanginian, Valanginian–Hauterivian? and Barremian–Aptian. The facies, sedimentological and biostratigraphical analyses were applied, and further SEM-EDS, stable isotopes of carbon and oxygen and Rock-Eval pyrolysis, depending on the characteristic of the sediments in each stratigraphic interval. The lateral and vertical stacking pattern of lithofacies allowed defining stratigraphic units: I-III (Berriasian–Valanginian), IV-V (Valanginian–Hauterivian?) and VI-VII (Barremian–Aptian). The evolution of the southern part of the GCP during the Early Cretaceous starts with shallow-water marine sedimentation (subtidal) (Unit I), followed by shallowing and subaerial exposure (Unit II), confirmed by geochemical analysis. Unit III represents the phase of platform drowning and carbonate sedimentation in heterozoan regime. This regime was also characteristic for the units IV and V, with phases of increased siliciclastic input. In these units the presence of bitumen was confirmed, as well as in Upper Barremian–Lower Aptian units, VI and VII, indicative of recovery of the carbonate platform in photozoan regime. The complex evolution of the GCP during Early Cretaceous defined by shallow-water sedimentation, platform drowning and its recovery, was controlled by the eustatic changes, tectonics, climate conditions and nutrient supply. The results confirm the regional synchronous trends of platform evolution in Tethyan realm.

**Key words:** carbonates, facies analysis, Carpatho-Balkanides, stable isotopes, Rock-Eval pyrolysis, platform drowning

**Scientific field:** Earth Sciences

**Scientific subfield:** Historical Geology

**UDC number:** 551.7:549.74"71"(043.3)

# Sadržaj

<b>1. UVOD</b>	<b>1</b>
<b>2. RANOKREDNI KARBONATNI SISTEMI</b>	<b>3</b>
2.1. KARBONATNE PLATFORME	3
2.1.1. Karbonatna fabrika	3
2.1.2. Potapanje karbonatne platforme	5
2.2. GEODINAMIČKA SKICA TOKOM RANE KREDE	5
2.2.1. Donjokredne karbonatne platforme Tetisa	6
2.2.2. Dakija Mega jedinica i Karpato-Balkanidi	8
2.3. KLIMA TOKOM PERIODA KREDE	11
<b>3. GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE ISTRAŽNOG PODRUČJA</b>	<b>14</b>
3.1. BERIJAS-VALENDIN	16
3.2. VALENDIN-OTRIV	17
3.3. BAREM-APT	18
<b>4. MATERIJAL I METODE</b>	<b>19</b>
4.1. MATERIJAL	19
4.2. METODE	19
4.2.1. Litofacijalna analiza	19
4.2.2. Biostratigrafska metoda	21
4.2.3. Metoda bojenja („staining technique“)	21
4.2.4. Skenirajuća elektronska mikroskopija sa energetske-disperzivnom spektrometrijom (SEM-EDS)	21
4.2.5. Analiza stabilnih izotopa ugljenika i kiseonika	22
4.2.6. Rock-eval piroliza	22
4.2.7. Organsko-hemijske analize	22
<b>5. LITOFACIJALNA ANALIZA</b>	<b>23</b>
5.1. BERIJAS-VALENDIN	23
5.1.1. Sedimentne jedinice i facijalna karakterizacija	23
5.1.2. Biostratigrafija	38
5.2. VALENDIN-OTRIV	39
5.2.1. Sedimentne jedinice i facijalna analiza	39
5.2.2. Biostratigrafija	49
5.3. BAREM-APT	49
5.3.1. Sedimentne jedinice i facijalna analiza	49
5.3.2. Biostratigrafija	59
<b>6. GEOHEMIJSKA ANALIZA</b>	<b>62</b>
6.1. ANALIZA STABILNIH IZOTOPA UGLJENIKA I KISEONIKA	62
6.2. SKENIRAJUĆA ELEKTRONSKA MIKROSKOPIJA SA ENERGETSKO-DISPERZIVNOM SPEKTROMETRIJOM (SEM-EDS)	64
6.3. ROCK-EVAL PIROLIZA	66
6.3.1. Valendin-otriv?	66
6.3.2. Barem-apt	67
6.4. ORGANSKO-HEMIJSKE ANALIZE	68
<b>7. DISKUSIJA - EVOLUCIJA I KONTROLNI FAKTORI KARBONATNE DEPOZICIJE TOKOM NAJSTARIJE KREDE</b>	<b>70</b>
7.1. BERIJAS-VALENDIN – JEDINICE I-III	70
7.1.1. Depozicione sredine	70
7.1.2. Biostratigrafija	74
7.1.3. Geohemijska analiza – stabilni izotopi ugljenika i kiseonika	75
7.1.4. Korelacija sa sinhronim sistemima	76
7.1.5. Kontrolni faktori karbonatne depozicije u severnom delu Peri-Tetisa tokom najstarije krede	77
7.2. VALENDIN-OTRIV? – JEDINICE IV-V	79
7.2.1. Depozicione sredine	79
7.2.2. Biostratigrafija	82
7.2.3. Korelacija sa sinhronim sistemima	82
7.2.4. Organska materija	83
7.3. BAREM-APT	84
7.3.1. Depozicione sredine	84
7.3.2. Biostratigrafija	86
7.3.3. Korelacija sa sinhronim sistemima	86
7.3.4. Organska materija	87

7.4. MODEL JUŽNOG DELA GETSKE KARBONATNE PLATFORME.....	87
<b>8. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>89</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>91</b>
<b>PRILOZI .....</b>	<b>108</b>

## 1. Uvod

Prostor Istočne Srbije je velikim delom izgrađen od karbonatnih stena različite starosti, među kojima se posebno izdvajaju kredni karbonati otkriveni u okviru dve geotektonske jedinice: Getikuma i Danubikuma. Getikum ima generalno pružanje sever-jug u vidu pojasa, koji se nastavlja na teritorije Rumunije i Bugarske. Na prostoru Rumunije ovi karbonati pripadaju Getskoj karbonatnoj platformi (GKP), definisanoj kao „kompleksni sistem karbonatnih platformi“ (Patrulius, 1976).

Opsežnija istraživanja koja su se odnosila na donjokredne sedimente su sprovedena prilikom izrade Osnovne geološke karte (OGK) i doktorskih disertacija (Jankičević, 1978; Carević, 2011). Facijalna analiza na koju se nadovezuje izdvajanje facijalnih asocijacija, a zatim izdvajanje depozicionih sredina, je do sada sporadično primenjivana na prostoru Karpatobalkanida (Ivanova et al., 2008; Sudar et al., 2008). Takođe, pojedinačni lokaliteti su istraživani sa stanovišta biostratigrafije i sedimentologije (Carević et al., 2013; Bucur et al., 2020). Međutim nedostatak detaljnijih sedimentoloških i biostratigrafskih istraživanja na širem prostoru ogleda se i u izostanku uporedne studije koja bi uključila depozicioni model i geometriju karbonatne platforme. Posebno značajan aspekt odnosi se na periode prekida sedimentacije i način na koji su te promene uticale na karakter karbonatne fabrike („carbonate factory“).

Definisanje tačne starosti u okviru donjokrednih sedimenata predstavlja drugu značajnu problematiku. Prema podacima OGK, donja granica krednih sedimenata je izvedena na osnovu povećane zastupljenosti pojedinih organizama (Anđelković i dr., 1969) ili aproksimativno (Vujisić i dr., 1971). Bucur et al. (1995; 2020) jasno ukazuju na potrebu da se starost tvorevina koje su definisane kao donjokredne revidira i ponovo definiše, a kao poseban izazov su se izdvojile sedimentne stene berijas–otriva. Drugi aspekt ove problematike je izostanak biostratigrafski značajnih fosilnih grupa kao što su amoniti, zelene alge, bentoske foraminifere, kalpionelide i nanoplanktonske forme. Preliminarna istraživanja ukazuju na lokalno prisustvo organske materije, što otvara dodatna pitanja u vezi evolucije ovog dela Karpatobalkanida. Sagledavanje ovih pojava predstavlja važan segment u celokupnom geološkom razvoju istraživanog područja.

Cilj ovog istraživanja je rekonstrukcija evolucije južnog dela Getske karbonatne platforme tokom rane krede, sa posebnim osvrtom na promene režima karbonatne fabrike, faze prekida sedimentacije i njihov regionalni značaj. Analizirano je više od 800 m karbonatnih i karbonatno-terigenih sedimenata, sa osnovnim zadatkom izdvajanja i karakterizacije litofacija, kao i odredbom njihovih lateralnih promena, na osnovu čega je omogućeno definisanje stratigrafskih jedinica. Svaka od jedinica predstavlja rezultat depozicije pri određenim uslovima ustanovljenim sedimentološkim, biostratigrafskim i geohemijskim pokazateljima. Dalji cilj je odredba stratigrafskog položaja istraživanih sedimenata i razmatranje uzroka i posledica diskontinuiteta u sedimentaciji. Završni cilj predstavlja uspostavljanje lokalne i regionalne korelacije karbonatnih sekvenci sa drugim delovima Getske karbonatne platforme, naročito sa bugarskim segmentom, i drugim poznatim karbonatnim sistemima severne margine Tetisa.

Rad je organizovan u osam poglavlja. U prvom poglavlju dat je uvod u problematiku istraživanja, definisan je istražni okvir i ciljevi rada. Drugo poglavlje sumira teorijske osnove krednih sistema sa posebnim osvrtom na karbonatne platforme, režime karbonatne sedimentacije i procese potapanja platforme, a zatim, globalne geološke i klimatske uslove tokom rane krede.

U trećem poglavlju navedene su osnovne geološke karakteristike istražnog područja u tri celine, odnosno tri stratigrafska intervala: berijas–valendin, valendin–otriv i barem–apt. Četvrto poglavlje obuhvata pregled analiziranog materijala i primenjene metodološke procedure.

Deo rezultata koji obuhvata litofacijalnu i biostratigrafsku analizu prikazan je u petom poglavlju, prateći stratigrafske celine definisane u trećem poglavlju. Drugi deo rezultata predstavljen je u poglavlju šest i uključuje analize stabilnih izotopa, SEM-EDS, Rock-Eval pirolizu i organsko-hemijske analize.

Integracija svih rezultata, njihova interpretacija, sa fokusom na rekonstrukciju depozicionih sredina, korelaciju sa sinhronim karbonatnim sistemima i razmatranje kontrolnih faktora karbonatne depozicije, izneto je u poglavlju sedam. Završno, u osmom poglavlju izneti su glavni zaključci istraživanja.

Deo rezultata koji se odnosi na berijasko-valendinske krečnjake publikovan je u radu Stefanović et al. (2025a), a odgovarajući deo disertacije oslanja se na navedenu publikaciju.

## 2. Ranokredni karbonatni sistemi

Period krede se deli na donju (pre 142–100 miliona godina) i gornju (pre 100–66 miliona godina), i predstavlja period mezozoika karakterističan po raznolikosti flore i faune, zatim tektonskim pokretima Alpske orogeneze, ali i specifičnim klimatskim uslovima, koje odlikuju promene velikih amplituda. Karbonatni depozicioni sistemi direktno nastali interakcijom biosfere, klime i tektonike, u tom smislu nose zapis o nekoliko evolutivnih faza prepoznatih na globalnom nivou.

### 2.1. Karbonatne platforme

Karbonatna platforma je generalni termin za sve one složene depozicione sisteme u kojima dominira karbonatna depozicija, koja se odlikuje velikom debljinom karbonatnih stena. Osnovna podela platformi se odnosi na njihovu geometriju, odnosno morfološki oblik (šelf, rampa, izolovana karbonatna platforma i intraplatformski baseni, kao i nekoliko podkategorija; Tucker & Wright, 1990). Za razliku od siliciklastičnih sistema u kojima je deponovani materijal u nekom obliku pretrpeo transport, karbonatni sistemi predstavljaju rezultat veoma složenih odnosa same sredine depozicije, bioloških, hemijskih i fizičkih faktora. Kao najznačajnija razlika između ova dva sistema ističe se uticaj i učešće organizama tokom karbonatne depozicije (Schlager, 2005).

Karbonati nastaju taloženjem minerala koje u slučaju morskih karbonata može biti abiotsko i biotsko (Schlager, 2005). Najveća količina karbonata u savremenim okeanima nastaje biotskom precipitacijom odnosno u vidu složenih skeleta različitih organizama. Schlager (2005), kao i Lowenstam & Weiner (1989) pre njega, razlikuju biotski indukovanu i biotski kontrolisanu depoziciju, a u okviru kontrolisane heterotrofnu i autotrofnu. U uslovima smanjene biotske precipitacije, abiotska depozicija može postati dominantna.

Najbitniji faktori koji utiču na biotski kontrolisanu precipitaciju su osvetljenost, temperatura i hemizam vode. Verovatno kao najbitniji faktor karbonatne depozicije bi se mogla izdvojiti osvetljenost, jer je najveći broj organizama fotosintetski, odnosno koriste energiju sunčeve svetlosti kako bi obavljali proces fotosinteze. Zato sa povećanjem dubine produkcija opada, a isto tako produktivnost potpuno prestaje iznad nivoa vode (supratajdal), jer se karbonatni materijal rastvara pod uticajem meteorske vode (najčešće kišnica). Efektivno proces karbonatne depozicije se odvija u određenim rasponima temperature (temperaturni prozori) koji se razlikuju za različite grupe organizama. Takođe, ističe se uticaj geografske dužine na tip karbonatne precipitacije, što se takođe dovodi u vezu sa temperaturnim vrednostima. Nutrijenti (hemijski elementi i neorganska jedinjenja) su takođe esencijalni za razvoj organske materije, ali za razliku od ustaljenog mišljenja sredine bogate nutrijentima nisu pogodne za karbonatne sisteme (Schlager, 2005). U sredinama koje obiluju nutrijentima organizmi kao što su autotrofi su potisnuti od strane filtratora, a ujedno dolazi i do povećane bio-erozije. Faktor koji može uticati na biotsku produkciju je i salinitet, ali ograničenog efekta.

#### 2.1.1. Karbonatna fabrika

Pod pojmom karbonatne fabrike („carbonate factory“) podrazumeva se prostor u kome se stvara karbonatni materijal, ali i procesi koji prethode karbonatnoj sedimentaciji (Schlager, 2003; Wright & Della Porta, 2024). Na osnovu dominantnih grupa organizama i tipa njihove ishrane James (1997) razlikuje dva tipa asocijacija: 1) fotozoanska asocijacija, dominiraju fototrofni organizmi, zavisni od svetlosti i temperature; 2) heterozoanska asocijacija, dominiraju heterotrofni organizmi, uglavnom filtratori koji prerađuju organski materijal. U skladu sa tim karbonatne fabrike mogu biti fotozoanske i heterozoanske, a u poslednjih 20 godina ističe se značaj i trećeg tipa 3) mikrobialne („microbial“) fabrike (Riding, 2000; Della Porta, 2003a). Klasifikacije i osnovne karakteristike karbonatnih fabrika i njihovih asocijacija

navedene su u Tabeli 2.1. Fotozoanska asocijacija je tipična za toplu vodu i karbonatne platforme sa visokim stepenom prozračnosti. Glavni proizvođači karbonatnog materijala su sesilni i bentoski organizmi, koji su često sposobni da grade velike krečnjačke strukture (korali, stromatoroidi) (Wright & Della Porta, 2024). Zbog osetljivosti organizama na prinos nutrijenata i količinu dostupne svetlosti, promene nivoa vode i povećanje akomodacionog prostora direktno dovode do potapanja sistema ove dominantne asocijacije. Za razliku od njih, heterozoanske grupe organizama su manje osetljive na promene količine nutrijenata, a ujedno nezavisne su od količine svetlosti i temperature. Zbog toga su heterozoanske karbonatne fabrike otpornije na potapanje platforme. Takođe, karbonatna fabrika je uvek heterozoanskog tipa u prostorima niskih ili nižih temperatura, ali nije svaka heterozoanska fabrika isključivo vezana za takve uslove (James, 1997).

**Tabela 2.1.** Pregled tri tipa karbonatne fabrike, njihovih glavnih fosilnih asocijacija, tipova platformi gde su zastupljene i njihovih naziva, odnosno definicija, prema različitim autorima.

TIP KARBONATNE FABRIKE		FOTOTROFNA KARBONATNA FABRIKA	HETEROTROFNA KARBONATNA FABRIKA	MIKROBIALNA KARBONATNA FABRIKA
<b>ORGANIZMI</b>		Fototrofni organizmi; uglavnom sesilni, bentoski; foraminifere, hermatipski korali, krečnjačke zelene alge itd.	Heterotrofski organizmi; prerađuju organski materijal uglavnom mehanizmom filtracije; školjke, briozoe, brahiopode, crvene alge itd.	Mikroorganizmi; npr. sulfatne bakterije
<b>USLOVI SREDINE</b>		Nizak prinos nutrijenata; visok salinitet; velika prozračnost; optimalni temperaturni uslovi; osetljivi na potapanje karbonatne platforme	Visok prinos nutrijenata; nizak salinitet; temperaturno nezavisni; otporni na potapanje kar. platforme	Nezavisni od dubine; otporniji na potapanje karbonatne platforme
<b>TIP KARBONATNE PLATFORME</b>		„Rimmed carbonate platform“ (karbonatna platforma sa grebenom)	Karbonatne rampe	Karbonatna platforma sa grebenom
<b>AUTORI</b>	<b>James (1997)</b>	Fotozoanska asocijacija („fotozoan association“)	Heterozoanska asocijacija („heterozoan association“)	Mikrobialna fabrika („microbial factory“) (cf. Pomar 2008)
	<b>Lees &amp; Buller (1972)</b>	Hlorozoanska asocijacija („Chlorozoan association“)		
	<b>Schlager (2000; 2003)</b>	Tropska T fabrika („Tropical T factory“)	Hladna C fabrika („Cool water C factory“)	
	<b>Pomar (2001)</b>	Eufotični organizmi („Euphotic biota“)	Oligotrofski organizmi („Oligotrophic biota“)	
	<b>Pomar &amp; Hallock (2008)</b>	a) Tropska plitkovodna fabrika („Tropical shallow-water factory“) b) Fabrika neritskog karbonatnog mulja („Neritic lime mud“)		
	<b>Michael et al. (2018)</b>		a) Visoko produktivni sistem organizama suspenzora („highly productive system of suspension-feeding org.“) b) Crvene alge i fragmenti morske trave („red algae and seagrass derived biota“)	

Kiessling et al. (1999) su izdvojili glavne fosilne grupe tokom kasne jure-rane krede, a zatim Höfling & Scott (2002) navode najznačajnije fosilne asocijacije tokom ovog perioda: 1. sunderi-alge; 2. korali-alge; 3. korali-stromatoroidi; 4. korali-stromatoroidi-rudisti; 5. korali-rudisti; 6. dominantno rudisti i 7. dominantno alge-mikrobialiti.

Tokom perioda kasne jure korali se izdvajaju kao značajni graditelji sprudova. Iako se broj koralnih rodova značajno povećao tokom berijas-barema i njihova je diverzifikacija

dostigla maksimum tokom valendina (Löser, 1996), njihovo učešće kao graditelja sprudova tokom rane krede je podređeno u odnosu na gornju juru.

Rudisti dobijaju na značaju kao bitne komponente sprudova, ali ne kao njihovi graditelji (Ross & Skelton, 1993), tokom rane krede. Njihov razvoj je definisan pojavom različitih morfotipova: prva faza razvoja, od kimeridža do srednjeg apta, podrazumeva razviće klingera („clingers“) (Diceratidae i Requienidae), prostih rekumbenati („recumbents“) i elevatora („elevators“). Ekološka kriza tokom srednjeg valendina, koja je povezana sa anoksičnim događajem, nije uticala na rudiste i njihovu evoluciju (Höfling & Scott, 2002). Tokom apta se pojavljuju prvi složeni rekumbenti (Caprinidae) kod kojih aragonitska tekstura postaje značajna za izgradnju ljuštura. Srednji apt izdvaja se po ekološkoj krizi i sledećem anoksičnom događaju koji je značajno uticao na asocijaciju rudista.

Tokom kasne jure učešće stromatoroida, odnosno sundera, u izgradnji sprudova postaje značajno, a zatim se smanjuje tokom rane krede, ali i dalje ostaje važno.

### 2.1.2. Potapanje karbonatne platforme

Schlager (1981) navodi da kada tonjenje i porast nivoa mora nadmaše stepen akumulacije sedimenata, dolazi do potapanja karbonatne platforme („platform drowning“). Drugim rečima, kada karbonatna fabrika nije u stanju da se prilagodi promenama uslova sredine, dolazi do opadanja njene produktivnosti. U tom smislu potapanje obično podrazumeva: sekvencu plitkovodnih sedimenata preko kojih se nalaze dubokovodni; zatim sinsedimentacionih litifikovanih površi („hardgrounds“<sup>1</sup>) sa korom oksida gvožđa i mangana, fosfata i glaukonita između plitkovodne i dubokovodne sekvence, i efekte meteorske dijageneze usled subaerske izloženosti koja prethodi potapanju. U brojnim slučajevima subaerska izloženost rezultirala je karstifikacijom i/ili formiranjem paleozemljišta–kaliće („calcrete“<sup>2</sup>) (Schlager, 1989; Hillgärtner, 1998; Gawlick & Schlagintweit, 2006; Merino-Tomé et al., 2012; Godet et al., 2013). Potapanje karbonatne platforme može pratiti i povećani prinos siliciklastičnog materijala. Pojedine grupe organizama nisu u stanju da pozitivno odgovore na promene procesa nutrifikacije (Schlager, 1981, 1989, 1999a,b; Schlager & Camber, 1986), pa se menja tip karbonatne produkcije.

## 2.2. Geodinamička skica tokom rane krede

Period mezozoika obeležio je raspad Pangee (Dercourt et al., 2000; Stampfli & Borel, 2002; Schmid et al., 2020). Jedan od najznačajnijih događaja u tom kontekstu je donjotrijasko otvaranje Centralnog Atlantika. Duž jedne od riftnih grana Centralnog Atlantika odvojene su Severna i Južna Amerika od Evrope i Afrike (Slika 2.1.). Alpski Tetis, predstavljajući istočnu granu Centralnog Atlantika, otvoren je u ranoj juri (Stampfli & Borel 2002; Schmid et al., 2008). Ovaj okean prati izalučnu zonu južne margine Evropskog kontinenta, pod koju se subdukovao Neotetis. U svojim najistočnijim delovima, Alpski Tetis, se grana na Piemont-Ligurijski, Valais-Magura i Čeahlau-Severin okeane duž kojih su odvojene Tisija Mega jedinica i delimično Dakija Mega jedinica (Schmid et al., 2008, van Hinsbergen, 2020; Slika 2.2.) od evropske margine.

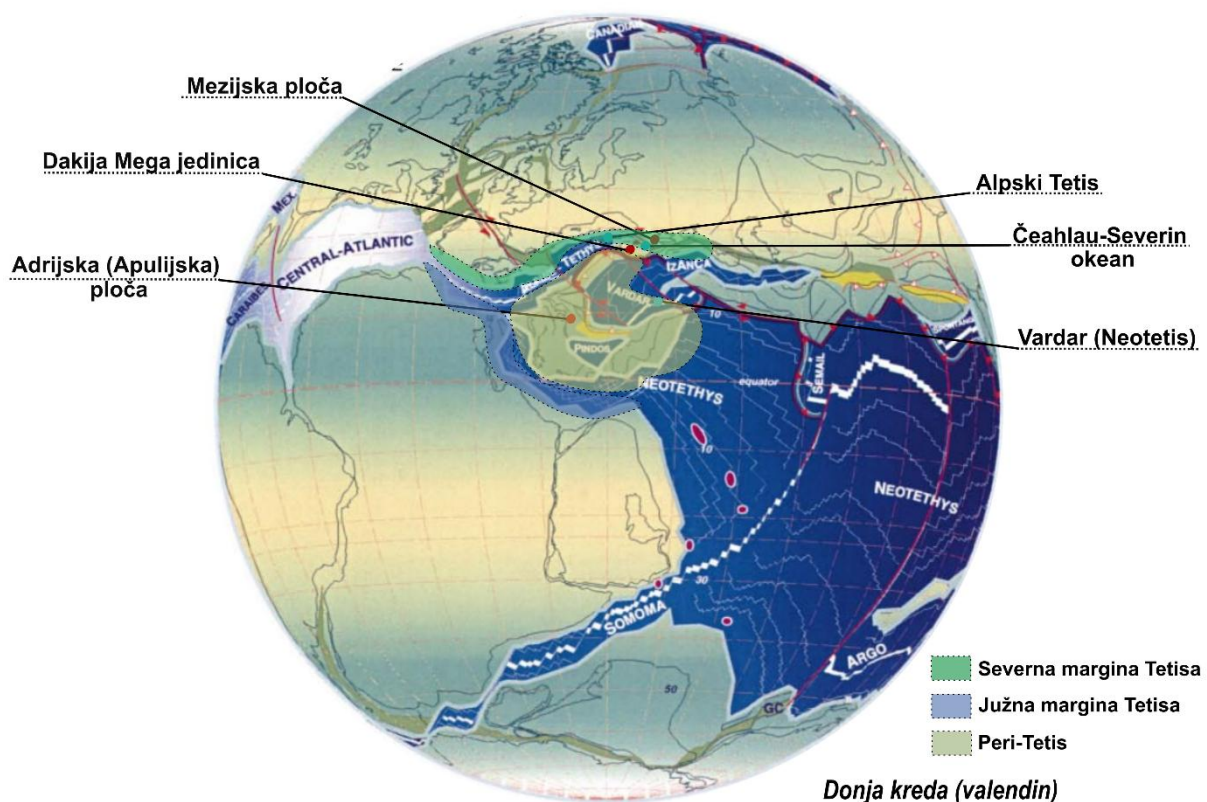
Neotetis je definisan kao skup svih okeanskih prostora jugoistočno od Alpskog Tetisa (Stampfli & Hochard 2009; Schmid et al., 2008). Njegovu zapadnu granu tokom trijasa činio je Meliata-Maliac-Vardar okean (Slika 2.1.; Stampfli & Borel, 2002), ali se brojni autori koji su radili na ovoj problematici ne slažu po pitanju broja okeana (jedan ili nekoliko). Danas se ostaci ovog

---

<sup>1</sup> *Hardground*, eng. - je geološki pojam za očvrslu, litifikovane površine na morskom dnu koje se formiraju tokom sedimentacije. Pojavljuju se kada karbonatni, silicijski ili gvožđeviti minerali cementuju sedimente na mestu deponovanja pre njegovog zatrpavanja sedimentima. Imaju veliki geološki značaj jer predstavljaju dokaz vremena nedeponovanja ili erozije u morskim sredinama.

<sup>2</sup> *Calcrete*, eng. - kaliće, karbonatna kora (Grubić i dr. 1996). Zemljište formirano na osnovi bogatog kalcitom.

okeana nedvosmisleno nalaze u okviru Vardarske zone, ali se njihovo rasprostranjenje u zapadnim delovima, kao i vreme zatvaranja samog okeana, dovodi u pitanje u zavisnosti koju teoriju autori zastupaju (Toljić et al., 2018; Prelević et al., 2024). Obdukcija koja je zahvatila prostor današnje zapadne Srbije se prema Schmid et al., (2008) odigrala tokom kasne jure–rane krede. Na prostoru Evrope istovremeno postoje dva velika okeanska sistema: Alpski Tetis i Neotetis (Slika 2.1.), koji predstavljaju glavne prostore duž kojih su se dešavale tektonske promene, a koji istovremeno odvajaju kontinentalne entitete koji u širem smislu pripadaju Evropskom, odnosno Afričkom kontinentu. Prema tome, Neotetis, ili Vardarski okean, odvaja marginu Evrope, kontinentalne jedinice evropskog afiniteta, i distalnu marginu Adrije, odnosno kontinentalne jedinice afričkog afiniteta. Evolucije ova dva glavna okeanska prostora u spregnutom sistemu su podjednako uticale na formiranje tektonskih okvira današnje jugoistočne Evrope (Slika 2.3.).



**Slika 2.1.** Prikaz rasporeda kontinenata i okeana tokom rane krede (valendin). Otvaranje Centralnog Atlantika rezultiralo je raspadom Pangee. Evropski kontinent (na skici fiksiran u današnji položaj) izložen je širenju Alpskog Tetisa (istočna grana Centralnog Atlantika) i Neotetisa. Modifikovano prema Stampfli & Borel (2002).

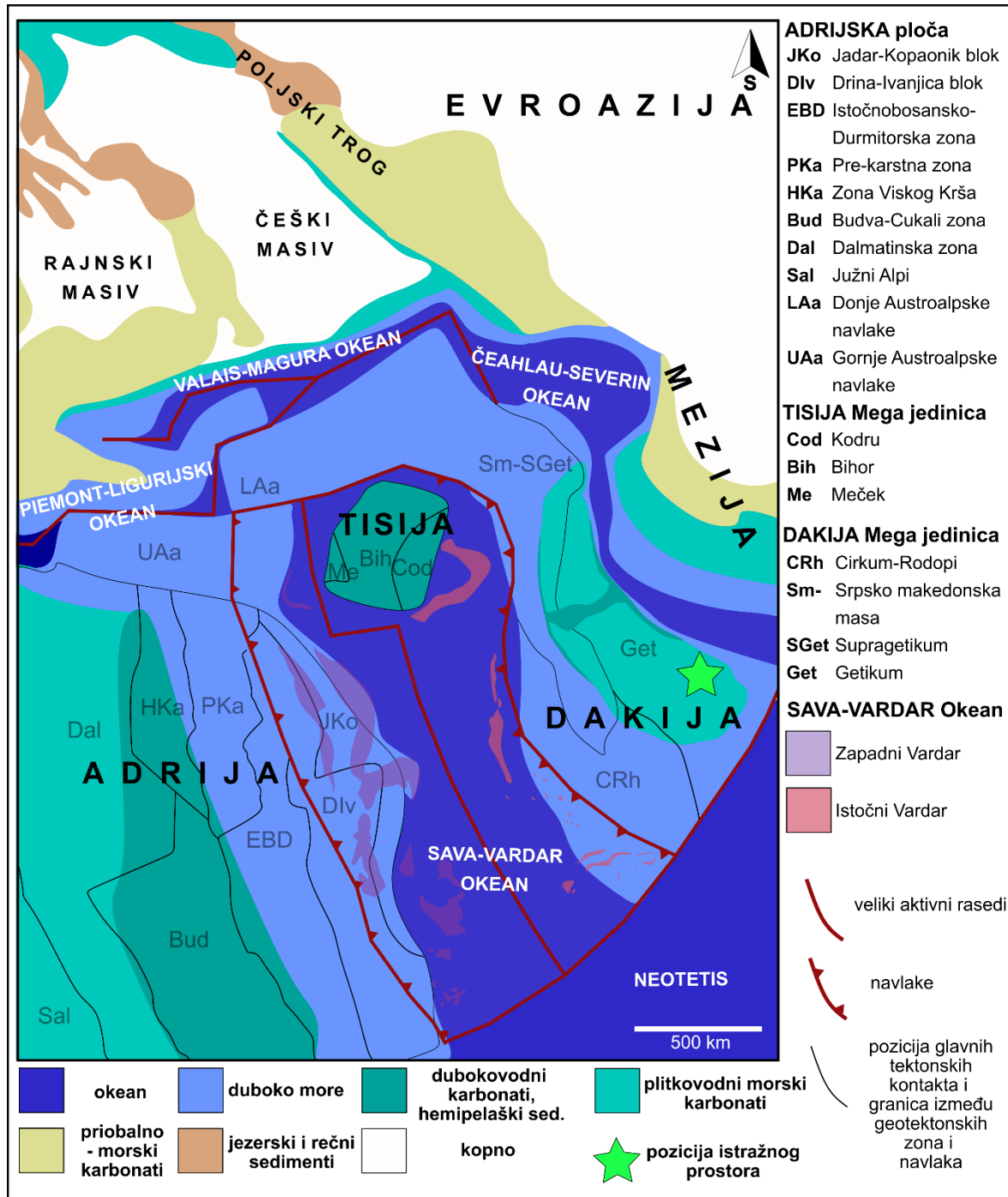
Dinaridi, Karpato-Balkanidi (KB) i Vardarska zona predstavljaju glavne geotektonske jedinice Srbije i njihov nastanak je posledica tektonskih faza od kasne jure do danas. Cvetković et al. (2016) su predložili rejonizaciju na pre-, sin- i post-varcarsko-tetisku tektoniku, u odnosu na period postojanja Vardarskog okeana. Glavni okeanski prostor koji odvaja Dinaride, kao deo Afričkog kopna u širem smislu, i KB, kao deo Evropskog kontinenta, je bio Neotetis, odnosno Vardarski okean (Slika 2.1.).

### 2.2.1. Donjokredne karbonatne platforme Tetisa

Prostori severne i južne margine Tetisa karakteristični su po široko rasprostranjenim karbonatnim sistemima gornjojurske–donjokredne starosti (Dercourt et al., 2000; Kiessling et al., 2003; Höfling & Scott 2002). Ovi plitkovodni karbonatni sistemi sadrže zapise o globalnim promenama tokom ovog perioda, koje su bile posledica klimatskih varijacija, tektonike i

eustatskih promena nivoa mora (Föllmi, 2012). Na osnovu geografskog položaja izdvojene su oblasti severne i južne margine Neotetisa, kao i oblasti između -Peri-Tetis (Dercourt et al., 2000; Gaetani et al., 2003).

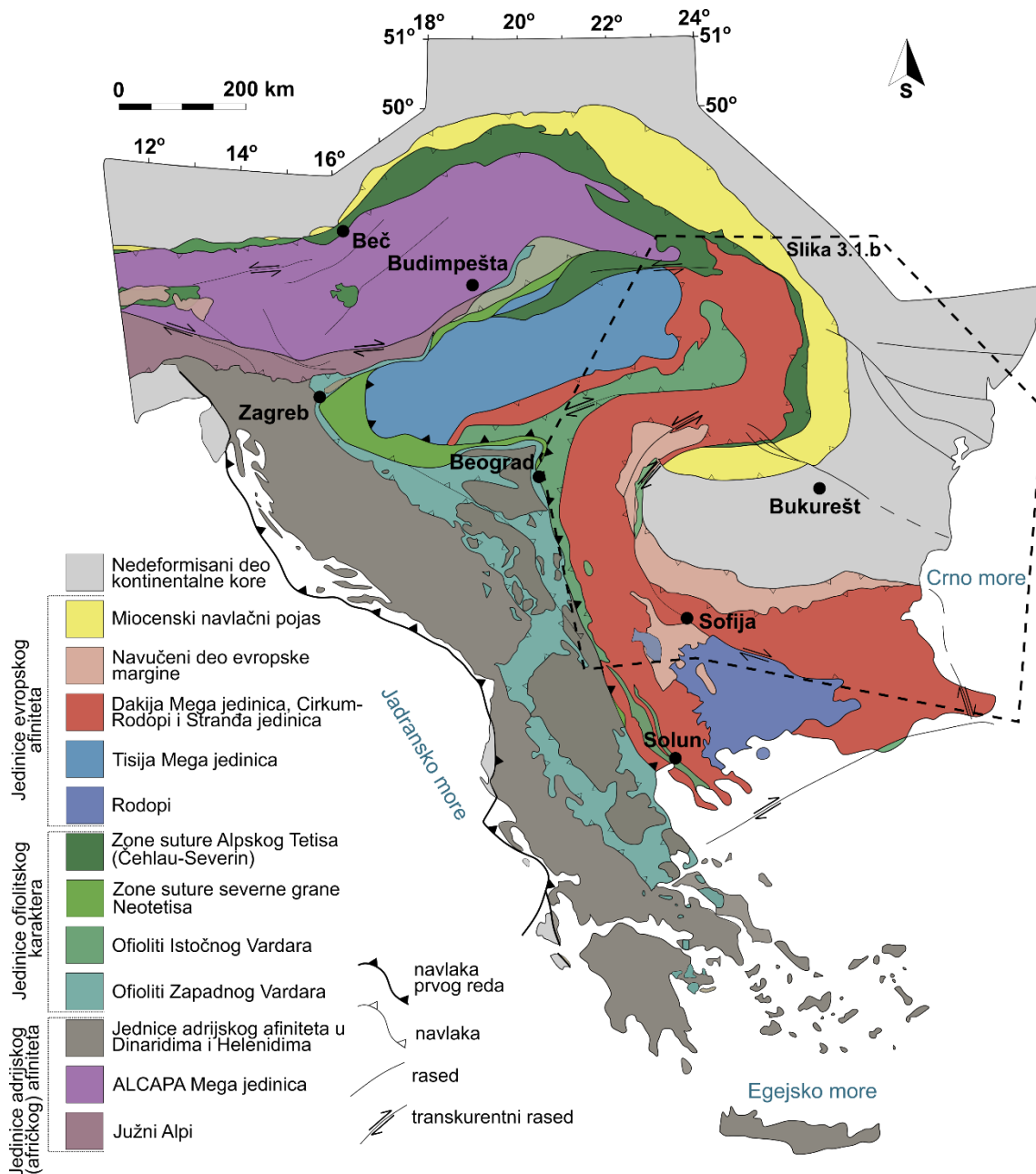
Tokom rane krede, a naročito tokom valendina i otriva, došlo je do potapanja karbonatnih platformi (Schlager, 1981) duž severne (Jura platforma, Vokontijski basen, Helvetska platforma) i južne (Panormide karbonatna platforma – Sicilija) margine Neotetisa, ali i u oblasti Peri-Tetisa (Getska karbonatna platforma, Cirkum-Rodopska platforma) (Slika 2.1.).



**Slika 2.2.** Paleogeografska skica dela oblasti Tetisa, uključujući buduće Dinaride, Alpe, Zapadne, Istočne i Južne Karpate, tokom najstarije krede (modifikovano prema Dercourt et al., 2000). Pozicije glavnih geotektonskih jedinica su definisane na osnovu van Hinsbergen et al. (2020). Aproximativan položaj istražnog područja je obeležen zelenom zvezdom i prema Dercourt et al. (2000) Getikum se tokom rane krede nalazi na 25° severne geografske širine (Bucur et al., 1995). Prilagođeno na osnovu Stefanović et al. (2025a).

## 2.2.2. Dakija Mega jedinica i Karpato-Balkanidi

Kontinentalni entitet odvojen od stabilne margine Evrope kao posledica širenja Alpskog Tetisa odnosno jedne njegove grane, Čeahlau-Severin okeana, nosi naziv Dakija Mega jedinica (Slika 2.2.). Ovaj okean otvoren je u srednjoj ili gornjoj juri (Ștefănescu, 1995 u Schmid et al., 2008), a zatvoren tokom rane (Sandulescu, 1994) ili kasne krede (Merten, 2011). Ostaci njegove okeanske kore su otkriveni u Rumuniji u vidu Čeahlau-Severin ofiolitske zone, dok u Srbiji i Bugarskoj njegovi ostaci nisu pronađeni (Krstekanić et al., 2020). Ova pojava je interpretirana kao polovično razvijeni – napušteni rift, odnosno da je odvajanje Dakije od Evropske margine bilo nepotpuno.



**Slika 2.3.** Položaj i rasprostranjenje glavnih geotektonskih jedinica (izdvojenih prema afinitetu: adrijski (afrički) i evropski, i dodatno izdvojene jedinice ofiolitskog karaktera) na prostoru jugoistočne Evrope (modifikovano prema Schmid et al., 2020).

Dakija Mega jedinica je danas sastavljena od sistema navlaka koje se mogu pratiti na prostoru Južnih i Istočnih Karpata, a koji se najvećim delom nalaze na teritoriji Rumunije (Slika 2.3.). Južni Karpati se nastavljaju u Srbiju i Bugarsku, gde nose naziv KB. U tom smislu mogu se izdvojiti sistemi navlaka od istoka ka zapadu (Istočni, Južni Karpati i KB): Infrabukovinian-

Getikum-Krajište-Sredna Gora i Srpsko-makedonska jedinica-Supragetikum-Subbukovinian-Bukovinian-Biharija jedinice (Schmid et al., 2008). Pregled lokalnih imena tektonskih jedinica, kao i njihove podele prema različitim autorima, dat je u Tabeli 2.2. Poslednjih godina kako bi se pojednostavio geološki pregled najprihvaćenija je terminologija rumunskih geologa. U skladu s tim, na teritoriji Srbije su prihvaćeni sledeći nazivi navlaka (od zapada ka istoku): Srpsko makedonska masa-Supragetikum-Getikum-Danubikum.

Srpsko makedonska masa (SMM) predstavlja najviše postavljenu navlaku u KB orogenu, sačinjenu od dva nivoa metamorfita. Druga navlaka u sistemu KB, navučena preko Getikuma, a strukturno smeštena niže u odnosu na SMM, je Supragetikum. Ovu navlaku je Dimitrijević (1997) definisao kao Gornjak-Ravanica jedinicu, a Karamata (2006) kao Ranovac-Vlasina teran (Tabela 2.1.).

Getikum je generalni naziv za navlaku u KB i Južnim Karpatima koja leži ispod Supragetikuma, a preko Čeahlau-Severin ofiolita u Južnim Karpatima, odnosno preko Danubikuma u KB. U okviru ove navlake je većina autora izdvajala nekoliko tektonskih jedinica (Tabela 2.2.). Slično kao Supragetikum, sastoji se od proterozojsko- rifeokambrijumske metamorfne osnove, poznate kao Homoljski kristalinski kompleks. Sedimentacija počinje u gornjem karbonu i nastavlja se sve do kraja paleozoika. Tokom ovog perioda taložile su se preflišne i flišne naslage devonsko-donjokarbonske starosti, a preko transgresivno leže permske terigene klastične naslage, poznate kao crveni permški peščari (Dimitrijević, 1997). Mezozojska sedimentna sekvenca počinje transgresijom u mlađem trijasu, kada su taložene klastične naslage, a zatim na prelazu donja-srednja jura otpočinje karbonatna sedimentacija koja je trajala sve do kraja rane krede (Dimitrijević, 1997). Slojevi karbonata velikih debljina nastali su taloženjem u okviru složenog karbonatnog sistema, na teritoriji Rumunije poznatom kao Getska karbonatna platforma (Patrulius, 1976). Sedimentacija u okviru samog sistema trajala je tokom kasne jure-rane krede, a najznačajnija promena i prestanak karbonatne sedimentacije koja se odigrala tokom apt-alba je prepoznata na širem prostoru Neotetisa. Ovaj regionalni sedimentacioni prekid odgovara Austrijskoj tektonskoj fazi tokom koje počinje formiranje KB-a. Depozicija se na prostoru Getikuma u gornjoj kredi obnavlja i počinje karbonatno-terigena sedimentacija, istovremena sa otvaranjem Timočke eruptivne oblasti u mlađoj gornjoj kredi.

Najniže postavljena navlaka sistemu KB-a je Danubikum i za razliku od prethodno opisanih jedinica jedina predstavlja deo stabilne Evropske margine, tj. Mezijske ploče. Ovaj tektonski entitet nije bio odvojen Čeahlau-Severin okeanom već je nastao tokom procesa formiranja orogena. Na teritoriji Srbije, Karamata (2006) je izdvojio dva terana: Vrška Čuka-Miroč i Staraplanina-Poreč koji odgovaraju Danubikumu. Ove jedinice nemaju kontinuirano i jedinstveno pružanje već su odvojene, što je posledica eocensko-miocenske rotacije Južnih Karpata i KB oko Mezijske ploče (Krstić & Karamata, 1992; Kräutner & Krstić, 2006; Schmid et al., 2020) i istovremenog formiranja sistema desnih transkurentnih raseda duž kojih je kretanje dostizalo vrednosti od 65–100 km (Krstekanić et al., 2021). Zasebno definisani delovi Danubikuma na prostoru KB imaju slično stratigrafsko razviće tokom mezozoika na osnovu koga su primarno i dovedeni u vezu (Karamata 2006). Dimitrijević (1997) navodi prekambrijumske do rifeokambrijumske metamorfite kao osnovu, dok su sedimentne tvorevine paleozoika različito zastupljene. Trijaski sedimenti imaju slično razviće, dok uniformno razviće imaju donjojurske klastične tvorevine. Transgresivno preko njih se nalaze gornjojurske-donjokredne karbonatne tvorevine. Konačno, glavna razlika u odnosu na susedni Getikum jeste razvoj pelaških sedimenata alb-turonske starosti, a zatim turonsko-senonskog fliša (Schmid et al., 2008).

Višefazno formiranje složenog, istočnovergentnog, orogenog sistema KB otpočelo je u kredi. Najvažnije faze Alpske orogeneze za nastanak Karpata, odnosno Južnih Karpata i KB su Austrijska i Laramijska. Prva je vezana za period donji apt-alb, tokom koje je zatvoren Čeahlau-

Severin i inicirani su prvi pokreti navlačenja Getikuma preko ofiolita. Van Hinsbergen et al. (2020) konkretno navode kompresionu fazu koja je trajala od 110 do pre 100 miliona godina (alb) ili prošireno od 135 do pre 95 miliona godina (valendin–turon), tokom koje su ofioliti Istočnovardarske zone navučeni na Dakiju, navlaka Supragetikuma na Getikum, i Getikum na Čeahlau-Severin jedinicu. Formiranje Danubikuma se ipak vezuje za drugu fazu koja se odigrala od donjeg kampana do mastrihta. U prilog tome govori starost turon–senonskog fliša koji prekriva kontakt Getikuma i Danubikuma u pojedinim delovima KB. Faza ekstenzije koja je usledila tokom perioda oligocena–ranog miocena rezultirala je rotacijom orogenog sistema za 30° (Kräutner & Krstić, 2003). Istovremeno, deformisanje orogena oko stabilnog dela Evropskog kontinenta rezultiralo je aktivacijom velikih raseda od kojih je najpoznatiji Černa–Timok rased (van Hinsbergen, 2020; Krstekanić et al., 2021).

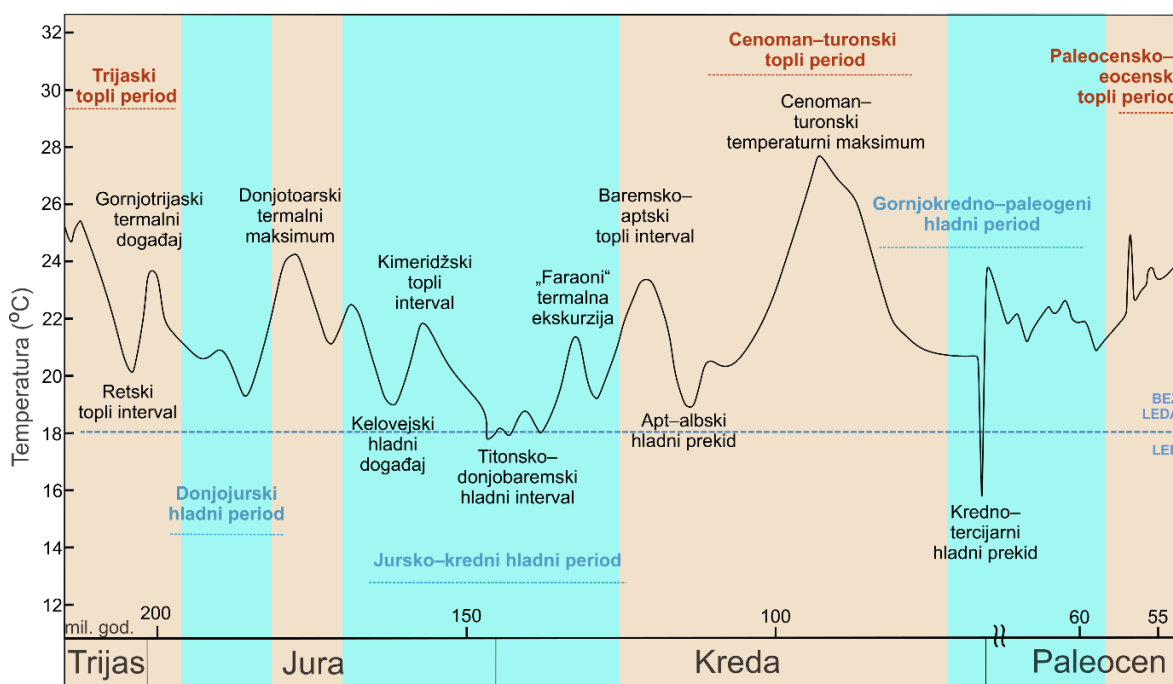
**Tabela 2.2.** Različite podele i pregled osnovnih tektonskih jedinica Karpata (Istočnih, Južnih Karpata i KB). Boje u tabeli odgovaraju navlakama predstavljanim na Slici 3.1.b.

Država	Orogen	Sistemi navlaka (od zapada ka istoku)				
		Getikum-Supragetikum (Bukovinski) sistem navlaka			Čeahlau-Severin Ofioliti	Danubijske navlake
Rumunija	Istočni Karpati	Subbukovinska navlaka	Bukovinska navlaka	Infrabukovinska navlaka	Čeahlau navlaka	Danubikum
	Južni Karpati	Supragetikum (Locva i Bocşa jedinice (Năstăseanu et al., 1981))		Getikum	Severin navlaka	Danubikum
		Središnji Dacidi (Săndulescu, 1984)		Spoljašnji Dacidi (Săndulescu, 1984)		Marginalni Dacidi (Săndulescu, 1984)
Srbija	KB (nastavak Južnih Karpata)	Jedinica Ranovac-Vlasina (Kräutner & Krstić, 2003; 2006)		Kučaj-Ljubaš zona (Kräutner & Krstić, 2003; 2006)	Nema nalazaka	Deli Jovan-Zagravak-Crni Vrh Blok i Jedinica Vrška Čuka-Miroč (Kräutner & Krstić, 2003; 2006)
		Jedinica Ranovac-Vlasina +Srpsko-makedonska masa (Schmid et al., 2008)				
		Gornjak-Ravanica jedinica (Dimitrijević, 1997)		Gornjak-Ravanica jedinica, Kučajska zona, Homoljski metamorfiti; Timočka eruptivna oblast i Tupižničko-Tepoška zona (Dimitrijević, 1997)		Miročka zona (zapadno od Timočke zone) i Jedinica Vrške Čuke (istočno od Timočke zone) (Dimitrijević, 1997)
		Ranovac-Vlasina teran (Karamata, 2006)		Kučaj teran (Karamata, 2006)		Vrška Čuka- Miroč teran i Staraplanina-Poreč teran (Karamata, 2006)
Bugarska	KB	Sredna Gora jedinica i Luda kamčija (Ivanov, 1988)	Osogovo-Lisets „core complex” <sup>3</sup> (Kounov et al., 2004)	Sredna Gora jedinica i Luda kamčija (Ivanov, 1988)	Jedinice Zapadni i Centralni Balkan (Kounov, 2002)	
		Sredna Gora i Istočni Balkan jedinica (Georgiev et al., 2001)	Morava jedinica	Sredna Gora i Istočni Balkan jedinica (Georgiev et al., 2001)		Centralni Balkan i Prebalkan jedinice (Georgiev et al., 2001)

<sup>3</sup> Core complex, eng. – predstavlja strukturu nastalu u režimu ekstenzije, kada se usled oslabljene litosfere materijal iz dubljih delova kore i potencijalno gornjeg omotača, biva ekshumiran (Whitney et al., 2012).

### 2.3. Klima tokom perioda krede

Period krede se generalno vezuje za tople klimatske uslove (Price,1999) i koncept staklene bašte. Zbog toga se ovaj period koristi i kao klimatski model za poređenje i procenu savremene klimatske slike, kao i predviđanja budućih klimatskih uslova. Međutim, pojednostavljeno prikazivanje klimatskih uslova koji su vladali pre 140–65 miliona godina kao toplih, sa ujednačenim temperaturnim gradijentima i umerenim klimatskim uslovima nižih geografskih širina, odavno je napušteno (Frakes et al., 1992). Danas se pre svega jasno odvajaju donja i gornja kreda, tako da donja kreda zajedno sa gornjom jurom predstavlja hladni period, dok je gornja kreda ostala standardni klimatski model globalnog zagrevanja. Scotese et al. (2021) naglašavaju da se period kasne jure–rane krede, iako hladan („cool period“) ne može posmatrati kao period globalnog zahlađenja („cold period“) kakvi su bili tokom paleozoika ili starijih geoloških epoha. Konkretno, vremenski interval jura–gornja kreda odlučuje 16 toplih i hladnih epizoda od kojih hladne čine 67%, pa je donekle opravdano posmatrati ga kao jursko–ranokredni hladni period („Jurassic–Early Cretaceous Cool Interval“; Slika 2.4.) (Frakes et al., 1992; Föllmi, 2012; Scotese et al., 2021). Generalno, ovaj period je trajao od titona do barema (150–128 miliona godina), a prekinule su ga dva topla događaja tokom valendina („Waissert“ epizoda; pre 136 miliona godina) i apta („Faraoni“ epizoda; pre oko 131 miliona godina). Ipak, Price (1999) na osnovu prisustva glendonita, merenih vrednosti stabilnih izotopa, rasprostranjenja flore i faune i promenljivosti nivoa mora izdvaja valendinski i aptski kat kao značajni hladniji interval.

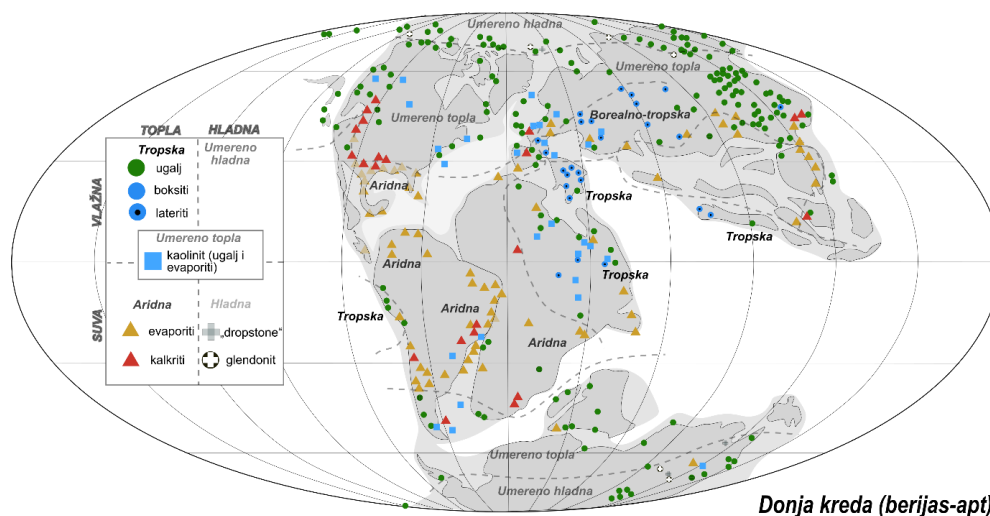


**Slika 2.4.** Vrednosti paleotemperature tokom gornjeg trijasa, jure, krede i starijeg paleocena. Trajni ledeni pokrivači su formirani pri globalnoj srednjoj vrednosti temperature manjoj od 18 °C. Prilagođeno iz Scotese (2021).

Tokom jursko–ranokrednog hladnog perioda globalna srednja temperatura iznosila je 17,5 °C (Scotese et al., 2012), dok Frakes et al. (1992) smatraju da je bilo značajnih temperaturnih razlika između ekvatora i polova, što je dovelo do formiranja ledenih pojaseva. Površinska temperatura vode u ekvatorijalnim oblastima tokom kasne jure je bila prilično visoka ~26 °C, i u jednom trenutku dostigla je današnju vrednost od 28 °C (Frakes et al., 1992). Već u berijasu temperatura vode u površinskim nivoima počinje da opada, ulazeći u hladniji period, dok vertikalni gradijent ostaje isti tokom jure i krede i iznosi 11 °C. Boucut et al. (2013) su na osnovu litoloških karakteristika definisali klimatske pojaseve za period berijas–apt, jasno odvajajući pojaseve sa tropskom, aridnom, umereno toplom i umereno hladnom klimom (Slika

2.5.). Na prostoru današnje Evrope, severno od glavne zone širenja Neotetisa, izdvojili su borealno-tropsku klimu.

Otvaranjem Atlantika i raspadom Pangee, događajima koji su najvećim delom obeležili period jure i krede, stvoreni su široki okeanski prostori između kontinentalnih jedinica, a istovremeno su se formirali novi putevi morskih struja. Nove vodene mase, kao značajni izvori vlage, pospešile su vlažnost koja je karakteristična za period rane krede (Scotese et al., 2021) u odnosu na manji stepen vlažnosti tokom jure. Povećana vlažnost vazduha i uticaj padavina doveli su do prinosa kaolinita u basene, a uticali su na produkciju široko rasprostranjenih karbonatnih platformi u severnim i južnim delovima Tetisa (Sladen, 1983). Prinos kaolinita direktno je vezan za proces nutritivacije, koji dovodi do promene karbonatne fabrike u heterozoanski (*sensu* James, 1997), što je svakako jedan od glavnih indikatora ekoloških promena.



**Slika 2.5.** Rasprostranjenje klimatskih pojaseva tokom rane krede (berijas-apt), definisano na osnovu litoloških indikatora (prilagođeno iz Boucot et al., 2013).

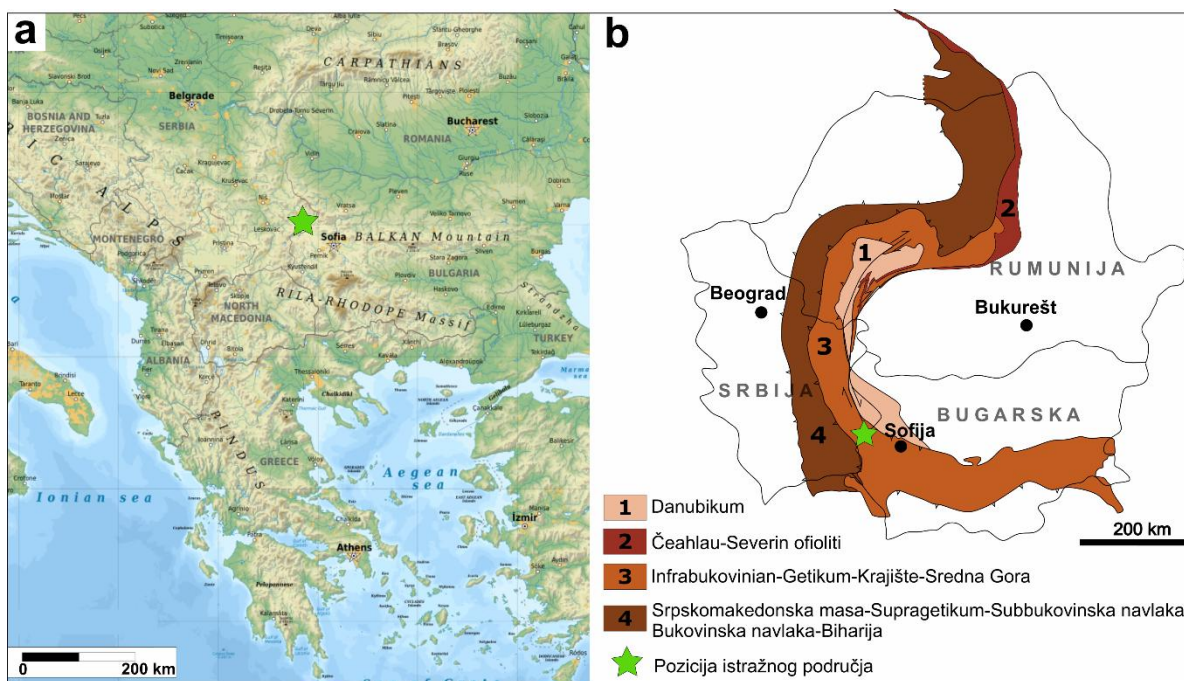
Klima mlađeg mezozoika se posmatra kroz rezerve ugljenika, njegovo povećavanje i smanjenje, jer se smatra jednim, ako ne i vodećim faktorom promene klimatskih uslova. U tom kontekstu, Weissert & Lini (1991) navode da su hladne epizode tokom rane krede inicirane smanjivanjem atmosferskog CO<sub>2</sub>, ujedno povezujući efekat staklene bašte sa povećanim koncentracijama atmosferskog CO<sub>2</sub>. Porastom količine padavina i kontinentalne erozije povećava se prinos materijala u okeanske i morske basene, ubrzavajući kruženje ugljenika i dovodeći do pozitivne ekskurzije δ<sup>13</sup>C. Naime, organska materija je bogata ugljenikovim izotopom <sup>13</sup>C i u skladu sa tim prinos materijala sa kopna povećava njegovu koncentraciju u basenu. U velikom broju slučajeva razlozi za promene ugljenikovog ciklusa su definisani kroz formiranje velikih magmatskih provincija, odnosno vulkansku aktivnost. Najvažnije magmatske provincije i periodi njihove aktivnosti su izdvojeni na slici 2.6.

Regionalno su prepoznate pojave fino laminiranih glinaca bogatih organskom materijom („dark, laminated and organic-rich mud rock – LOM“; Föllmi, 2012). Ove pojave, pronađene u različitim delovima sveta, često sinhrono, definisane su kao posledica depozicije na okeanskom dnu u vodi siromašnoj kiseonikom (Schlanger & Jenkyns, 1976; Arthur & Premoli-Silva, 1982; Jenkyns, 1999). Hallam (1985) navodi da je visoka stopa evaporacije u široko rasprostranjenim morskim basenima dovela do zasićenja vode solima. Novoformirane plitkovodne mase su zatim potonule zbog razlika u gustini i time smanjile rastvorljivost kiseonika dovodeći do anoksije u dubljim delovima basena. Ovi događaji, tipični za period krede, su poznati kao okeanski anoksični događaji („Oceanic Anoxic Events – OAE“; Slika 2.6.). U spregnutom uzročno-posledičnom prirodnom sistemu koji zavisi od mnogih faktora, OAE događaji su praćeni pozitivnim i negativnim ekskurzijama izotopa ugljenika (δ<sup>13</sup>C), manjim izumiranjima,



### 3. Geološke karakteristike istražnog područja

Istražno područje nalazi se u neposrednoj okolini Dimitrovgrada, u jugoistočnoj Srbiji, u blizini granice sa Bugarskom (Slika 3.1a). Prema tektonskoj rejonizaciji Dimitrijevića (1997), područje pripada najjužnijem delu Tupižničko-Tepoške zone, odnosno Kučajsko-Ljubišničkoj zoni prema Kräutner & Krstić (2003; 2006) (Tabela 2.2.). Na osnovu savremenih geotektonskih podela (Schmid et al., 2008, 2020) istražno područje se svrstava u južni deo Getske navlake (Slika 3.1.b), i to u donju subjedinicu Getikuma (Krstekanić et al., 2020). Istočno i severoistočno od istražnog područja prostire se regionalna rasedna struktura, Vidlički rased, koji predstavlja tektonski kontakt između Getikuma i Danubikuma.



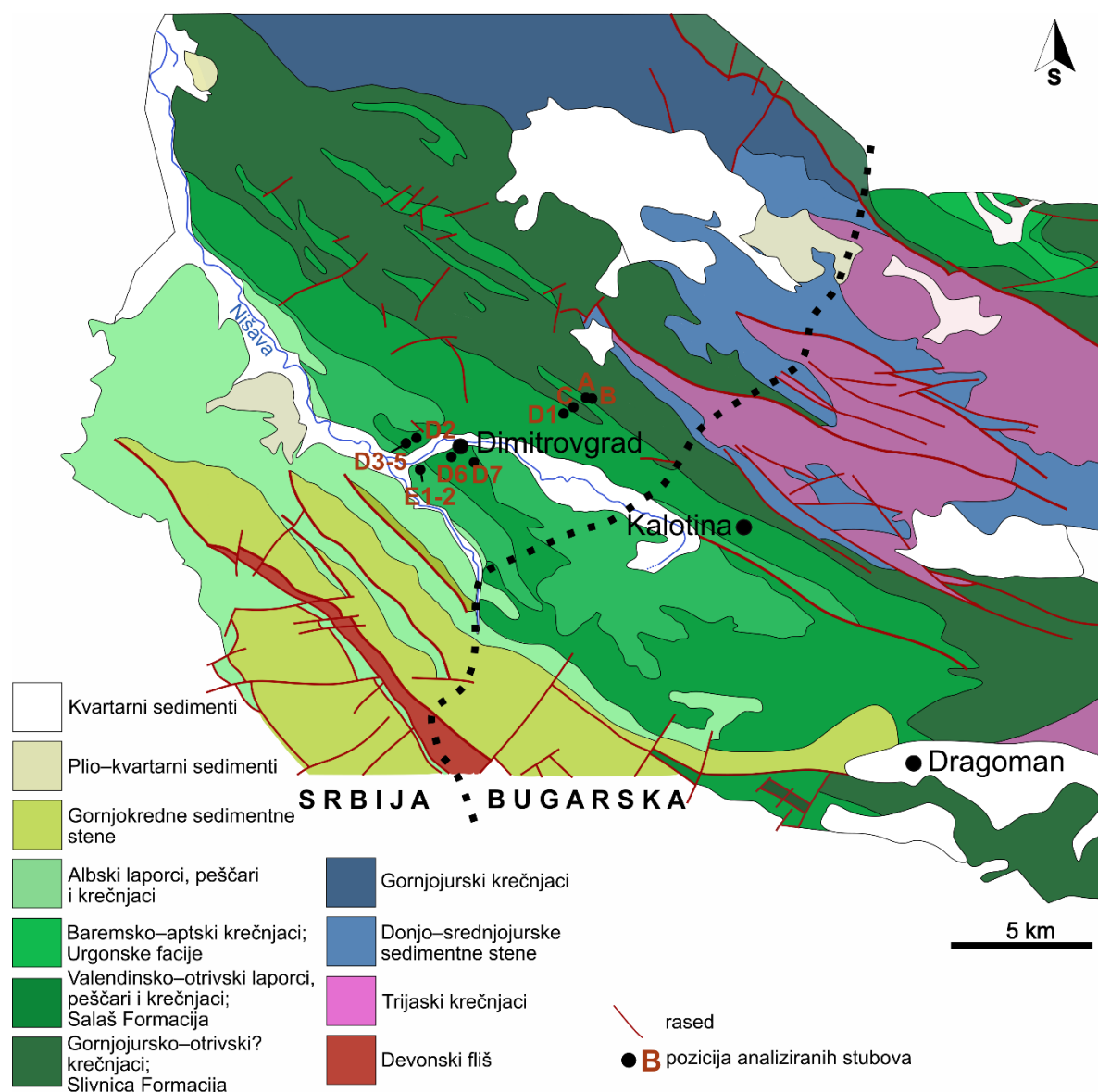
**Slika 3.1. a)** Geografski položaj istražnog područja na prostoru Balkanskog poluostrva. **b)** Rasprostranjenje glavnih sistema navlaka (1-4) u Karpatskom orogenu (Istočni, Južni Karpati i KB) na prostoru Rumunije, Srbije i Bugarske (modifikovano prema Schmid et al., 2008).

Detaljna stratigrafska istraživanja na širem istražnom prostoru su izvedena tokom izrade listova Pirot i Breznik osnovne geološke karte 1:100.000 (OGK) (Anđelković i dr., 1969). Tom prilikom izdvojene su stene paleozojske starosti malog rasprostranjenja prisutne u zapadnim i jugozapadnim delovima područja, kao i mezozojske sedimentne stene koje prekrivaju najveći deo listova. Sedimenti paleogena i neogena imaju lokalno rasprostranjenje na obodnim delovima doline Nišave, dok su kvartarne tvorevine izdvojene u samim dolinama reka (Nišava i druge manje reke) (Slika 3.2.) ili u vidu deluvijalnih sedimenata.

Paleozoik je predstavljen devonskim flišem, koji se odlikuje ritmičkim smenama fino-zrnih klastita (psefita, alevrolita i pelita), sa brojnim dobro očuvanim, sedimentnim teksturama kao što su tragovi tečenja i kliženja. U flišnim sedimentima pronađeni su ostaci flore na osnovu kojih je određena njihova starost, dok su u njihovoj povlati identifikovani terigeni, crveni klastični sedimenti permske starosti (Anđelković i dr., 1969). Ovi sedimenti, karakteristični za Istočnu Srbiju, transgresivno leže preko podine i predstavljaju rezultat kontinentalne depozicije pod dejstvom bujičnih tokova. Ujedno, ova sukcesija stena devonske i permske starosti predstavlja paleozojsku osnovu Dakije Mega jedinice (Schmid et al., 2008) preko koje transgresivno leže mezozojski sedimenti.

U okviru mezozojskih tvorevina mogu se izdvojiti najmanje tri velike sedimentacione faze: 1) trijaska, 2) srednjokredna-donjokredna i 3) gornjokredna. Trajanje ovih

sedimentacionih perioda je najverovatnije uslovljeno promenama nivoa mora, klimatskim promenama i tektonskim fazama pre-Alpske i Alpske orogeneze.



**Slika 3.2.** Detaljna geološka karta okoline Dimitrovgrada (modifikovana na osnovu OGK Jugoslavije, 1:100.000 listovi Piro i Breznik; Anđelković i dr., 1975) i okoline Dragomana i Kalotine (modifikovana na osnovu Geološke Karte Republike Bugarske, 1:50.000 list Dragoman; Angelov et al., 2010). Prilagođeno na osnovu Stefanović et al. (2025a).

U okolini Dimitrovgrada prepoznati su trijaski krečnjaci i dolomiti različitih katova srednjeg trijasa sa mikrofaunom (bentoske foraminifere, konodonti i kalci-mikrobi tipa *Cayeuxia*) i makrofaunom (brahiopodi, krinoidi i gastropodi). U ovom delu Getikuma prepoznat je period hijatusa tokom trijasa (Anđelković i dr., 1969).

Jurske sedimentne stene imaju veće rasprostranjenje u odnosu na trijaske i započinju transgresivnom serijom sinemursko–toarskih gvoždovitih i karbonatnih pešćara, glinovitih krečnjaka i glinaca sa ugljem. Srednjojurski neritski i plitkovodni klastiti nisu detaljnije razdvojeni na katove. Poslednja sekvenca jurske starosti, oksfordske i kimeridžske starosti, predstavljena je krečnjacima sa rožnacima, zajedno sa dolomitičnim krečnjacima i sočivima dolomita. U donjim delovima izdvojeni su slojevi sa planktonskom foraminiferskom vrstom *Globigerina helvetojurasica* Haeusler, Oesterle. U višim delovima nastavljaju se krečnjaci sa fragmentima krinoida *Saccocoma* sp. i zoosporama *Globochaete alpina* Lombard, koji su nastali u uslovima otvorenog mora, ispod nivoa formiranja sprudova (Anđelković i dr., 1969).

Kredne tvorevine na listu Pirot, u okviru Getikuma, zauzimaju najveće rasprostranjenje. Na listovima su izdvojene valendinsko–otrivske ( $K_1^{1,2}$ ), otrivske ( $K_1^2$ ), baremske ( $K_1^3$ ) i aptske ( $K_1^4$ ) tvorevine (Anđelković i dr. 1969). Modifikovani prikaz, u korelaciji sa izdvojenim formacijama na teritoriji susedne Bugarske, predstavljen je na slici 3.2. Posebna napomena odnosi se na berijaski kat, jer u starijoj podeli koja je korišćena tokom izrade OGK, ovaj kat nije bio definisan. Granica gornja jura–donja kreda nije promenjena, pa se berijaski kat u današnjoj prihvaćenoj podeli izdvaja u donjim nivoima nekadašnje definisanog valendina.

### 3.1. Berijas–valendin

Anđelković i dr. (1969) definišu najstarije katove donje krede relativno u odnosu na jasno biostratigrafski definisane titonske i baremske sedimentne stene, između kojih nije došlo do prekida u sedimentaciji. Takođe, jasno je definisan proces oplićavanja koji se nastavlja iz gornje jure u vidu tranzicije facija otvorenog mora u facije sprudnog do subsprudnog karaktera. Valendinsko–otrivska starost je lokalno potvrđena retkim nalascima kalpeonelide *Tintinopsella carpathica* Colom. Plitkovodna sedimentacija se nastavlja do kraja valendina, kada dolazi do promene režima sedimentacije i talože se peščari i peskoviti krečnjaci.

Publikovano je nekoliko radova sa fokusom na najstarije kredne karbonate, od kojih se neki bave paleontološkom i biostratigrafskom karakterizacijom na osnovu zelenih algi (Radoičić, 1978; Bucur et al., 2021) i bentoskih foraminifera (Bucur et al., 1995; Bubík et al., 2024). Detaljnija sedimentološka i integrisana paleontološka istraživanja su izvedena na prostoru južnog dela GKP (Bucur et al., 1995; kanjon reke Jerme; ~10 km SZ od istražnog područja okoline Dimitrovgrada) i u njenom zapadnom segmentu (Bucur et al., 2020; lokaliteti Prekonozi i Kamenica). Bucur et al. (2020) su definisali različite facije u okviru karbonatne platforme (unutrašnji i spoljašnji deo) bogate orbitolinidama. Istovremeno, prvi put su definisali valendinsku transgresiju na prostoru srpskog dela GKP, prepoznatu kao litofacijalni prelazak plitkovodnih bioklastičnih facija u ooidalni grejnston i grubozrni bioklastični grejnston sa detritičnim zrnima kvarca.

Bucur et al. (2020) navode da je najveći problem kod baremsko–aptskih tvorevina srpskog dela Getikuma pogrešno određena starost na osnovu bentoskih foraminifera, konkretno orbitolinida, koje su za oblast Neotetisa karakteristične za otriv–donji apt. U istim slojevima srpskog dela GKP autori su identifikovali brojne vrste zelenih algi i kalpionelida koje ukazuju na berijas–donji valendin. U oblasti reke Jerme, zapadno od Dimitrovgrada Bucur et al. (1995) predlažu da slojevi karbonata pripadaju najstarijoj donjoj kredi, za razliku od listova OGK 1:100.000 gde su predstavljeni kao baremsko–aptski. Slična situacija je i u oblastima severozapadno od Dimitrovgrada (lokaliteti Prekonozi i Kamenica; Bucur et al., 2020). U ovom slučaju autori su se oslonili na pojave kalpionelida i starost koja je određena na osnovu njihove zastupljenosti, i smatraju da je pojava orbitolinida u ovom delu Neotetisa dugo prethodila njihovom razviću i daljem rasprostranjenju u drugim delovima zapadnog Mediterana.

Bugarski deo GKP, koji se nalazi jugoistočno od istražnog područja, pripada Dragoman bloku (Sapunov et al., 1985; Ivanova et al., 2008). Kao i u srpskom delu platforme, karbonatna depozicija je počela u srednjoj juri (kelovej) i trajala je tokom cele rane krede. U toj sedimentnoj sukcesiji izvojene su dve formacije koje imaju promenljivo hronostratigrafsko rasprostranjenje i diahronne granice (Ivanova et al., 2000; Ivanova & Koleva-Rekalova, 2004; Roniewicz, 2008; Ivanova et al., 2008; Petrova et al., 2017; Kołodziej & Ivanova, 2021; Ivanova & Chatalov, 2022): 1) plitkovodni krečnjaci formacije Slivnice, kelovej–donjootrivske starosti, i 2) laporci, peščari i krečnjaci otvorenog mora formacije Salaš, berijas–baremske starosti (Slika 3.2).

Karbonati berijas–valendinske starosti, otkriveni u jugozapadnom delu Dragoman bloka, u blizini Dimitrovgrada, sastoje se od sprudnih i subsprudnih/bioklastičnih priobalnih facija Slivnice formacije (Ivanova et al., 2008). Facije koralno–mikrobialnih boundstona su obogaćene

mikroinkrustratorima kao što su *Lithocodium aggregatum* Elliott, *Bacinella irregularis* Radoičić, *Crescentiella morronensis* Crescenti, *Koskinobullina socialis* Cherchi i Schroeder i *Radiomura cautica* Senowbari-Daryan and Schaefer, asocirani sa malim sklerosunderima (Ivanova et al., 2008). Starost obe formacije, Slivnice i Salaš, definisane su na osnovu bentoskih foraminifera (Ivanova & Koleva-Rekalova, 2004; Ivanova et al., 2008), krečnjačkih dinocista i krečnjačkih nanofosila (Ivanova et al., 2000; Petrova et al., 2017). Takođe, ovi autori su potvrdili da litološki kontakt između plitkovodnih karbonata Slivnice i laporovitih krečnjaka i laporaca Salaša, postaje mlađi ka zapadu, od kasnog donjeg valendina u najistočnijem delu pa sve do najmlađeg valendina–najstarijeg otriva u zapadnom delu Dragoman bloka. Ujedno, granica između ove dve formacije može biti postepena (Ivanova et al., 2000) ili oštra u vidu sinsedimentacionih litifikovanih površi (Mandov & Nikolov, 2001). Nedavno su Ivanova & Chatalov (2022) definisali valendinski događaj potapanja karbonatne platforme u povlati karbonata formacije Slivnice, na prostoru Dragoman bloka. Karbonatne facije fotozoanskog režima taložene su u toplim, kiseonikom bogatim morskim vodama sa niskim prinosom siliciklastičnog materijala i postepeno su zamenjeni heterozoanskom asocijacijom tokom ranog valendina (Ivanova & Chatalov, 2022). Dubokovodnije tvorevine Salaš formacije nastale su nakon subaerskog izlaganja, obeleženog paleokarstom.

### 3.2. Valendin–otriv

Na listu Piroto 1:100.000 OGK (Anđelković i dr., 1969) izdvojena je posebna jedinica peščara i peskovitih krečnjaka koja transgresivno leži preko berijas–valendinskih krečnjaka. Starost je određena na osnovu nalaska različite makrofaune (školjki: *Corbis*, *Exogyra* i *Requienia*; brahiopoda: *Rhynchonella* i *Terebratula*).

Na lokalitetu Prekonozi Bucur et al. (2020) su opisali plitkovodne karbonate koje u gornjem delu stuba prekriva 10-11 m debela sukcesija krečnjaka sa terigenom komponentom. Autori su definisali faciju ooidalnog grejnstona i grubozrnog bioklastičnog grejnstona, koje sadrže zrna kvarca. U nižim delovima stuba zastupljene su orbitolinide, zelene alge, dok su u višem, karbonatno-terigenom intervalu, zastupljene školjke, ehonoidi, briozoe i fragmenti crva. Starost ovih karbonata je definisana kao donjovalendinska.

Ove terigene i karbonatno-terigene stene su otkrivene u vidu uskog pojasa pružanja severozapad-jugoistok i u okviru antiklinale u samoj oblasti Dimitrovgrada. Na prostoru Bugarske ove sedimentne stene predstavljaju Salaš formaciju. Lokalno, ova formacija sadrži zrna glaukonita i nodule rožnaca, dok su u višim delovima sedimentne sukcesije gornjovalendinske–otrivske starosti, zastupljene facije bogate debrisom krinoida sa bentoskim foraminiferama, školjkama, briozoama, brahiopodama, zrnima kvarca i liskunima (Ivanova & Chatalov, 2022). Petrova et al. (2017) opisuju Salaš formaciju kao alteraciju tankoslojevitih, sivih, glinovitih krečnjaka, laporaca i alevrolita, sa retkim proslojcima žučkastih karbonatnih peščara. Petrova et al. (2017) ujedno navode da je granica Slivnice i Salaš formacije u najzapadnijem delu Srednogorja (odgovara Getikumu; Tabela 2.1) obeležena erozionom granicom, povećanim koncentracijama oksidima gvožđa i mineralizacijom glaukonita. Ka istoku ova granica postaje postepena i odlikuje je samo litološki prelaz. U okviru same Salaš formacije (Petrova et al., 2010) razlikuju se litološki članovi: mikritski krečnjaci, ponekad sa rožnacima, glinovitim krečnjacima, laporaca sa glaukonitom i alevrolitičnih laporaca (na prostoru Kalotine), a formacija sadrži i tri nivoa breče. Istočno od Kalotine, na lokalitetu Tri Uši, Salaš formaciju čine glinoviti krečnjaci sa rožnacima i krinoidima, bentoskim foraminiferama i briozoama, kao i retkim amonitima, kalpionelidama i krečnjačkim dinocistama. Minkovska et al. (2002) su predstavili različite depozicione provincije tokom perioda starije krede, uz paleogeografsku rekonstrukciju. Tokom otriva, istočno i južno od Dimitrovgrada formirao se basen u kome se odvijala terigena depozicija (Minkovska et al. 2002; Nikolov & Minkovska, 2012). Istovremeno,

basen je bio izložen ekstenzionim tektonskim pokretima, generisanim kretanjem duž normalnih raseda.

### 3.3. Barem–apt

Sedimentne stene baremske i aptske starosti su u okolini Dimitrovgrada, na OGK listu Pirot, izvojene kao jedinice barema i jedinice barem–apta (Slika 3.2.). Istražni prostor prema karti obuhvata jedinicu barema sa dva razvića: peskovitih krečnjaka, krečnjaka, peščara u nižim delovima i sprudnim krečnjacima u višim delovima; kao i jedinstveno razviće sprudnih krečnjaka koji imaju veliko rasprostranjenje i često ih karakterišu lumakele. Starost je određena na osnovu asocijacije amonita (Anđelković i dr., 1969).

Jedinica baremsko–aptskih, dominantno orbitolinskih krečnjaka, se prema OGK nalazi zapadno od istražnog prostora. Brojna mikrofauna je određena u ovim tvorevinama, najviše u vidu bentoskih foraminifera i mikroproblematike (*Bacinella/Lithocodium*). Litološki članovi su slojeviti krečnjaci, peščari, detritični krečnjaci i laporci.

Jankičević (1978) na potezu Dimitrovgrad–Željuša–Sukovo (severno od Dimitrovgrada) izdvaja starije sedimente urgona, koje predstavljaju laporoviti, sivi peščari i bioklastični krečnjaci sa oolitima i dosta terigenog materijala (baremska starosti). U njihovoj povlati nalaze se tamnosivi krečnjaci, takođe sa terigenim materijalom, puževima i brahiopodama (gornjobaremska starost). Na prostoru Istočne Srbije, uključujući okolinu Dimitrovgrada, Jankičević (1978, 1996) ukazuje na facijalnu raznolikost u vertikalnom i lateralnom smislu i definiše osnovne facije: facija krečnjaka sa pahiodontnim školjkama (urgonska facija *s. st.*), facija bioklastičnih krečnjaka ili paraurgonskih krečnjaka, facija bioklastičnih krečnjaka sa terigenim nekarbonatnim primesama koja predstavlja prelaznu faciju između karbonatnih facija i terigenih nekarbonatnih facija barema i donjeg apta. Dok u okviru terigenih tvorevina razlikuje: faciju laporaca sa orbitolinama, faciju peščara sa orbitolinama, faciju peščara sa ostrejama i faciju peščara sa ugljenisanim biljnim detritusom.

Slično razviće šireg prostora Dimitrovgrada se i za baremsko–aptske stene može prepoznati na susednoj teritoriji Bugarske, u okolini Kalotine. Tokom najstarijeg barema, prema Minkovska et al. (2002), odvijaju se slični tektonski pokreti kao i tokom otriva. Kombinacija promene eustatskog nivoa mora i maksimuma ekstenzije dovela je do formiranja nekoliko manjih karbonatnih platformi („urgonskog tipa“) na povlatnim blokovima. Pod pojmom karbonatne platforme urgonskog tipa autori podrazumevaju plitkovodne (lagunske) sredine sa rudistima, orbitolinama i dazikladaceama. Tokom pojedinih faza ovi plitkovodni krečnjaci bivaju pokriveni krečnjacima bahamskog tipa, odnosno krečnjacima pruda bogatih oolitima. Nikolov & Minkovska (2012) navode da se ovaj tip depozicije u oblasti Kalotine odvijao tokom ranog apta.

## 4. Materijal i metode

### 4.1. Materijal

Terenska istraživanja su sprovedena u nekoliko faza, pri čemu su se prvenstveno fokusirala na izradu litoloških stubova, definisanje sedimentnih karakteristika i preliminarno izdvajanje litofacija. Na prethodno definisanom terenu locirani su konstruktivni profili na kojima se mogu pratiti vertikalne i lateralne promene. Uzorkovanje u okviru profila je vršeno na nekoliko desetina cm do jednog m u zavisnosti od litofacijalnih promena. Terenska istraživanja su pružila uvid u osnovne facije, njihove promene, debljine i relativne odnose.

Terenska istraživanja su izvedena u periodu 2019-2022 godine. Tokom svakog terenskog ciklusa analizirane su različite stratigrafske sekcije, koje su kroz strukturu rada predstavljene: berijas–valendinska, valendinsko–otrivska? i baremsko–aptska. Detaljno je uzorkovano 12 stubova (Slika 3.2.). Generalni pregled stubova, njihovih geografskih pozicija, debljina istraživanih sedimenata i broj uzoraka prikazan je u tabeli 4.1.

**Tabela 4.1.** Pregled analiziranih stubova po stratigrafskim sekcijama, sa izdvojenim brojem uzoraka.

Stratigrafska sekcija	Uzorkovani stub	Geografski položaj	Debljina sedimenata (m)	Broj uzoraka/preparata	SEM-EDS	Analiza stabilnih izotopa C i O	Rock-eval piroliza
Berijas–valendin	Stub A	43° 01' 45" S 22° 49' 09" I	110	30	4	79	
	Stub B	43° 01' 40" S 22° 49' 23" I	200	30			
	Stub C	43° 01' 37" S 22° 48' 48" I	70	20			
Valendin–otriv?	Stub D1	43°01'40.7" S 22°48'22.7" I	~150	11			3
	Stub D2	43° 01' 0.4" S 22° 45' 55.1" I	7	11			
	Stub D3	43° 00' 58.7" S 22° 45' 46.4" I	11	9			
	Stub D4	43° 00' 58.2" S 22° 45' 44.9" I	2	2			
	Stub D5	43° 00' 57.1" S 22° 45' 42.5" I	2	2			
	Stub D6	43° 00' 50.3" S 22° 46' 53.2" I	7,5	7			
	Stub D7	43° 00' 38.8 "S 22° 46' 06.7" I	4	5			
Barem–apt	Stub E1	43° 00' 38.6 S 22° 46' 01.9" I	>160	52			18
	Stub E2	43° 00' 37.4" S 22° 45' 52.8" I	~85	37			

### 4.2. Metode

Sprovedena istraživanja podrazumevala su primenu različitih metoda koje su grupisane u: terenske, laboratorijske i kabinetske. Početne faze obuhvatile su teorijsku pripremu u vidu analize relevantne literature i odabir odgovarajućih lokaliteta na području Istočne Srbije.

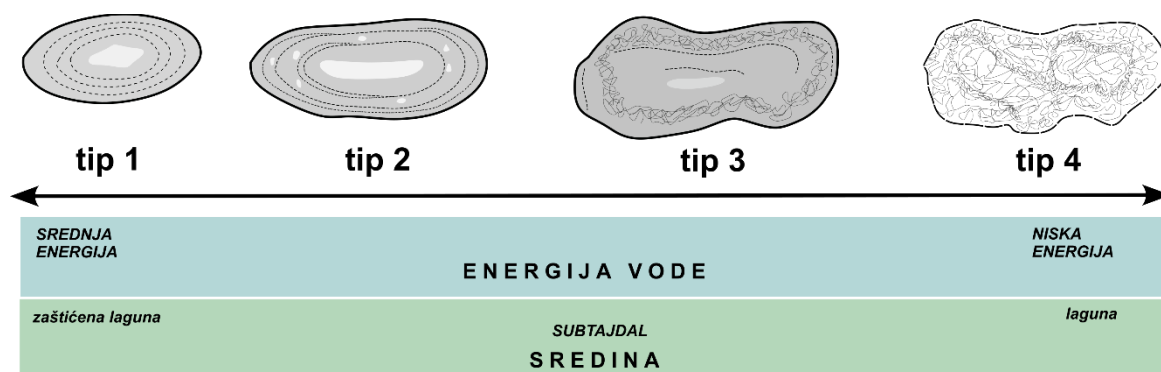
#### 4.2.1. Litofacijalna analiza

Svi prikupljeni uzorci, u okviru odgovarajućih stubova i stratigrafskih nivoa, su analizirani sa aspekta facijalne, odnosno mikrofacijalne analize koja se sprovodi na petrološkim preparatima (dimenzija 3x2 cm; 5x5 cm). Odredba i definisanje facija je vršeno na osnovu

predložene Dunham-ove (1962) klasifikacije i proširene verzije Embry & Klovan (1971). Korišćena klasifikacija je standardizovana i opšte prihvaćena, izvedena na osnovu teksturnih osobina, odnosno tipa zapune i odnosa zastupljenosti zrna i zapune. U radu su korišćeni prevedeni izrazi za teksture prema Tišljar (2001): madston („mudstone“), vekston („wackestone“), pekston („packstone“), grejnston („grainstone“), baundston („boundstone“), floutston („floatstone“), radston („rudstone“), bafilston („bafflestone“), bajndston („bindstone“) i flejmston („flamestone“).

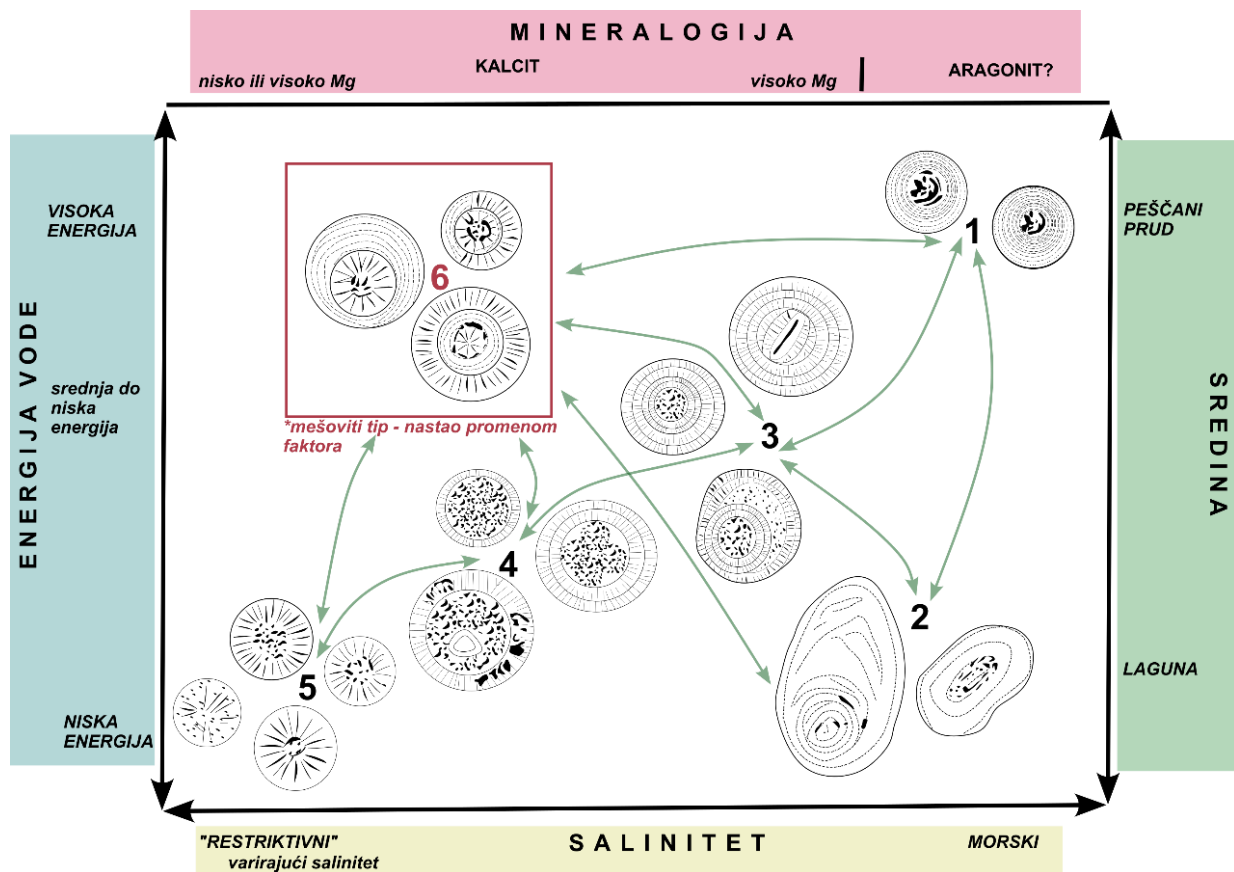
Facijalna analiza je obuhvatila tri stratigrafske sekcije: berijas–valendin, valendin–otriv? i barem–apt. Sekcije su posebno proučavane, pa su i facije definisane za svaku pojedinično. Oznake sedimentnih facija berijas–valendina su F1-F17, valendin–otriva? Ft1-Ft11 i barem–apta Fs1-Fs10.

Odredba određenih tipova zrna je vršena na osnovu pažljivo selektovanih klasifikacija. Za opis i klasifikaciju onkoida korišćena je podela opisana u Védrine et al. (2007), a koja podrazumeva površinsku morfologiju, veličinu, strukturu i sastav nukleusa. Prema ovoj klasifikaciji mogu se razlikovati četiri tipa onkoida (tip 1-4) (Slika 4.1.). Onkoide tipa 1 odlukuju kontinuirane, ali često nejasno odredljive, mikritske lamine, dok su onkoidi tipa 2 sačinjeni od mikritskih lamina i lamina nastalih od organizama, od kojih su prve zastupljenije. Oba tipa, 1 i 2, imaju bioklastični ili litoklastični nukleus. Onkoidi tipa 3 su dužine od nekoliko mm do 5 cm, eliptičnog oblika sa talasastim ivicama. Korteks je sastavljen od lamina koje izgrađuju *Bacinella* i *Lithocodium*, kao i od nekoliko mikritskih lamina. Lamine ovog tipa onkoida su retko kontinuirane. Onkoidi tipa 4 nemaju nukleus, a takođe ni razvijene lamine. Sastoje se od mreže *Bacinella*-e i *Lithocodium*-a. Onkoidi tipa 3 i 4 mogu sadržati raznovrsnu fosilnu asocijaciju.



Slika 4.1. Klasifikacija onkoida (modifikovano prema Védrine et al., 2007).

Shematski pregled svih tipova ooida na osnovu klasifikacije Strasser-a (1986) predstavljen je na slici 4.2. Izdvojeni su dobro zaobljeni ooidi sa mikritskim, koncentričnim laminama (tip 1) i nepravilni ooidi sa mikritskim laminama (tip 2) koji često prelaze u onkoide. Ooidna zrna sa nekoliko lamina formiranih od radialno organizovanih kristala kalcita čine tip 3. Ovaj tip ooida može biti lokalno mikritizovan i preći u obavijena zrna nepravilnog oblika. Za razliku od njih, tip 4 ooidi imaju 1-4 lamine radialne teksture, dok tip 5 ooidi imaju samo jednu laminu grube radialne teksture. Tip ooida koji ima složeniju građu i uključuje različite tipove lamina je tip 6.



**Slika 4.2.** Tipovi ooida prema Straser (1986) (modifikovano): tip 1 – dobro zaobljeni mikritski ooidi sa tankim laminama; tip 2 – nepravilni mikritski ooidi sa tankim laminama; tip 3 – radijalni ooidi sa tankim laminama; tip 4 – radijalni ooidi sa finokristalastim laminama; tip 5 – radijalni ooidi sa krupnokristalastim laminama; tip 6 – ooidi sa laminama različitog tipa (mešoviti tip). Zelene strelice ukazuju na moguće tranzicije između različitih tipova ooida.

#### 4.2.2. Biostratigrafska metoda

Pored facijalne analize u petrološkim preparatima vršena je identifikacija fosilnog sadržaja. U zavisnosti od dominantne i biostratigrafski značajne grupe analizirana je mikrofauna (bentoske foraminifere, zelene alge i krečnjački nanoplankton) i ređe makrofauna (rudisti).

#### 4.2.3. Metoda bojenja („staining technique“)

Za identifikaciju dolomita pojedini petrološki preparati su bojeni alizarinskom crvenom bojom (Dickson, 1966). Izdvojeni preparati su potapani u posudu napunjenu alizarin crvenom-S bojom u kojoj su bili izloženi dejstvu od par minuta (2-3 min.). Karbonatni trigonalni kristali koji sadrže Mg, Mn i Fe (dolomit, gvoždeviti dolomit, magnezit, siderit, rodohrozit) ostaju nebojeni posle izlaganja boji, dok trigonalni i ortorombični kristali sa Ca i Fe-om (kalcit, aragonit, gvoždeviti kalcit) dobijaju obojenje crvenkaste do rozikaste boje.

#### 4.2.4. Skenirajuća elektronska mikroskopija sa energetske-disperzivnom spektrometrijom (SEM-EDS)

Na odabranim pozicijama petroloških preparata izvršene su analize skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM) koristeći energetske-disperzivnu rendgensku spektrometriju (EDS). Tokom EDS analize sačinjene su sekundarne elektronske slike u povratno raspršenom snopu („backscattered“). Elektronski mikroskop (JEOL JSM-6610LV) je deo Laboratorije za SEM, Rudarsko-geološkog Fakulteta, Univerziteta u Beogradu.

#### 4.2.5. Analiza stabilnih izotopa ugljenika i kiseonika

Uzorkovanje ručnom bušilicom vršeno je na prethodno definisanim uzorcima sedimenata pre čega su depozicione teksture pažljivo odvojene od dijagenetski nastalih žica i šupljina zapunjenih kalcitom. Takođe, uzorkovanje je izvršeno u okviru stratigrafske sekcije stubova A, B i C, na nejednakim rastojanjima. Izotopska merenja su izvedena na Univerzitetu u Milanu, „Department of Earth Sciences“, koristeći automatski uređaj za separaciju („Gasbench II“) i maseni spektrometar sa kontinuiranim tokom („continuous flow“) („Thermo Fisher Scientific Delta V Advantage“). Karbonatni prah tretiran je ortofosfornom kiselinom (>99% koncentracije) na 70 °C. Izmerene vrednosti su izražene u standardnim delta oznakama i kalibrirani su sa „Vienna Pee-Dee Belemnite (V-PDB)“ vrednostima na osnovu internacionalnih standarda IAEA 603, NBS-18, kao i standardima laboratorije u kojoj je vršena analiza uzoraka: „Carrara“ i „Candoglia“ mermeri. Analitička tačnost ovih merenja je bila bolja od  $\pm 0.1 \text{ ‰}$  za  $\delta^{18}\text{O}$  i  $\delta^{13}\text{C}$ . Krive dobijenih vrednosti za sva tri stuba (A, B i C) su izvedene na osnovu srednjih vrednosti dve tačke („two-point moving average“), na osnovu čega su identifikovani vertikalni trendovi i ekskurzije izotopa u stratigrafskim okvirima, od značaja za korelaciju stubova.

#### 4.2.6. Rock-eval piroliza

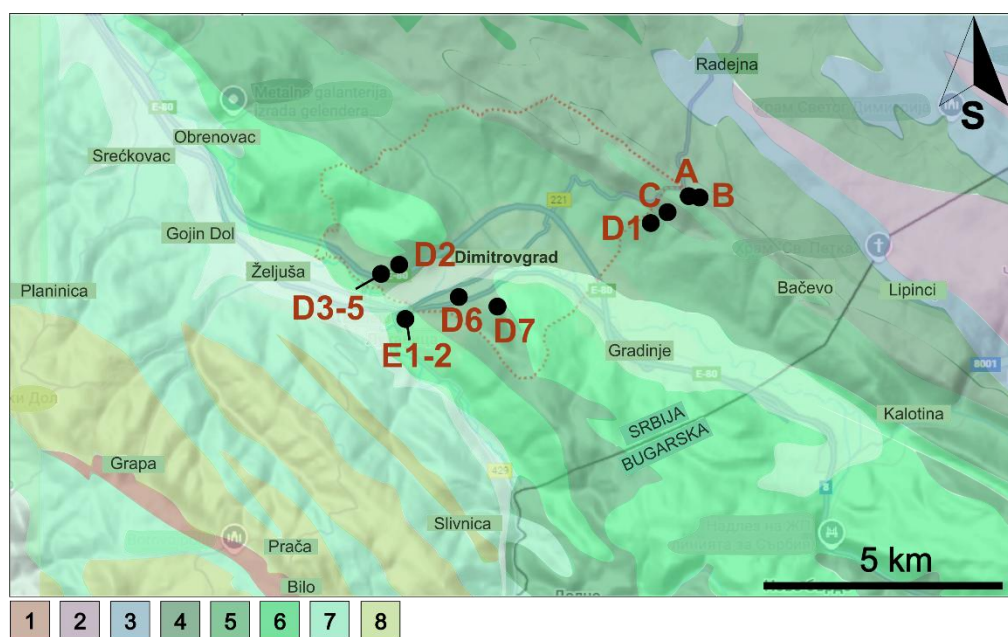
Standardna geohemijska metoda za utvrđivanje količine i tipa ugljovodonika u uzorcima, Rock-eval piroliza, izvedena je na uzorcima koji su prethodno facijalno definisani i na osnovu toga izabrani za geohemijsku analizu. Metoda je primenjena u laboratoriji Upstream (deo Naučno tehnološkog centra NIS – Naftagas). Sprašeni uzorci stena, 100-125 mg, se zagrevaju u prisustvu helijuma ili azota u cilju izolovanja kerogena i njegove analize. Temperaturni opseg prilikom procesa je 100-850 °C i odvija se u dve faze koje podrazumevaju procese pirolize i oksidacije. Dobijeni rezultati su izraženi u vidu krivih koje pokazuju pikove na osnovu kojih je moguće odrediti: količinu slobodnih ugljovodonika (pik S1), količinu generisanih ugljovodonika (pik S2), količinu kiseonika (pik S3) i mineralni sastav analizirane stene (pikovi S4 i S5). Jasno definisani postupci i analiza kriva se zasniva na proceduri definisanoj od strane Lafargue et al. (1998). Takođe, određen je tip kerogena i temperature njegove termičke maturacije.

#### 4.2.7. Organsko-hemijske analize

Organsko-hemijska karakterizacija ekstrakata je izvršena nad uzorkom koji je pokazao dobre rezultate ukupnog organskog ugljenika (TOC) Rock-Eval pirolize. Merenja su izvršena u okviru laboratorije Upstream (deo Naučno tehnološkog centra NIS – Naftagas). Izdvajanje ekstrakata iz matične stene se vrši pomoću Soxhlet aparatura uz primenu smeše organskih rastvarača dihlormetana (DCM) i metanola (MeOH) u zapreminskom odnosu DCM:MeOH=97:7, u trajanju od 40 h. Zatim se nad dobijenim ekstraktom vrši stubna hromatografija (SARA analiza) kako bi se izdvojile frakcije. Primenom organskih rastvarača dobijene su tri faze: zasićena (faza I), aromatska (faza II) i NSO frakcija, ili frakcije smole (faza III). Nad fazama I i II se vrše instrumentalne hromatografske metode (GC/FID i GC/MS). GC/FID metoda podrazumeva rastvaranje zasićene frakcije (faza I) u n-heksanu, a zatim izlaganje u gasnom hromatografu sa plamenim detektorom kako bi se dobio hromatogram i pomeranje krive prema y-osi ispod pikova koji ukazuju na koncentraciju prisutnih jedinjenja. Gasnomasena hromatografija (GC/MS) je instrumentalna metoda kojom se masenim detektorom omogućava identifikacija organskih jedinjenja u zasićenoj i aromatičnoj frakciji, a na osnovu specifične fragmentacije. Finalni signal (eng. Total Ion Current – TIC) izlazi na detektoru u obliku pikova sa određenim retencionim vremenima. Pojedinačne klase jedinjenja se analiziraju na softveru na specifičnim masama (m/z). Kao rezultat dobija se odgovarajući hromatogram i površine ispod pikova koje su direktno proporcionalne koncentraciji prisutnih jedinjenja. Iz pojedinačnih masa su identifikovani biomarkeri, kao i ostala specifična alifatična i aromatska jedinjenja.

## 5. Litofacijalna analiza

Litofacijalna analiza podrazumeva definisanje osnovnih facije i mikrofacije pojedinačno za svaki stratigrafski nivo: berijas–valendin, valendin–otriv? i barem–apt. Relativni položaj dvanaest odabranih i analiziranih stubova dat je na slici 5.1.



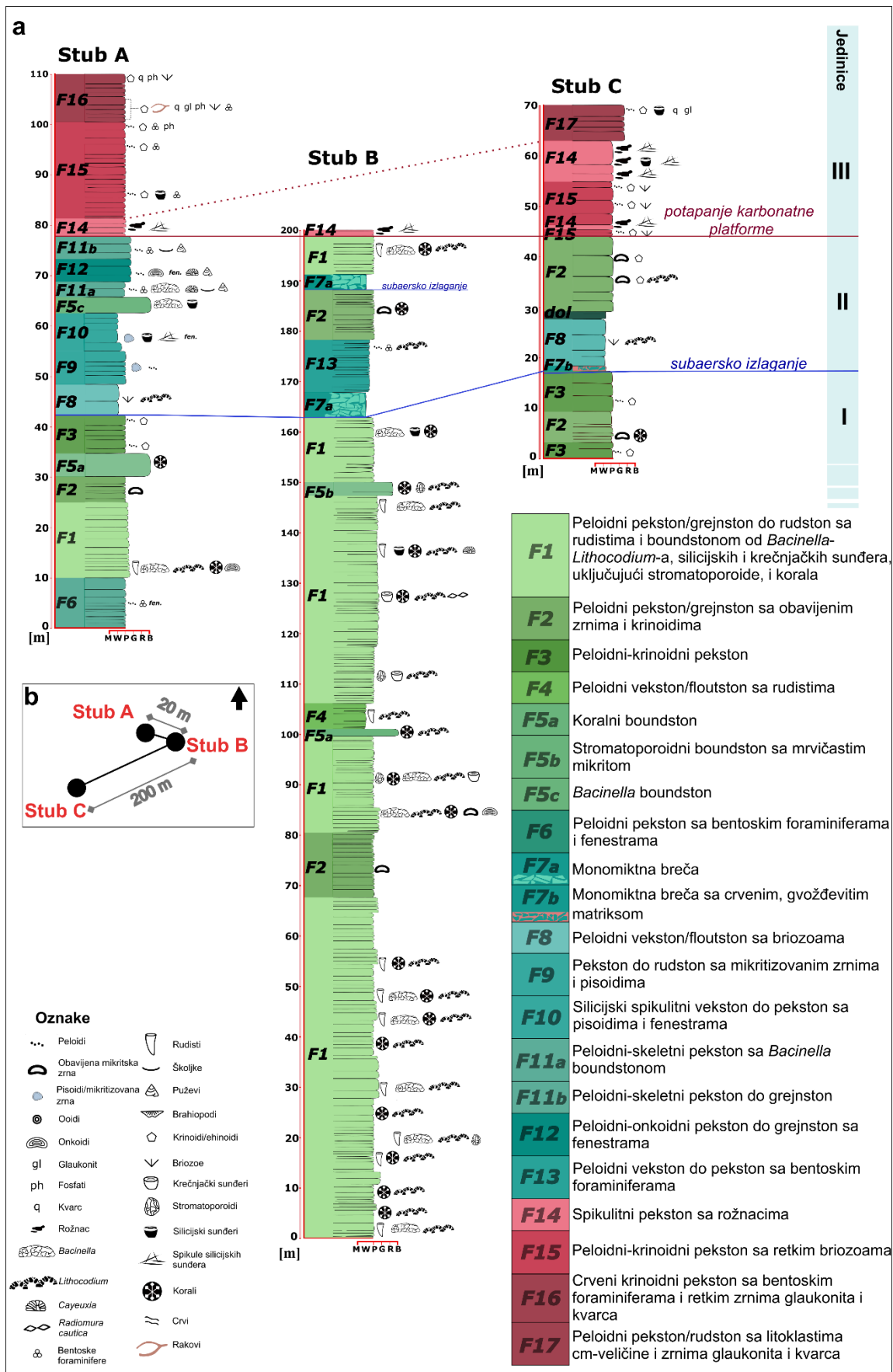
**Slika 5.1.** Relativni položaj stubova A, B, C, D1-D7 i E1-2 na reljefnoj (www.googlemaps.com) i geološkoj karti (modifikovano prema slici 3.2). Oznake jedinica su: 1- devonski fliš; 2- trijaski krečnjaci; 3- donjo-srednjojurske sedimentne stene; 4- gornjojursko-otrivski krečnjaci; 5- valendinsko-otrivski laporci, peščari i krečnjaci; 6- baremsko-aptski krečnjaci; 7- albski laporci, peščari i krečnjaci; 8- gornjokredne sedimentne stene.

### 5.1. Berijas–valendin

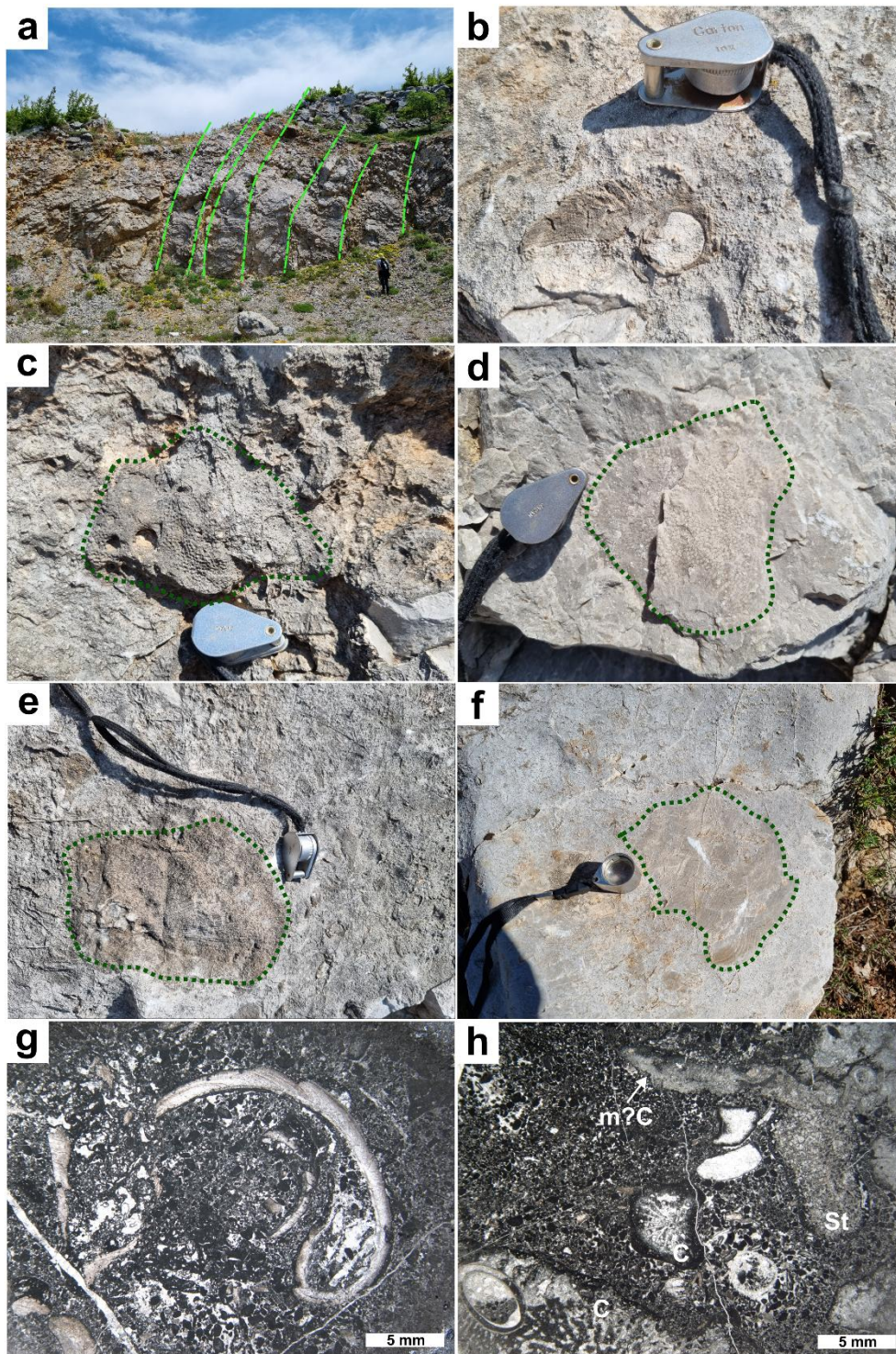
#### 5.1.1. Sedimentne jedinice i facijalna analiza

Na osnovu detaljnih sedimentoloških i petrografskih istraživanja stubova A, B i C izdvojeno je 17 facija (F1-F17), koje prati detaljan mikrofacijalni opis u Tabeli 5.1. Na osnovu facijalne asocijacije, oštih litoloških prekida (kao što je pojava F14 spikulitnog pekston sa rožnacima), horizonata koji ukazuju na karstifikaciju, kao i pojave stratifikovanih breča, izdvojene su tri stratigrafske jedinice (I-III; Slika 5.2.) (Stefanović et al., 2025a).

Facije F1-F6 zastupljene u donjim delovima stubova A (43 m), B (163 m) i C (17 m) čine jedinicu I. Baza ove jedinice je slabo otkrivena što otežava odredbu apsolutne debljine. Facija F1 (dominantno zastupljena u stubu B) izgrađuje slojeve debljine 0,5-2 m i predstavlja peloidni pekston/grejnston do rudston sa rudistima i boundstonom od *Bacinella-Lithocodium*-a, korala, silicijskih sunđera, uključujući stromatoporoide, i krečnjačkih sunđera (Slika 5.3.a-h). Razlikuju se tri tipa F1 facije na osnovu dominantne grupe organizama koje izgrađuju boundston: F1a – korali (Slika 5.4.a), silicijski i krečnjački sunđeri (Slika 5.4.b-c); F1b – rudisti i *Bacinella-Lithocodium*; F1c – stromatoporoidi. Pojedini fosili i fosilni fragmenti, kao što su ljuštore rudista, stromatoporoida, korala, i lokalno foraminifera, su bili izloženi bioeroziji mikroproblematikuma *Bacinella-Lithocodium*-a (Slika 5.4.d-e). Ovi inkrustratori mogu sadržati i perforacije foraminifere iz grupe nubekularija *Troglotella incrustans* Wernli & Fookes (Slika 5.4.f), slično kao što je predstavio Schlagintweit (2012). Mikroproblematikumi takođe grade onkoide tipa 3 i tipa 4 veličine 1-4 mm. U ovom istraživanju prepoznata su dva podtipa onkoida tip 4: *Bacinella*-dominantni i *Lithocodium*-dominantni onkoidi. Prvi su poluzaobljeni do eliptični i mogu sadržati tanku opnu *Lithocodium*-a (Slika 5.4.g), dok drugi podtip predstavljaju izdužena zrna talasastih ivica, koji retko uključuju pojavu *Bacinella*-e (Slika 5.4.h).



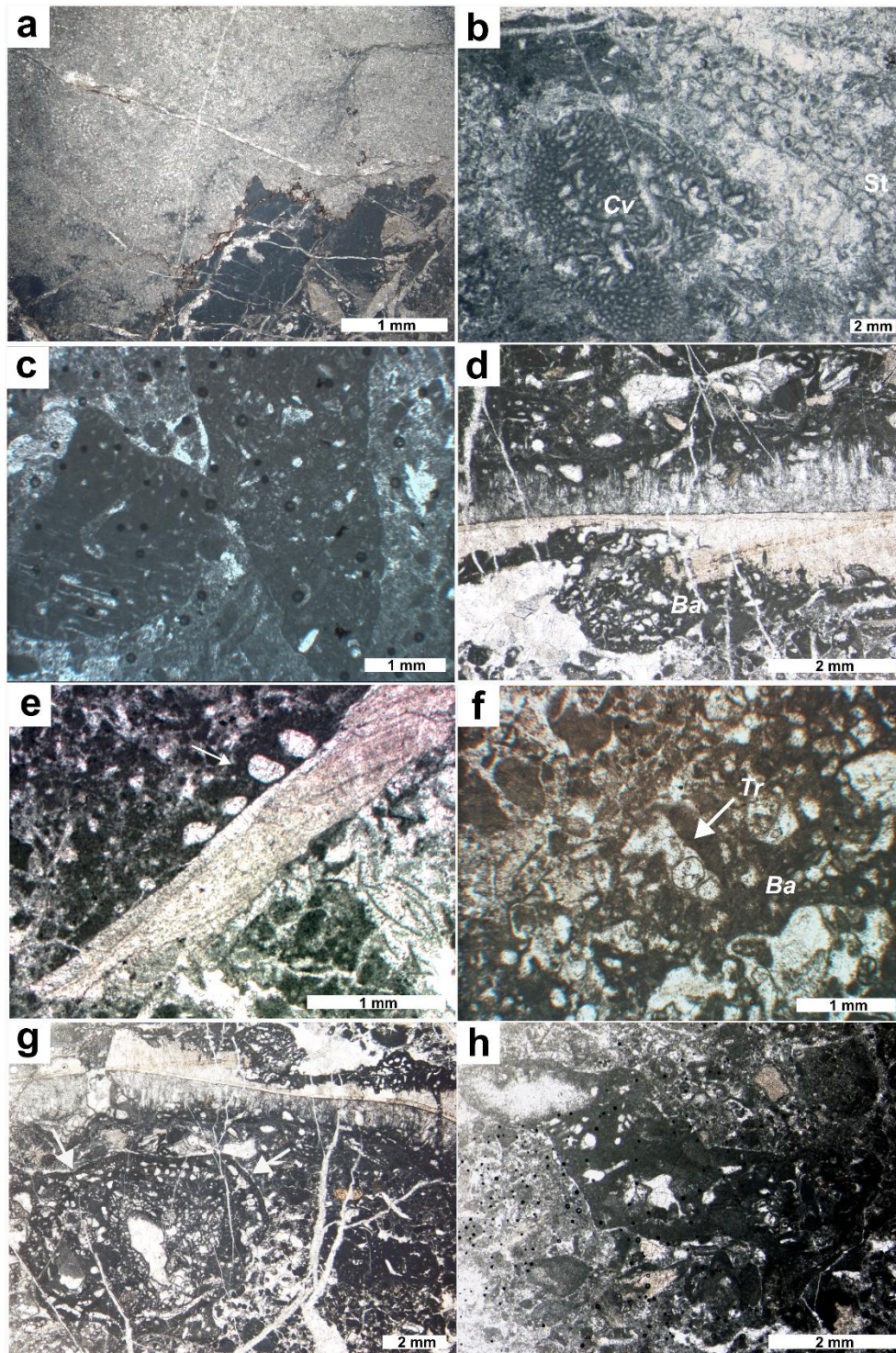
**Slika 5.2. a)** Stratigrafski stubovi A, B i C okoline Dimitrovgrada (detaljan položaj na slici 5.1.). Sedamnaest identifikovanih facija sačinjavaju tri jedinice (I-III). Bazalni dio jedinice II definisan je: pojavom facije F8 peloidnog vekstona/floutstona sa briozoama u stubu A, prvom pojavom breče F7a u stubu B i breče F7b u stubu C. Gornja granica jedinice II odgovara bazalnim slojevima facije F14 spikulitnog pekstona sa rožnacima, koji ujedno služe kao korelacioni markeri za sva tri stuba. **b)** Relativna pozicija stubova sa rastojanjem izraženim u metrima (nije u razmeri). Prilagođeno prema Stefanović et al. (2025a).



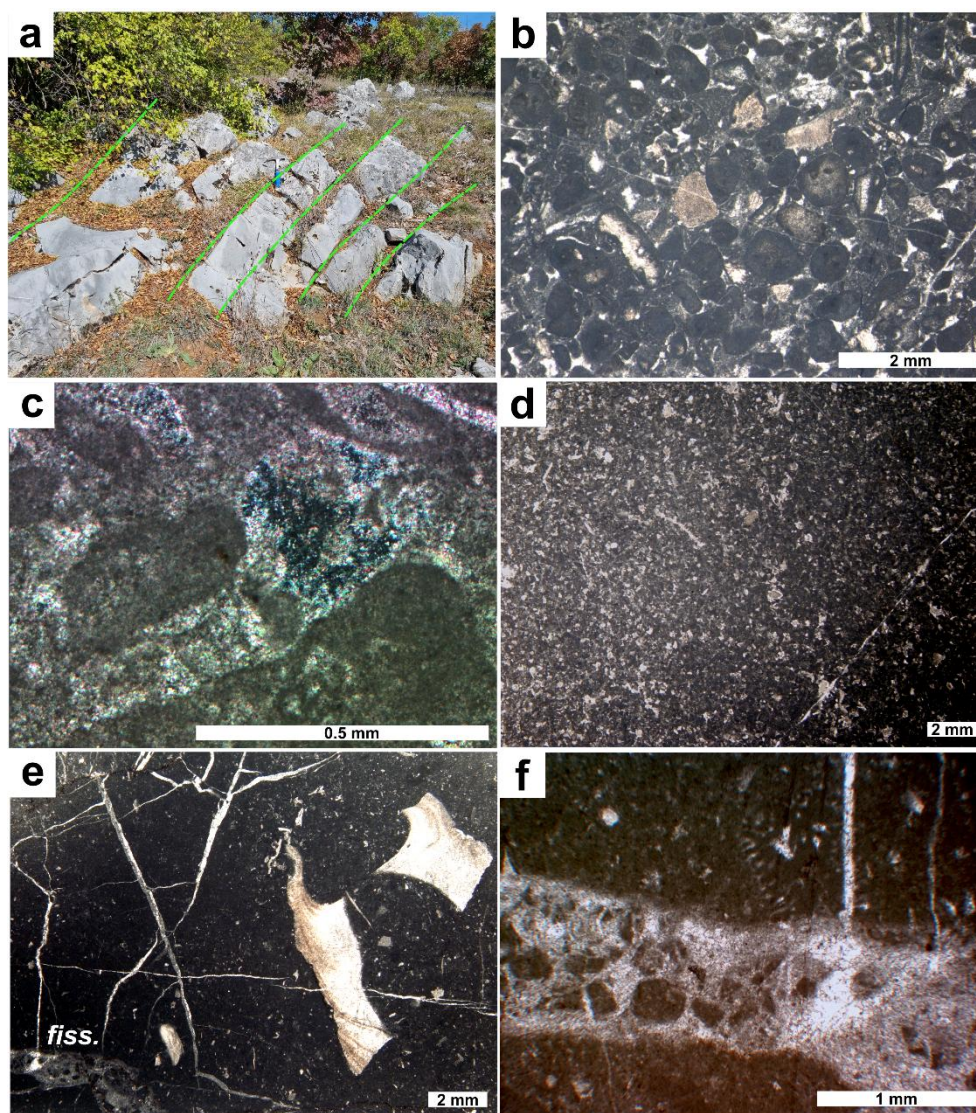
**Slika 5.3. a)** Izdanak slojevitih krečnjaka debljine 0,5-1 m, facije F1 peloidnog pekston/grejnstona do rudstona sa rudistima i boundstonom od *Bacinnella-Lithocodium*-a, silicijskih i krečnjačkih sundera, uključujući stromatoporoidne i korale (jedinica I, stub B). **b)** Preseci rudistnih školjki u slojevima F1 (jedinica I, stub B). **c)** Neidentifikovani sunderi sa biomikrošupljinama decimetarskih veličina (jedinica I, stub B). **d-f)** Stromatoporoidi decimetarskih veličina (jedinica I, stub B). **g)** Peloidni pekston/grejnston do rudstona facija oko sočiva boundstona sa rudistima (uzorak A0, stub B). **h)** Peloidni pekston/grejnston do rudstona facija oko sočiva boundstona sa stromatoporoidima (St) i koralima (koral = C; meandroidni? morfotip korala = m?C). Detalj: biomikrošupljina na koralu (C) sa geopetalnom zapunom. Prilagođeno prema Stefanović et al. (2025a).

Facija F2 peloidni pekston/grejnston sa obavijenim zrnima i krinoidima (Slika 5.5.a-b) izgrađuje slojeve debljine 0,5-1 m i smenjuje se sa slojevima facije F1 u stubovima A i B, i facijom F3 u stubu C. Skeletna zrna su mikritizovana, a zastupljeni su *Lithocodium*-dominantni onkoidi tipa 4 i lokalno na ivicama zrna je razvijen fibrozni cement (Slika 5.5.c). U dobro sortiranoj faciji F3 peloidni-krinoidni pekston dominira skeletni debris izgrađen od krinoida (Slika 5.5.d).

Vekston facija F4 je bogata skeletnim fragmentima alevritske frakcije u kome su retko zastupljena veća skeletna zrna (Slika 5.5.e). Facija sadrži nepravilne žice, nekoliko mm debljine, izgrađene od interklasta, peloida i mikritskog matriksa (Slika 5.5.f).



**Slika 5.4.** Mikrofotografije F1 facije peloidnog pekston/grejnstona do rudstona sa rudistima, koralima, stromatoporoidima i sunderima (jedinica I, stubovi A i B). **a)** Cerioidni morfotip koralja facije F1. Stiloliti, nastali usled pritiska, su razvijeni oko koralja (uzorak A194, stub A). **b)** Krečnjački sunder *Cylicopsis verticalis* (Cv) obavijen stromatoporoidom (St) (uzorak 305/4, stub B). **c)** Peloidni pekston/grejnston sa silicijskim sunderima (uzorak A160, stub B). **d)** Rudistna školjka obavijena *Bacinella*-om (Ba) (uzorak 305/7, stub B). **e)** Rudistna školjka sa inkrustriranim foraminiferom (bela strelica) (uzorak 303/3, stub B). **f)** Bio-mikro šupljina foraminifere *Troglotella incrustans* (Tr) u *Bacinella*-i (Ba) (uzorak A0, stub B). **g)** *Bacinella*-dominantni onkoid tipa 4 (bela strelica) sa nekoliko šupljina ispunjenih mikritom i sparitom (uzorak 305/7, stub B). **h)** Nepravilni *Lithocodium*-dominantni onkoid tipa 4 (uzorak 305/4, stub B). Prilagođeno prema Stefanović et al. (2025a).



**Slika 5.5.** Mikrofotografije facija F2, F3 i F4 (jedinica I, stubovi A, B i C). **a)** Izdanak slojeva krečnjaka facija F2 i F3 (stub C). **b)** Facija F2 peloidnog pekston/grejnstona sa obavijenim zrnima i krinoidima (uzorak D3, stub C). **c)** Izopahni cement facije F2 pekston/grejnstona sa obavijenim zrnima (uzorak 304/1, stub B; ukršteni nikoli). **d)** Dobro sortirani peloidno-krinoidni pekston facije F3 (uzorak 101/8, stub B). **e)** F4 peloidni vekston/floutston sa rudistima (uzorak 305/1, stub B). **f)** Žice facije F4 (stub B) ispunjene intraklastima madston/vekstona, peloidima, mikrosparitom i mikritom (uzorak 305/1, stub B). Prilagođeno prema Stefanović et al. (2025a).

Boundston facije su označene kao F5 i, na osnovu dominantne fosilne grupe, razlikuju se tri podtipa: F5a – koralni boundston; F5b – stromatoporoidni boundston sa mrvičastim mikritom<sup>4</sup> i F5c – *Bacinella* boundston. Slojevi F5a koralnog boundstona su identifikovani u stubu B (~100 m), gde su zastupljene cerioidne koralne kolonije (Slika 5.6.a), kao i u stubu A (~35 m), gde su zastupljene flokoidne koralne forme inkrustrirane crvima (Slika 5.6.b). Boundston sa stromatoporoidima i mrvičastim mikritom, koji sadrže demosundere, se nalaze u stubu B na oko 150 m (Slika 5.6.c-d). Graditelji sprudova facije F5b se nalaze u kompleksnim inkrustatorskim odnosima koji uključuju *Lithocodium* i neidentifikovane krečnjačke sundere. Teksture mrvičastog mikrita koje su posledica precipitacije karbonata od strane mikroba (npr. Della Porta et al., 2003a, 2014 i prateće reference) su sporadično prepoznate u F5b (Slika 5.6.e). U facijama F5 prisutne su žice sa različitim tipovima zapuna. U podtipu F5a javljaju se žice sa siliciklastičnim materijalom crvene boje, cementovane kalcitom, čija je prisutnost potvrđena metodom XRD-a, dok se u podtipu F5b pojavljuju nepravilne žice i šupljine ispunjene

<sup>4</sup> *Clotted peloidal micrite*, eng. – mrvičasti mikrit (Tišljar, 2001) je nastao sinsedimentacionom obradom nevezanog karbonatnog mulja mikrita u peloide (30-150 μm) uglavnom dejstvom mikroba.

intraklastima brečiziranog madstona unutar peloidnog mikritskog matriksa (Slika 5.6.f). Facija F5c *Bacinella* boundston će biti objašnjena u okviru jedinice II. Facija F6 predstavlja peloidni pekston sa bentoskim foraminiferama i fenestrama (Slika 5.6.g-h). Fenestre odlikuje geopetalna zapuna koju čine mikrit u donjem delu i izometrični sparit u gornjem delu (Slika 5.6.g). Kalcimikrob *Cayeuxia* (Slika 5.6.h) i retke ljušturice puževa su takođe zastupljene u faciji F6.

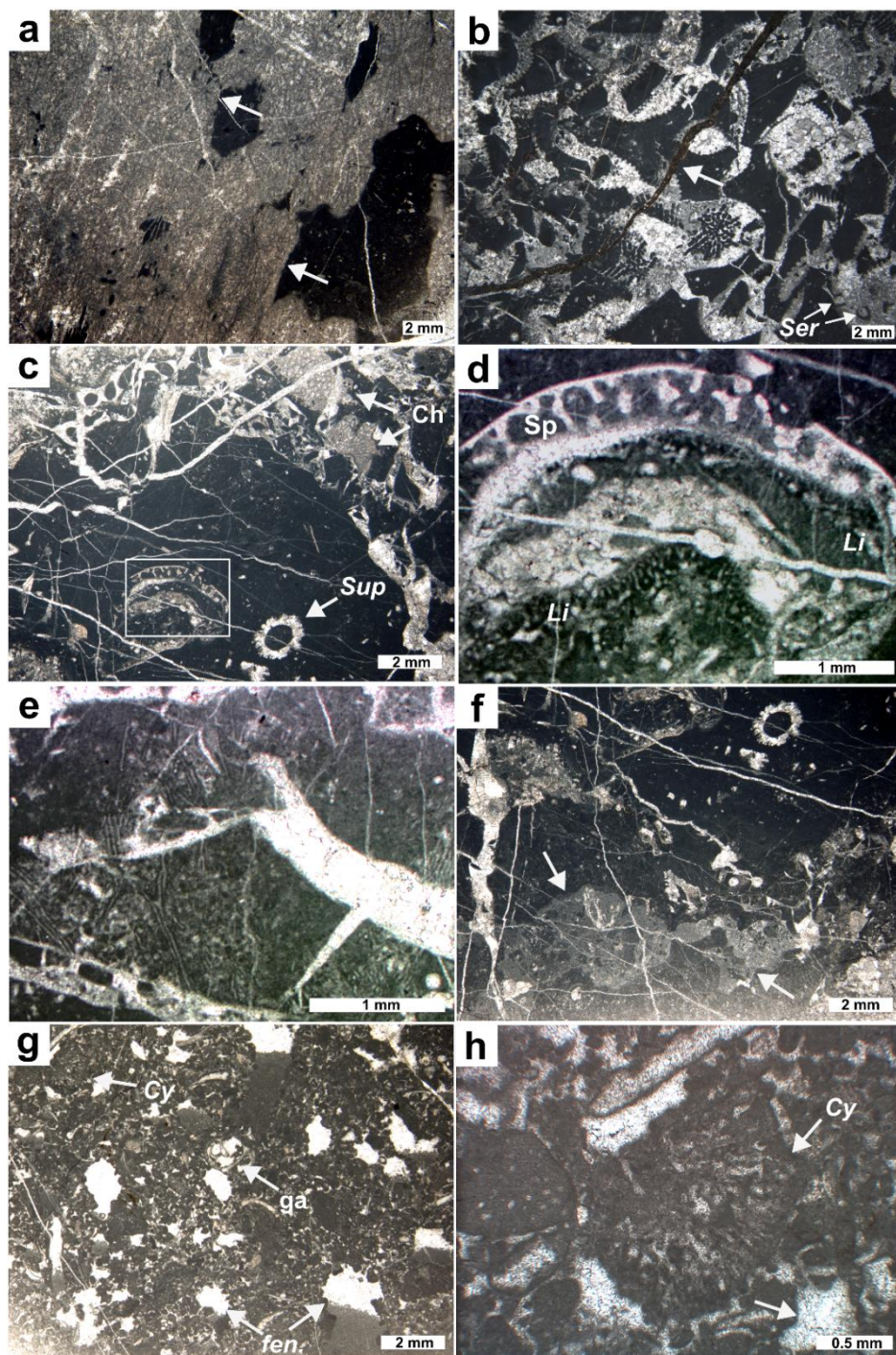
Jedinicu II, debljine 35-40 m, u stubovima A, B i C odlikuju različite facije. U stubu B prelaz ka jedinici II obeležen je slojevima F7a monomiktne breče sa uglastim odlomcima litoklasta u mikritskom matriksu i sparitu, što ukazuju na geopetalnu zapunu (Slika 5.7.a-b). Breča F7b sa litoklastima krečnjaka, koji se nalaze u crvenom gvoždovitom matriksu (Slika 5.7.c-f), označava bazu jedinice II u stubu C. Litoklasti ove breče - F7a su slabo sortirani i predstavljaju F8 peloidni vekston/floutston sa briozoama (Slika 5.7.b), i lokalno sa dazikladacea. Ujedno, facija F8 predstavlja osnovu jedinice II u stubu A, i otkrivena je u stubu C neposredno iznad breče F7b. Ova facija sadrži fosilni debris alevritske frakcije (Slika 5.7.g) sa retkim *Bacinella*-dominantnim onkoidima tipa 4 koji imaju tanku opnu *Lithocodium*-a (Slika 5.7.h).

U stubu A donji deo jedinice II se sastoji od facija F8, F9 i F10, praćenih facijama F5c *Bacinella* boundstonom, F11a-b peloidno-skeletnim pekstonom do grejnstonom i F12 peloidno-onkoidnim pekstonom do grejnstonom sa fenestrama. F9 pekston do rudston sa mikritizovanim zrnima i pisoidima (Slika 5.8.a-b), odlikuju nepravilne šupljine sa sparitskom zapunom, koje su razvijene između pisoida. Veliki pisoidi sa gustom mikritskom ovojnicom, veličine do 5 cm, imaju nukleus sastavljen od pekstona sa peloidima, rekristalisanim ljušturama rudista i drugih školjki (Slika 5.8.c). Silicijski spikulitni vekston do pekston sa pisoidima i fenestrama predstavlja faciju F10 (Slika 5.8.d). Nepravilne šupljine i fenestre veličine nekoliko mm, imaju zapunu sastavljenu od mikrita i izometričnog sparita koja odlikuje geopetalnu teksturu. U pojedinim slučajevima mikritski materijal u fenestrama pokazuje laminarnu teksturu. Poluzaobljena tela silicijskih sunđerica, ispunjena mikritom i brojnim šupljinama, lokalno su ovičena stilolitima (Slika 5.8.e) ili su zastupljene u F5c *Bacinella* boundstonu (Slika 5.8.f). F11a peloidno-skeletni pekston je asociran sa *Bacinella* boundstonom (Slika 5.8.g-h) i sadrži brojne šupljine zapunjene mozaičnim kalcitskim cementom, a u pojedinim slučajevima na obodu šupljina razvijen je fibrozni cement (Slika 5.8.g-h). Neke od ovih cementom zapunjenih šupljina predstavljaju bio-šupljine nastale rastvaranjem ljuštura puževa i školjki tokom rane faze potpovršinske dijagenese („burial diagenesis“<sup>5</sup>). F11b peloidno-skeletni pekston do grejnston predstavlja dobro sortiranu faciju sa brojnim bentoskim foraminiferama i retkim šupljinama zapunjenih sparitom (Slika 5.9.a). U faciji F12 peloidno-onkoidni pekston do grejnston sa fenestrama (Slika 5.9.b), zastupljeni su *Bacinella*-dominantni onkoidi tipa 4 sa skeletnim fragmentima ali bez jasno definisanog nukleusa (Slika 5.9.c) i retki mikritizovani ooidi sa tangencionalnom građom (tip 1 i 2) (Slika 5.9.d). Fenestre u F12 su zapunjene mozaičnim sparitnim cementom.

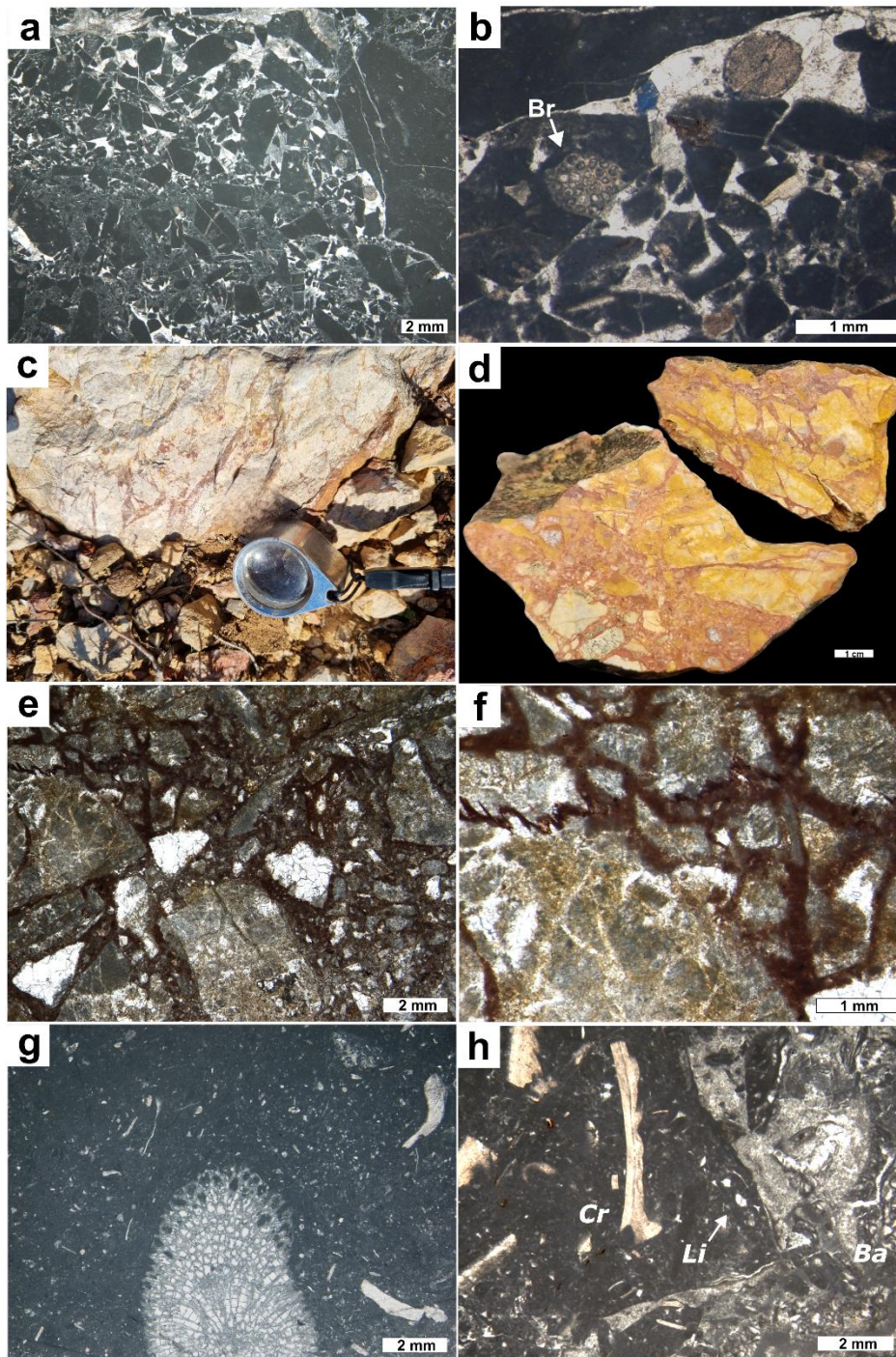
U stubu B, jedinica II je u donjem delu predstavljena brečom F7a koju prekriva dobro sortirani F13 peloidni vekston do pekston sa bentoskim foraminiferama (Slika 5.9.e), asociran sa retkim intraklastima madstona (Slika 5.9.f). Na 190 m stuba B otkriven je drugi nivo F7a breče sa uglastim litoklastima F8 facije, koja sadrži retke fragmente dazikladacea. Interval od 20 m stuba B sačinjava facija F13 koja je u podini i povlati ograničena brečom F7a. F7b monomiktne breče sa gvoždovitim matriksom i F8 peloidni vekston/floutston čine donji deo jedinice II u stubu C. Prekriveni su dolomitičnim nivoom debljine 0,5 m, sačinjenim od neplanarnog do s-planarnog mozaika sekundarnih anhedralnih do subarhedralnih minerala dolomita sa mikritskim peloidnim nukleusom (Slika 5.9.g). Kalcitski mozaični cement koji je obojen alizarinskom crvenom bojom ispunjava interkristalinski prostor (Slika 5.9.h).

---

<sup>5</sup> *Burial diagenesis*, eng. - potpovršinsko dijagenetsko područje na većoj dubini prikrivanja (Tišljar, 2001).

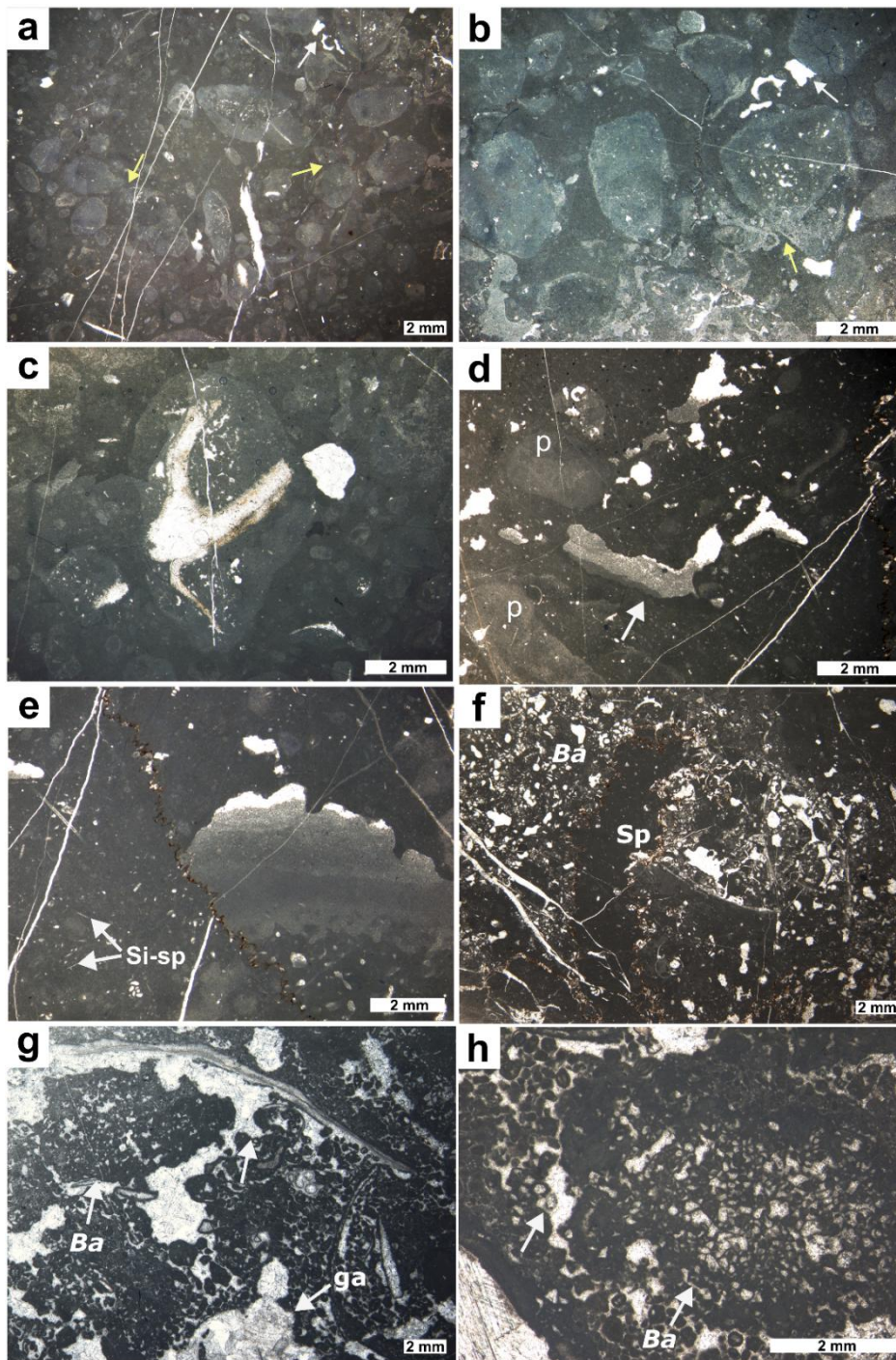


**Slika 5.6.** Mikrofotografije facija F5a-b i F6 (jedinica I, stubovi A i B). **a)** Facija F5a sa kolonijom korala cerioidnog morfortipa (bele strelice ukazuju na septe) (uzorak 304/4, stub A). **b)** Facija F5a kolonija korala flokoidnog morfortipa sa crvima (*Ser*), lokalno sa skeletnim debrisom vekstona između septi (uzorak 101/10, stub A). Detalj: žica sa zapunom siliciklastičnog materijala sa crvenim oksidima gvožđa i kalcijskim cementom (bela strelica). **c)** Facija F5b stromatoporoidni boundston sa mrvičastim mikritom, i demosunderima tipa kaetetis (*Ch*) (uzorak 305/8, stub B). Detalj: beli pravougaonik odgovara mikrofotografiji 7.d. Dazikladacea alga *Suppiliumaella* sp. (*Sup*) se nalazi u donjem desnom uglu mikrofotografije. **d)** Složeni odnosi inkrustatora u faciji F5b: *Lithocodium* (*Li*) i neidentifikovani krečnjački sunderi (*Sp*) (uzorak 305/8, stub B). **e)** Mrvičasti mikrit u faciji F5b boundston organizovan je u paralelne filamentozne strukture (uzorak 305/8, stub B). **f)** Nepravilne žice i šupljine u F5b sa uglastim intraklastima madstona i mikritskim matriksom (bela strelica) (uzorak 305/8, stub B). **g)** Facija F6 peloidnog pekstona sa bentskim foraminiferama i fenestrama sa geopetalnom zapunom od mikrita i izometričnog sparita (*fen.*). Pojedinačne do retke pojave skletnih zrna u faciji F6 su puževi (*ga*), školjke i *Cayeuxia* (*Cy*) (uzorak 302/2, stub A). **h)** Detalj: kalcij-mikrob *Cayeuxia* facije F6 (uzorak 302/2, stub A). Prilagođeno prema Stefanović et al. (2025a).

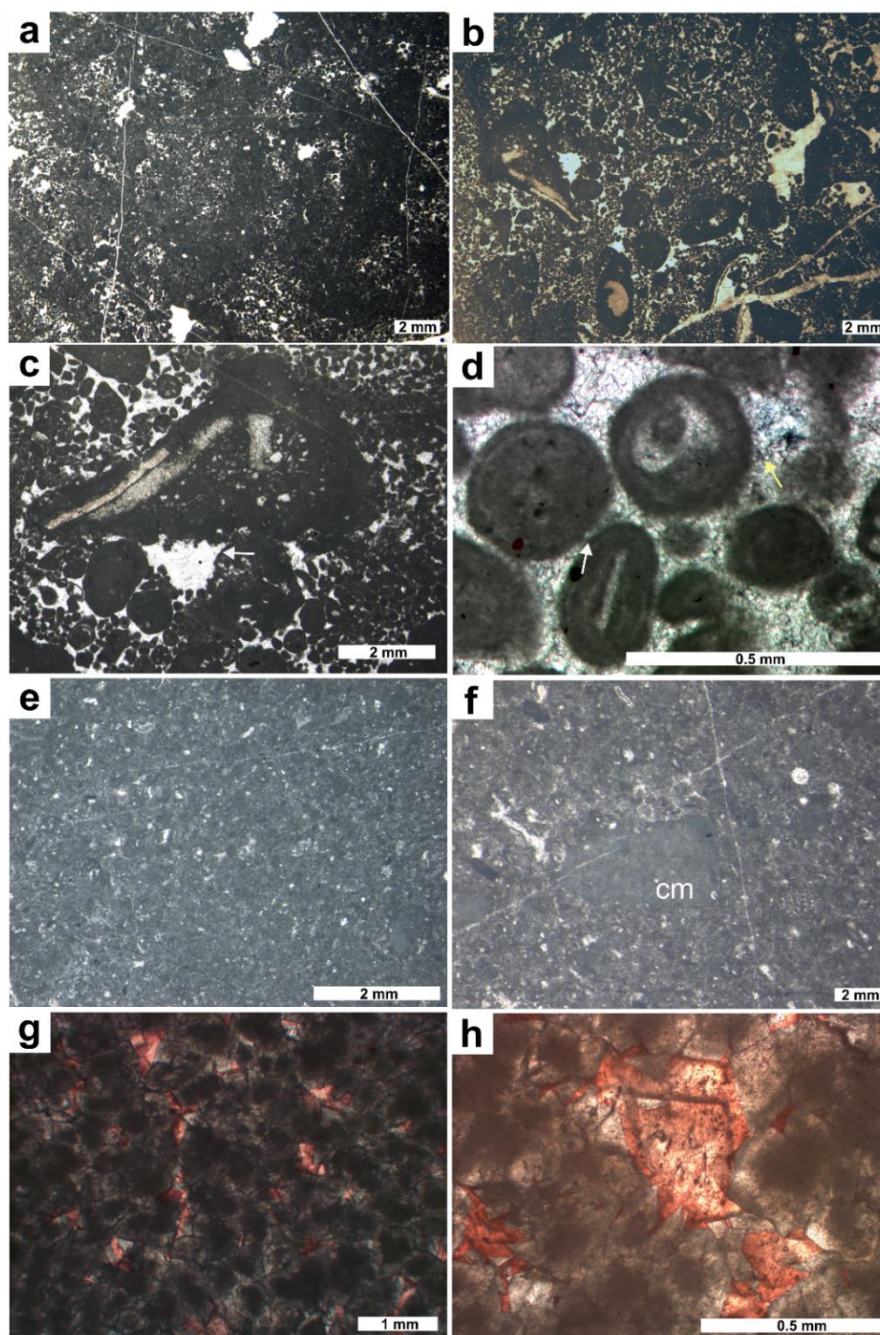


**Slika 5.7.** Mikrofotografije facije F7a, F7b i F8 (jedinica II, stubovi A, B i C). **a)** Facija F7a monomiktne breče sa uglastim klastima facije F8 peloidnog vekston/floutstona sa briozoama (baza jedinice II, uzorak A167, stub B). Detalj: prostor između klasta zapunjen geopetalno mikritskim matriksom u donjem delu i izometričnim sparitskim cementom u gornjem delu facije F7a. **b)** Detalj: fragment krinoida između klasta uključujući i fragmente briozoa (Br) u faciji F7a (uzorak A167, stub B). **c)** Fotografija monomiktne breče sa crvenim gvoždevitim matriksom (stub C). **d)** Polirana površina breče F7b i **e)** mikrofotografija monomiktne breče F7b sa crvenim, gvoždevitim matriksom (uzorak D18,5, stub C). **f)** Kontakt klasta u breči F7b obeležen je stilolitima (uzorak D18,5, stub C). **g)** Facija F8 peloidnog vekston/floutstona sa briozoama (uzorak D25,5, stub C). **h)** *Bacinella*-dominantni onkoid tipa 4 (*Ba*) sa tankom opnom *Lithocodium*-a (*Li*) i fragmentima *Carpathocancer* sp. (*Cr*) (uzorak 101/7, stub A). Prilagođeno prema Stefanović et al. (2025a).

Jedinica III počinje oštrm i jasnom facijalnom razlikom, definisanom pojavom F14 spikulitnog pekstona sa rožnacima, debljine od 0,5 do 10 m (Slika 5.10.a-b). Facija F14 je izgrađena od monoaksonskih spikula ježeva (Slika 5.10.b) i pojedinačnih pojava triaksonskih spikula, sačinjenih od sekundarnog kalcita. Retke pojave sačuvanih tela ježeva pripadaju demospongijama ili tačnije lithistidima jer spikule grade rigidnu mrežu (Slika 5.10.b).



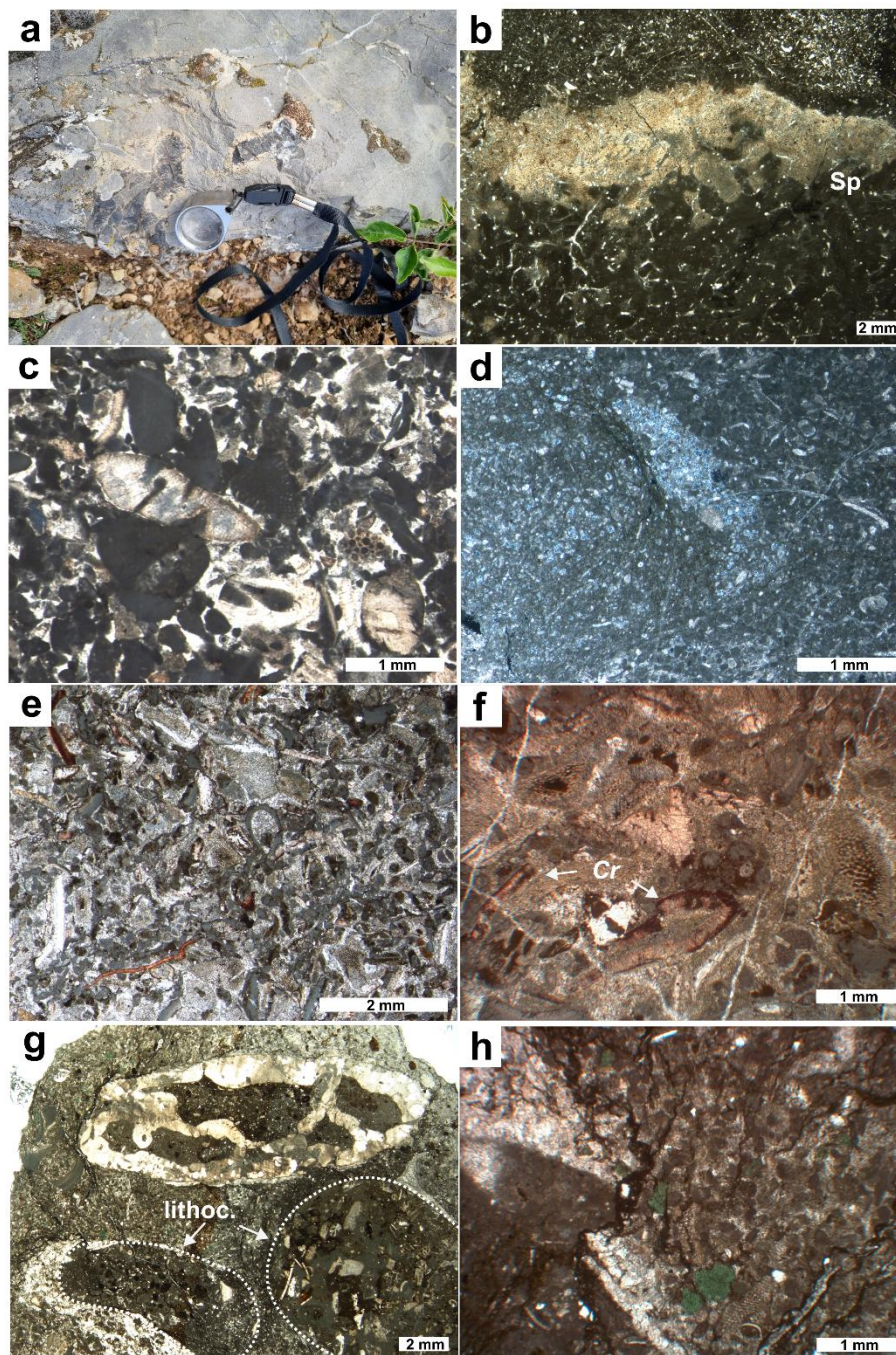
**Slika 5.8.** Mikrofotografije facija F9, F10 i F11a (jedinica II, stub A). **a-b)** Mikrofotografije facije F9 pekston do rudstona sa mikritizovanim zrnima i pisoidima (uzorak 101/6, stub A). Detalj: šupljine zapunjene sparitom (bela strelica) i lokalno mikritski meniskus cement (žute strelice). **c)** Pisoid facije F9 sa nukleusom od peloidnog pekstona sa mikritizovanim i rekristalisanom rudistnim školjkama (uzorak 101/6, stub A). **d)** Mikrofotografija facije F10 silicijskog spikulitnog vekston do pekstona sa pisoidima (p) i fenestrama zapunjenih vadoznim finim kristalnim materijalom i izometričnim sparitom (bela strelica) (uzorak 101/5, stub A). **e)** Detalj: stilolit koji seče fenestre za geopetalnom zapunom i vekston do pekston sa spikulama silicijskih sundera (Si-sp) facije F10 (uzorak 101/5, stub A). **f)** Mikrofotografija facije F5c *Bacinella* boundstona (*Ba*) sa silicijskim sunderima (Sp), delimično odvojenih stilolitima (uzorak 101/4, stub A). **g)** Mikrofotografija facije F11a peloidno-skeletnog pekstona sa *Bacinella* boundstonom (*Ba*). Različiti skeletni fragmenti kao što su ljušturice puževa (bela strelica) su rekristalisani i originalna tekstura je zamenjena sparitskim cementom koji formira družični mozaik (uzorak 101/3, stub A). **h)** Detalj: *Bacinella*-dominantni onkoid tipa 4 (*Ba*) i izopahni fibrozni cement (bele strelice) facije F11a. Prilagođeno prema Stefanović et al. (2025a).



**Slika 5.9.** Mikrofotografije facije F11b, F12, F13 i dolomitičnog nivoa (jedinica II, stubovi A, B i C). **a)** Mikrofotografija F11b peloidno-skeletnog pekston do grejnstona. Zastupljena, mikritizovana, skeletna zrna su bentoske foraminifere (uzorak 101/1, stub A). **b)** Facija F12 peloidno-onkoidnog pekston do grejnstona sa fenestrama sadrži *Bacinella*-dominantne onkoide tipa 4. Prepoznati onkoidi sadrže brojne skeletne fragmente, ali nemaju jasno definisane nukleus i mikritske lamine (uzorak 101/2, stub A). **c)** Detalj: *Bacinella*-dominantni onkoidi tipa 4 i fenestre zapunjene mozaičnim sparitom (bela strelica) (uzorak 101/2, stub A). **d)** Detalj: mikritizovani ooidi sa tangencionalnom građom (tip 1) i izduženi ooidi sa tangencionalnom građom (tip 2), vadozni meniskus cement (bela strelica) i fibrozni cement (žuta strelica) facije F12 (uzorak 101/2, stub A). **e)** Facija F13 peloidni vekston do pekston sa bentskim foraminiferama (uzorak A177, stub B). **f)** Detalj: primerak bentoske foraminifere *?Cribelopsis* sp., u faciji F13 i intraklasti kalci-madstona (cm) (uzorak 101/2, stub B). **g)** Mikrofotografije neplanarnog do s-planarnog (anhedralni do sub-euhedralni kristali) dolomita sa pojavom interkristalnog mozaičnog sparita (crvena boja). Detalj: mikritski nukleus (uzorak D28,5, stub C). **h)** Detalj: crveno obojeni mozaični kalцит u interkristalinskom prostoru dolomitičnog mozaika. Prilagođeno prema Stefanović et al. (2025a).

U stubu A jedinica III se sastoji od F14 facije u bazalnom delu, zatim F15 peloidno-krinoidnog pekstona sa retkim briozoama (Slika 5.10.c-d) i F16 crvenog krinoidnog pekstona sa bentskim foraminiferama i retkim zrnima glaukonita i kvarca (Slika 5.10.e-f). Facija F15 neposredno iznad F14 pekstona sa rožnacima sadrži silicijske sundere (Slika 5.10.d). Fragmenti rakova *Carpathocancer* sp. su zastupljeni u faciji F16 i imaju specifičnu crvenu boju (Slika 5.10.f)

koja potiče od koncentracije oksida gvožđa i mangana (poglavlje 6.3.). U stubu C, jedinica III se sastoji od facije F14 debljine 1,5 m, u čijoj se povlati nalazi facija F15 debljine oko 6 m. Završava se facijom F17 peloidnim pekston/rudstonom sa litoklastima cm-veliĉine i zrnima glaukonita i kvarca (Slika 5.10.g-h). Takođe, litoklasti su oznaĉeni suturama koje sadrže koncentracije oksida gvožđa i mangana. Ove koncentracije su takođe prisutne u intraskeletnim šupljinama briozoa i mikrošupljinama nastalim biogenom aktivnošću (poglavlje 6.3.).



**Slika 5.10.** Mikrofotografije facija F14, F15, F16 i F17 (jedinica III, stubovi A, B i C). **a)** Izdanak facije F14 spikulitnog pekstona sa rožnacima (stub B). **b)** Mikrofotografija facije F14 sa lithistidima (Sp), pekstona sa monoaksonskim spikulama sundera i silifikovanim delovima. Monoaksonske spikule su koncentrisane oko tela sundera (uzorak D55, stub C). **c)** Mikrofotografija facije F15 peloidno-krinoidnog pekstona sa retkim brizoama (uzorak D46, stub A). **d)** Detalj: mikrokvarc i kalcedon u telu silicijskog sundera (uzorak B7, stub A). **e)** Mikrofotografije facije F16 crvenog krinoidnog pekstona sa bentoskim foraminiferama i retkim zrnima glaukonita i kvarca (uzorak B21, stub A). **f)** Detalj: fragment *Carpathocancer* sp. (Cr) sa fragmentima krinoida, u faciji F16 (uzorak B22, stub A). **g)** Mikrofotografija facije F17 peloidnog pekston/rudstona sa litoklastima cm-veliĉine (lithoc.) i zrnima glaukonita i kvarca (uzorak D70, stub C). Kontakt litoklasta je suturiran usled kompakcije i pritiska, a pojedini litoklasti su silifikovani. **h)** Matriks F17 peloidnog pekstona sa zrnima glaukonita i detritičnim zrnim kvarca (uzorak D70, stub C). Prilagođeno prema Stefanović et al. (2025a).

**Tabela 5.1.** Opisi facija F1 do F17 identifikovanih u berijas–valendinskoj stratigrafskoj sekciji okoline Dimitrovgrada. Skraćenice zastupljenosti (Flügel, 2004): VR (veoma redak („very rare“); < 2% grains), R (redak („rare“); 2–5%), S (oskudan („sparse“); 5–10%), C (čest („common“); 10– 30%), VC (vrlo čest („very common“); 30–50%), A (obilan („abundant“); > 50%). Tipovi tekstura (Dunham, 1962; Embry & Klovan, 1971): W (vekston), P (pekston), G (grejnston), R (rudston), B (boundston). Prilagođeno prema Stefanović et al. (2025a).

Facije	Tekstura	Sortiranost i veličina zrna	Tipovi zrna	Skeletna zrna	Slojevitost	Dijagenetske karakteristike	Depoziciona sredina
<i>F1 – Peloidni pekston/grejnston do rudston sa rudistima i boundstonom od Bacinella-Lithocodium-a, silicijskih i krečnjačkih sundera, uključujući stromatoporoide, i korala</i>	P/G do R	Slabo do srednje sortirani; 0,04- > 6 mm.	Peloidi (90-600 µm, uglavnom 200-300 µm) (A); obavijena zrna (0,5-1,5 mm) (S-C); onkoidi tip 3 i 4 sastavljeni od <i>Bacinella</i> -e i <i>Lithocodium</i> -a, sa fragmentima rudista, sundera i nubekularidnih foraminifera (1-4 mm) (VR-C); skeletna zrna (0,6-10 mm, do >20 mm) (A)	Rudisti (VC), iz familije Requieniidae i/ili Monopleuridae; školjke (VR); puževi (VR); krinoidi (C); ehinoidi (R); silicijski demosunderi sa monoaksonske spikulama (S); krečnjački sunderi <i>Cylicopsis verticalis</i> i drugi nedeterminisani krečnjački sunderi (S); stromatoporoidi (R-VC); solitarni korali (R-C); cerioidni (R-C); fabelo-meandroidni? i meandroidni (S); flokoidni korali (R); <i>Bacinella-Lithocodium</i> formirajući opnu oko rudista, korals, stromatoporoids i drugih sundera (C); <i>Crescentiella morronensis</i> (VR); <i>Radiomura cautica</i> (VR); kalci-mikrob <i>Cayeuxia</i> (VR); bentoske foraminifere: lituolide ( <i>Gandryina</i> sp., <i>Nezzazatinella</i> sp., <i>Nautiloculina</i> cf. <i>brönnimanni</i> ), loftuside (cyclamminids, <i>Charentia</i> sp., <i>Vercorsella/Montsalevia</i> sp.), nodosaride ( <i>Bullopore</i> sp., <i>Lenticulina</i> sp.) i miliolide ( <i>Danubiella</i> sp., <i>Meandrosphaera favrei</i> , <i>Troglotella incrustans</i> ) (R-C); aglutinirane (R); inkrustratorska bentoske foraminifera <i>?Coscinophragma</i> (R); fragmenti rakova <i>Carpathocancer</i> sp. (VR)	Normalni slojevi 0,5-2 m debljine	Različite teksture: pekston sa mikritskim matriksom i lokalno grejnston sa fibroznom cementom (10 µm debljine) praćenim druznim do granularnim kalcitom. Većina zrna je mikritizovana (rudisti, stromatoporoidi i korali) i sadrže veliki broj biomikrošupljina. Proces mikritizacije je delimično vidljiv i kroz destruktivno-konstruktivne mikritske opne formirane oko zrna. Nekoliko stilolita nastalih usled pritiska su lokalno identifikovani i zapunjeni su gvoždjevitim kalcitom. Nekoliko generacija žica sa mozaičnim kalcitom i lokalno mikrosparitom	Uslovi niske energije vode, subtajdal otvorenog mora
<i>F1a – Peloidni P/G do R sa koralima i sunderima</i>							
<i>F1b – Peloidni P/G do R sa rudistima i Bacinella-Lithocodium-a</i>							
<i>F1c – Peloidni P/G do R sa stromatoporooidima</i>							
<i>F2 – Peloidni pekston/grejnston sa obavijenim zrnima i krinoidima</i>	P/G	Srednje sortirani; 0,1-1,5 mm	Peloidi (0,1-0,2 mm) (C); obavijena zrna (0,5-1,5 mm) (C); <i>Lithocodium</i> -dominantni onkoidi tip 4 (5-6 mm) (S); skeletna zrna sa tankom destruktivno-konstruktivnom mikritskom opnom (~0,2 mm) (C)	Krinoidi (S); ehinoidi (R); korali (S); <i>Bacinella-Lithocodium</i> inkrustriraju korale (S); <i>Crescentiella morronensis</i> (VR); bentoske foraminifere: nodosaridi ( <i>Lenticulina</i> sp.) i male tekstularide (R); alge dezikladacee (VR)	Normalni slojevi 0,5-1 m debljine	Mikritski matriks ispunjava intragranularni prostor, lokalno izopahni izometrični sparit oko zrna i druzni sparit. Sintaksijalni kalcitski cement oko krinodnih fragmenata. Intenzivno mikritizovana skeletna zrna, uz izuzetak fragmenata krinoida koji imaju tanku mikritsku opnu. Lokalno razvijene suture na kontaktu zrna i stiloliti	Uslovi niske energije vode, restriktivni marinski subtajdal
<i>F3 – Peloidni-krinoidni pekston</i>	P	Dobro sortirani; 0,1-0,7 mm	Peloidi (0,1-0,3 mm) (A); obavijena zrna (~0,2 mm) (R); skeletna zrna (0,1-0,7 mm) (VC)	Školjke (R); fragmenti krinoida (debris) (A); fragmenti krečnjačkih sundera (debris) (R); ehinoidi (S); briozoe (S); fragmenti rakova <i>Carpathocancer</i> sp. (R); bentoske foraminifere: nodosaride ( <i>Lenticulina</i> sp.) (R-S)	Normalni slojevi 0,2-2 m debljine	Mikritni matriks u intragranularom prostoru. Zrna intenzivno mikritizovana. Zapuna mozaičnog kalcita u žicama	Uslovi niske energije vode, subtajdal otvorenog mora

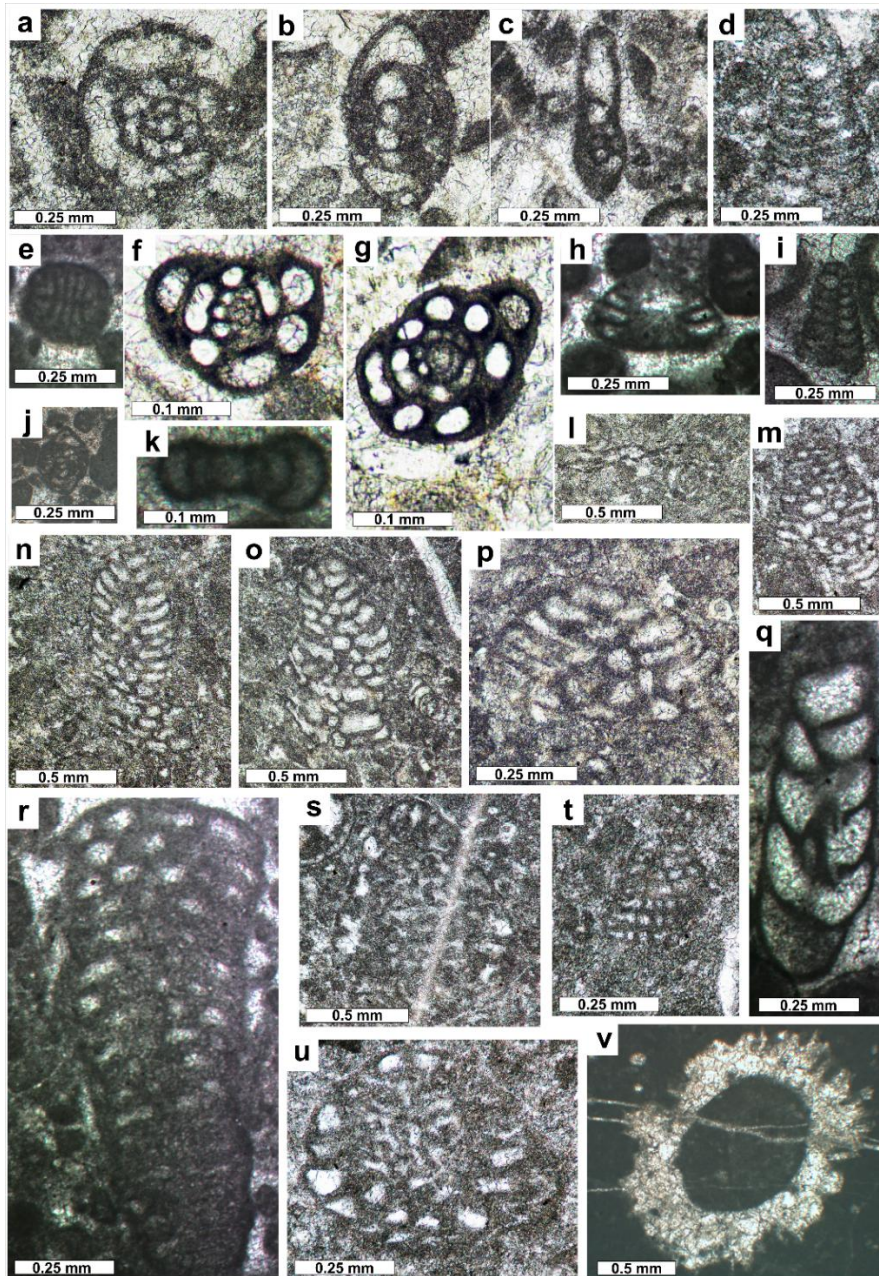
Facije	Tekstura	Sortiranost i veličina zrna	Tipovi zrna	Skeletna zrna	Slojevitost	Dijagenetske karakteristike	Depoziciona sredina
<i>F4 – Peloidni vekston/floutston sa rudistima</i>	W/F	Dobro sortirani; 0,05-1 mm, retko do 8 mm	Peloidi (0,05-0,1 mm) (VC); skeletna zrna (0,2-1 mm, retko 8 mm) (VC)	Fragmenti rudista (C); fragmenti krinoida (C); mogući debris od briozoa (S); fragmenti <i>Lithocodium</i> -a (S); miliolide foraminifere (R); kalcisfere (VR)	Normalni slojevi <1 m debljine	Mikritizovana skeletna zrna. Nekoliko generacija žica: 1- zapunjene mikrosparitom i izometričnim sparitom, zajedno sa uglastim fragmentima osnovne stene (F4); 2- zapunjene mozaičnim sparitom koje seku 1 generaciju žica. Stiloliti sa oksidima gvožđa nastali posle 1 generacije žica	Uslovi niske energije vode, restriktivni marinski subtajdal
<i>F5a – Koralni boundston</i>	B, lokalno W		Peloidi (0,06-0,9 mm) (R); tangenti ooidi (VR); skeletna zrna (S)	Različite koralne kolonije: cerioidi i flokoidi (A); ehinoidi (VR); monoaksonske spikule silicijskih sundera (R); crvi (R); bentoske foraminifere: sitne tekstularide (VR)	Slojevi ~1.5 m debljine	Lokalno žice razvijene, nekoliko mm debljine, zapunjene žutim materijalom. Zapunjeni vekstonom sa skletnim debrisom alevritske frakcije	Uslovi niske do srednje energije vode, subtajdal
<i>F5b – Stromatoporoidni boundston sa mrvičastim mikritom</i>	B-do-W		Peloidi (0,06-0,1 mm) (C)	Ljuštore rudista (C); ostrakode (VR); <i>Lithocodium</i> (C); <i>Crescentiella morronensis</i> (VR); demosunderi tipa kaetetisa (C); stromatoporoidi (C); crvi (S); alge dezikladacee (VR)	Slojevi ~0.5 m debljine	Mikritski matriks. Lokalno stena brečizirana sa mozaičnim sparitom i finim mikritskim matriksom sa peloidima između uglastih fragmenata (veličine <0,5-1 mm). Brečizirani deo seku žice zapunjene druznim sparitom. Žice sa finim, bez-teksturnim mikritom su retke	Uslovi niske do srednje energije vode, subtajdal
<i>F5c – Bacinella boundston</i>	B-do-W		Peloidi (0,05-0,3 mm) (C)	Ostrakode (VR); <i>Bacinella</i> (A); silicijski sunderi sa monoaksonskim spikulama (C); <i>Lithocodium</i> (R); <i>Crescentiella morronensis</i> (VR); ljušturice puževa (VR-R); bentoske foraminifere (R); miliolide i sitne tekstularide	Slojevi ~1.5 m debljine	Sparitski cement mikritskog i granularnog tipa, u vidu geopetalne teksture, kao zapuna ljušturica ostrakoda. Šupljine sa izometričnim cementom u <i>Bacinella</i> boundstonu i silicijskim sunderima. Lokalno fini kristalni materijal kao sedimentna zapuna. Stiloliti formirani oko fosilnih ostataka silicijskih sundera.	Uslovi niske do srednje energije vode, subtajdal
<i>F6 – Peloidni pekston sa bentoskim foraminiferama i fenestrama</i>	P, lokalno G	Dobro sortirani; 0,08-1,5 mm	Peloidi (0,08-0,1 mm) (VC); tip 3 onkoida (1,5 mm) (S); obavijena zrna (~0,2 mm) (R); radialni ooidi tip 1 (~0,5 mm) (R); skeletna zrna (0,1-1,5 mm) (VC)	Bentoske foraminifere (VC): sitne loftiside ( <i>Dobrogeleina</i> sp.), miliolide, tekstularide and lituoide; školjke (R); puževi (S); <i>Cayeuxia</i> (S); krinoidi (R); nedeterminisani krečnjački sunderi (S); alge dezikladacee (VR); protohalimedacee alge ( <i>Carpathocodium anae</i> ) (R); <i>Carpathocancer</i> sp. (VR)	Normalni slojevi 0,5-1,5 m debljine	Izopahni fibrozni cement oko zrna i izometrični cement u intragraonularnom prostoru i mikritski matriks. Skeletna zrna intenzivno mikritizovana. Fenestre zapunjene mikritom i granularnim cementom, u vidu geopetalne strukture	Uslovi niske energije vode, subtajdal otvorenog do restriktivnog mora
<i>F7a – Monomiktna breča</i>	R, klasti W/P	Slabo sortirani; 0,01-20 mm	Uglasti klasti F8 facije (0,5-20 mm) (VC); peloidi (0,01-0,1 mm) (C); skeletna zrna (~0,5 mm) (C)	Školjke (R); krinoidi (VC); briozoe (R-C); <i>Lithocodium</i> (VR); <i>Labes atramentosa</i> (S); neindetifikovani krečnjački sunderi (VR); fragmenti korala (S); dezikladacee <i>Suppiluliumaella</i> sp. (R-S)		Mikritski matriks između zrna. Mozaični sparit, fini mikrit i peloidi između uglastih klasta	Subaersko izlaganje, karstna disolucija i brečizacija
<i>F7b – Monomiktna breča sa crvenim, gvoždevitim matriksom</i>	R	Slabo sortirani; 0,5- >20 mm	Uglasti klasti (0,5-20 mm) (A)	–	Jedan sloj 0.5-1.5 m debljine	Crveni, gvoždeviti matriks. Stiloliti, zapunjeni nerastvorenim materijalom i bogatim gvožđem, seku uglaste fragmente. Mozaični sparit kao zamena originalne teksture u klastima	Subaersko izlaganje, karstna disolucija i brečizacija

Facije	Tekstura	Sortiranost i veličina zrna	Tipovi zrna	Skeletna zrna	Slojevitost	Dijagenetske karakteristike	Depoziciona sredina
<i>F8 – Peloidni vekston/floutston sa briozoama</i>	W/F	Srednje sortirani; 0,06-3 mm, retko >6 mm	Peloidi (0,06-0,3 mm) (VC); obavijena zrna (R); <i>Bacinnella</i> -dominantni onkoidi tip 4 (R); skeletna zrna (0,2-3 mm, retko >6 mm) (A)	Rudisti (R); školjke (S); puževi (VR-R); ostrakode (S); krinoidi (C); briozoe (C); <i>Bacinnella</i> -dominantni onkoidi tip 4 sa foraminiferama <i>Troglotella incrustans</i> (R); <i>Lithocodium</i> (R); nedeterminisani inkrustrirajući krečnjački sunderi (S); fragmenti stromatoporida (R); fragmenti rakova <i>Carpathocancer</i> sp. (VR)	Normalni slojevi <1 m debljine	Mikritizovana skeletna zrna. Lokalno stiloliti razvijeni	Uslovi niske energije vode, restriktivni, plitki, marinski subtajdal
<i>F9 – Pekston do rudston sa mikritizovanim zrnima i pisoidima</i>	P do R	Srednje sortirani; 0,5-6 mm	Skeletna zrna (0,5-1 mm) (C); pisoidi i mikritizovana zrna (1,2-5 mm) (VC)	Fragmenti rudista (u nukleusu mikritizovanih zrna) (C); školjke (R); ostrakode (VR); puževi (R); monaksalne spikule silicijskih sundera (R); bentoske foraminifere: tekstularide (VR)	Normalni slojevi 0,5-1 m debljine	Intenzivno mikritizovani pisoidi, ili čak onkoidi. Mikritski meniskus cement. Nekoliko šupljina, mm veličine, nepravilnog oblika ispunjenih granularnim sparitom. Lokalno sparit ispunjava otvore između pisoida. Brojni stiloliti	Uslovi niske energije vode, intertajdal-supratajdal
<i>F10 – Silicijski spikulitni vekston do pekston sa pisoidima i fenestrama</i>	W do P, B	Dobro do srednje sortirani; 0,5-3,5 mm	Pisoidi i mikritizovana zrna (1,5-3,5 mm) (C); skeletna zrna (0,5-1,5 mm, retko 3 mm) (VC)	Ostrakode (R); monaksonske spikule silicijskih sundera (VC); silicijski sunderi, verovatno demosunderi (C); bentoske foraminifere: loftuside, miliolide i tekstularide (S)		Nepravilne fenestre i šupljine unutar tela silicijskih sundera, zapunjene su laminiranim kristalnim muljem i izometričnim sparitom, predstavljajući geopetalnu zapunu. Intenzivno mikritizovana zrna. Brojni stiloliti	Uslovi niske energije vode, intertajdal-supratajdal
<i>F11a – Peloidni-skeletni pekston sa Bacinnella boundstonom</i>	P, lokalno G, B	Dobro sortirani; 0,05-0,3 mm	Peloidi (0,05-0,1 mm) (VC); obavijena zrna (~0,2 mm) (S); skeletna zrna (0,1-0,3 mm) (VC); <i>Bacinnella</i> -dominantni onkoidi tip 4 (1-4 mm) (R)	Školjke (C); puževi (R); <i>Cayeuxia</i> (S); bentoske foraminifere: lituolide ( <i>Haplophragmoides</i> sp.), loftuside ( <i>Scythiolina</i> , pfenderinide), miliolide i tekstularide (VC)	Normalni slojevi 0,5-1,5 m debljine	Mikritski matriks i intragranularni prostor zapunjen izopahnim fibroznom cementom oko zrna i izometričnim cementom. Skeletna zrna su intenzivno mikritizovana. Bio-šupljine, nastale od ljušturica puževa, zapunjene mozaičnim cementom	Uslovi niske energije vode, intertajdal-supratajdal
<i>F11b – Peloidni-skeletni pekston do grejnston</i>	P do G	Dobro sortirani; 0,08-1,5 mm	Peloidi (0,05-0,1 mm) (C); skeletna zrna (0,1-1,5 mm) (VC)	Bentoske foraminifere: loftuside ( <i>Scythiolina</i> sp., <i>Siphovalvulina</i> sp.), miliolide i tekstularide (VC); fragmenti školjki (VR); puževi (VR)		Intraglanularni prostor zapunjen izopahnim fibroznom cementom, izometričnim sparitom i mikritskim matriksom. Lokalno meniskus cement između zrna. Skeletna zrna intenzivno mikritizovana. Šupljine zapunjene mikritom i granularnim sparitskim cementom	Uslovi niske energije vode, plitki subtajdal do intertajdal-supratajdal
<i>F12 – Peloidni-onkoidni pekston do grejnston sa fenestrama</i>	P do G	Srednje sortirani; 0,05-7 mm	Peloidi (0,05-0,25 mm) (VC); skeletna zrna (0,2-2 mm) (C); <i>Bacinnella</i> -dominantni onkoidi tip 4 (1-7 mm) (C); mikritizovani tangentni ooidi (tip 1) i izduženi tangentni ooidi (tip 2) (S)	Fragmenti rudista (u nukleusu onkoida tip 4) (R); puževi (S); bentoske foraminifere: involutide (? <i>Coscinoconus</i> sp.), loftuside ( <i>Scythiolina</i> sp., <i>Cribellopsis</i> sp., <i>Siphovalvulina</i> sp.), lituolide ( <i>Haplophragmoides</i> sp., ? <i>Bolivinopsis</i> sp.), miliolide i tekstularide (VC); <i>Cayeuxia</i> (S)	Normalni slojevi 0,5-1,5 m debljine	Nekoliko tipova cementa: vadozni, meniskus mikrosparit na kontaktu zrna; izopahni fibrozni i izometrični cement u intragranularnom prostoru i šupljinama. Mikritski matriks. Sva zrna su mikritizovana. Fenestre zapunjene mozaičnim sparitom	Uslovi niske energije vode, intertajdal-supratajdal

Facije	Tekstura	Sortiranost i veličina zrna	Tipovi zrna	Skeletna zrna	Slojevitost	Dijagenetske karakteristike	Depoziciona sredina
<i>F13 – Peloidni vekston do pekston sa bentoskim foraminiferama</i>	W do P	Dobro sortirani; 0,07-0,4 mm, retko 4 mm	Peloidi (0,07-0,1 mm) (VC); skeletna zrna (0,2-0,4 mm, retko 4 mm) (A); intraklasti madstona (>0,4 mm) (VR)	Bentoske foraminifere: lituolide ( <i>Haplophragmoides</i> sp.), loftuside ( <i>Scythiolina/Vercorsella</i> sp., <i>Orbitolinopsis</i> sp., <i>Cribellopsis</i> sp., <i>Montsalevia salevensis</i> , <i>Moulladella jourdanensis</i> ), miliolide ( <i>Danubiella gracillima</i> ) i spirilinide ( <i>Glomospira</i> sp.) (A); školjke (R); puževi (R); <i>Lithocodium</i> inkrustrira ljušturice školjki (R); <i>Crescentiella morronensis</i> (VR); nedeterminisani krečnjački sunderi (S); fragmenti rakova <i>Carpathocancer</i> sp. (R)		Mikritizovana skeletna zrna	Uslovi niske energije vode, restriktivni subtajdal
<i>F14 – Spikulitni pekston sa rožnacima</i>	P	Dobro do srednje sortirani; 0,06-1 mm	Peloidi (0,06-0,1 mm); skeletna zrna (0,1-1 mm)	Školjke (R); krinoidi (R); silicijski sunderi (C); moguće lithistidi (VR); monoaksonske spikule silicijskih sundera (A); triaksonske spikule silicijskih sundera (R); fragmenti rakova <i>Carpathocancer</i> sp. (R); briozoe (R); bentoske foraminifere (R)	Slojevi 0,2-0,5 m debljine	Silifikacija mikrokristalnim kvarcom i kalcedonom, koji zamenjuju tela silicijskih i lokalno krečnjačkih sundera. Bitumen u intragranularnom prostoru i stilolitima	Srednja do visoka energija vode, subtajdal do dubokovodna sredina
<i>F15 – Peloidni-krinoidni pekston sa retkim briozoama</i>	P, lokalno G	Dobro do srednje sortirani; 0,1-0,7 mm	Peloidi (0,1-0,3 mm) (A); obavijena zrna (~0,2 mm) (S); radijalni ooidi tip 1 (~0,5 mm) (VR); skeletna zrna (0,1-0,7 mm) (VC); fosfatna zrna (VR); zrna kvarca	Školjke (R); fragmenti krinoida (A); silicijski sunderi (R) (iznad F14); debris od krečnjačkih sundera (R); ehinoidi (S); briozoe (S); fragmenti rakova <i>Carpathocancer</i> sp. (R); bentoske foraminifere: moguće loftuside, miliolide, nodosaride ( <i>Lenticulina</i> sp.) i tekstularide (C)	Normalni slojevi 0,2-2 m debljine	Mikritski matriks ili lokalno mozaični sparitski cement. Kalcedon u spikulama silicijskih sundera. Zrna su intenzivno mikritizovana i sadrže brojne biomikrošupljine. Suturirani kontakt između zrna; suture bogate bitumenom. Žice zapunjene mozaičnim kalcitom	Srednja do visoka energija vode, subtajdal, moguć uticaj oluja
<i>F16 – Crveni krinoidni pekston sa bentoskim foraminiferama i retkim zrnima glaukonita i kvarca</i>	P	Dobro do srednje sortirani; 0,1-1 mm, lokalno 1,5 mm	Peloidi (~0,1 mm) (C); skeletna zrna (0,3-1,5 mm) (A); zrna glaukonita (S); fosfati (VR); zrna kvarca (S)	Fragmenti krinoida (A); briozoe (C); silicijski sunderi? (R); fragmenti rakova <i>Carpathocancer</i> sp. (C); bentoske foraminifere: miliolide (npr. <i>Meandrospira favrei</i> ) (S)	Normalni slojevi 0,3-0,5 m debljine	Suturirani kontakt zrna i stiloliti bogati gvoždem u vidu rezidualnog materijala. Mikrit i laporoviti materijal sa oksidima gvožđa kao matriks, i lokalno mozaični sparit. Oksidi gvožđa i mangana u edolitičnim biomikrošupljinama; zapuna intraskletnog prostora briozoa i foraminifera; mikro-agregati i opne skeletnih zrna; impregnacija gvožđe-oksida na fragmentima ljušturica rakova i mikro-žice koje nose gvožđeviti materijal	Srednja do visoka energija vode, subtajdal do dubokovodna sredina
<i>F17 – Peloidni pekston/rudston sa litoklastima cm-veličine i zrnima glaukonita i kvarca</i>	P/R	Slabo sortirani; 0,5-5 mm, retko >20 mm	Peloidi (0,5-1,5 mm) (C); skeletal grains (0,5-2 mm; retko >20 mm) (VC); zrna kvarca (0,01-0,1 mm) (C); zrna glaukonita (0,1-0,2 mm) (S); fosfati (VR)	Fragmenti školjki i puževa (R); fragmenti rudista (R); fragmenti krinoida (VC); ehinoidi (R); briozoe (S); bentoske foraminifere: tekstularidae (R)	Normalni slojevi 0,5-1 m debljine (?)	Suturirani kontakt zrna. Litoklasti krinoidnog pekstona sa briozoama sa biomikrošupljinama i zooidima ispunjenih oksidima gvožđa i mangana. Ljuštire rudista imaju biomikrošupljine ispunjene crvenim mikritskim materijalom, a pojedini litoklasti su takođe obojeni oksidima gvožđa i mangana i silifikovani su. Zrna glaukonita i detritičnog kvarca su retka	Dublja sredina

### 5.1.2. Biostratigrafija

Bentoske foraminifere su retke do slabo zastupljene u jedinicama I-III. Facija F1 (jedinica I) sadrži retko do srednje zastupljene bentoske foraminifere, naročito u donjem delu stuba B. Asocijaciju predstavljaju sledeći rodovi i vrste: *Charentia* sp. (Slika 5.11.a-b), *Bullopore* sp., *Gandryina* sp., *Nezzazatinella* sp., *Vercorsella/Montsalevia* sp., *Lenticulina* sp., *Danubiella* sp. (Slika 5.11.c), *Meandrospira favrei* (Charollais, Brönnimann & Zaninetti) (Slika 5.11.f-g) i *Nautiloculina* cf. *brönnimanni* Arnaud-Vanneau & Peybernès (Slika 5.11.j).



**Slika 5.11.** Bentoske foraminifere i dazikladacea gornjoberijas–donjovalendinske starosti identifikovane u plitkovodnim karbonatima okoline Dimitrovgrada. **a-b)** *Charentia* sp. (facija F1; stub B; jedinica I). **c)** *Danubiella* sp. (facija F1; stub B; jedinica I). **d-e)** *Scythiolina* sp. (D – facija F13; stub B; jedinica II; E – facija F11a; stub A; jedinica II). **f-g)** *Meandrospira favrei* (facija F16; stub A; jedinica III). **h)** *?Coscinoconus* sp. (facija F12; stub A; jedinica II). **i)** *Bolivinopsis* sp. (facija F12; stub A; jedinica II). **j)** *Nautiloculina* cf. *brönnimanni* (facija F1; stub B; jedinica I). **k)** *Haplophragmoides* sp. (facija F11a; stub A; jedinica II). **l)** *Danubiella gracillima* (facija F13; log B; jedinica II). **m-p, r)** *Cribellopsis* sp. (M-P – facija F13; log B; jedinica II; R – facija F12b; log A; jedinica II). **q)** *Siphovalvulina* sp. (facija F11b; log A; jedinica II). **s, u)** *?Mouladella jourdanensis* (facija F13; log B; jedinica II). **t)** *Montsalevia salevensis* (facija F13; log B; jedinica II). **v)** Dazikladacea *Suppiluliumaella* sp. (facija F5b; log B; jedinica I). Prilagodeno prema Stefanović et al. (2025a).

Facija F13 peloidni vakston do pekston (jedinica II) sadrži različite rodove i vrste bentoskih foraminifera: *Scythiolina/Vercorsella* sp. (Slika 5.11.d-e), *Haplophragmoides* sp. (Slika 5.11.k), *Glomospira* sp., *Orbitolinopsis* sp., i *Cribellopsis* sp., *Danubiella gracillima* Neagu (Slika 5.11.l), *Montsalevia salevensis* (Charollais, Brönnimann & Zaninetti) (Slika 5.11.t) i ?*Moulladella jourdanensis* (Foury & Moullade) (Slika 5.11.s-u). Slična asocijacija je prepoznata u facijama F11a-b i F12 (jedinica II): *Scythiolina* sp., *Haplophragmoides* sp., ?*Coscinoconus* sp., ?*Bolivinopsis* sp. (Slika 5.11.i), *Cribellopsis* sp. (Slika 5.11.m-p, r), ?*Siphovalvulina* sp. (Slika 5.11.q). U jedinici III identifikovani su retki primerci *Meandrospira favrei*.

Pojedinačne pojave dazikladacea *Russoella* sp. i *Suppiluliumaella* sp. su identifikovane u jedinicama I i II (Slika 5.11.v).

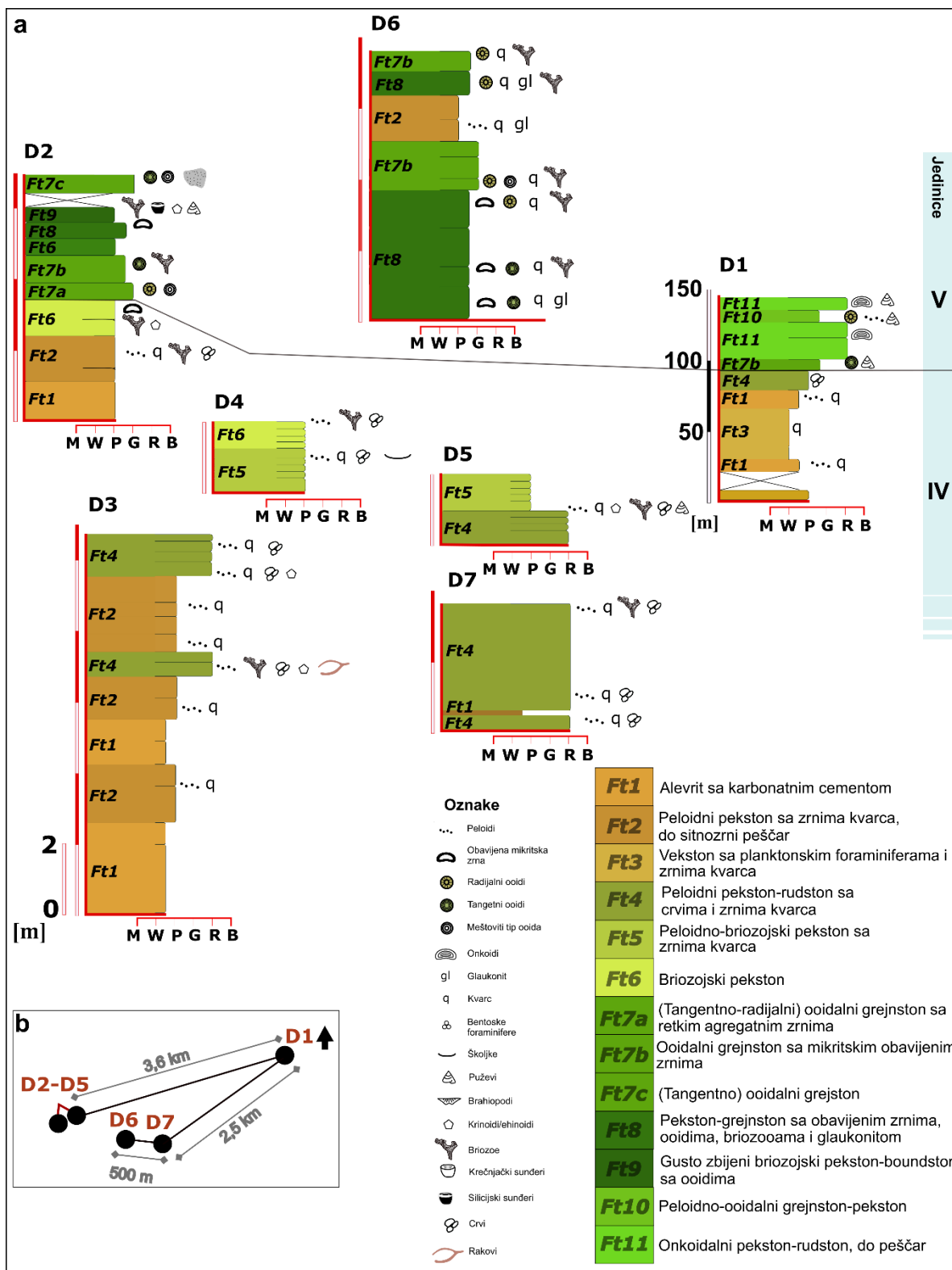
Biostratigrafska analiza pokazala je nedostatak krečnjačkog nanoplanktona u istraživanim slojevima osim retkih nalazaka *Watznaueria barnesiae* (M. Black) Perch-Nielsen i *Calcicalathina oblongata* (Worsley) Thierstein (Elisabetta Erba usmena komunikacija) u faciji F17 peloidnog pekston/rudstona sa litoklastima cm-veličine i zrnima glaukonita i kvarca, u stubu C.

## 5.2. Valendin–Otriv

### 5.2.1. Sedimentne jedinice i facijalna analiza

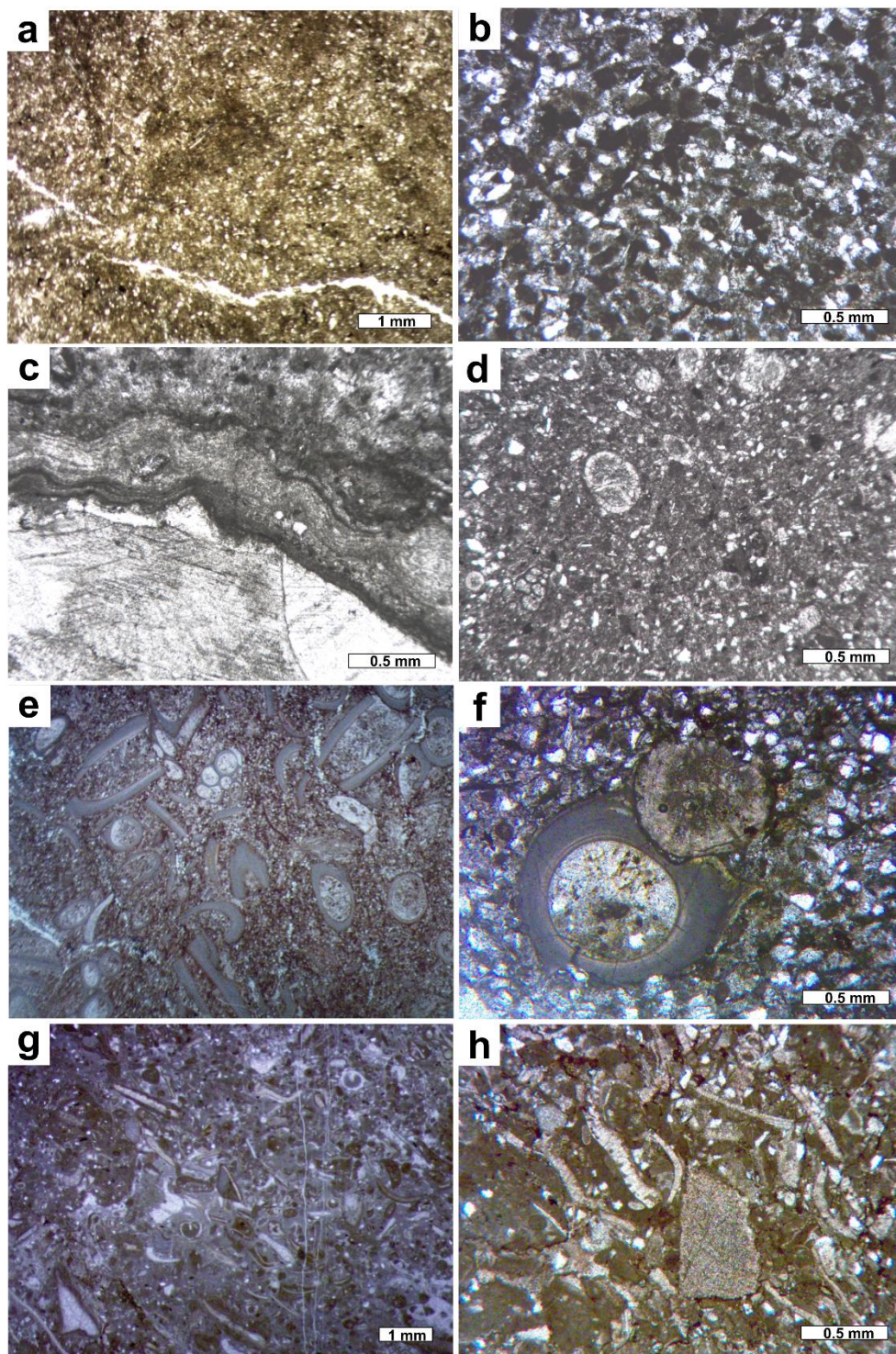
Mikrofacijalna analiza je primenjena na sedam litoloških stubova (D1-D7) i izdvojeno je jedanaest mikrofacija (Ft1-Ft11), detaljno opisanih u Tabeli 5.2. Pretpostavljeni relativni položaj stubova i njihova korelacija (Slika 5.12.) su određeni na osnovu definisanih facija (Stefanović et al., 2025b). Jedinica IV, koja je stratigrafski niže pozicionirana, je definisana facijama klastičnog (Ft1), karbonatno-klastičnog (Ft2-Ft3) i karbonatnog karaktera sa zrnima kvarca (Ft4, Ft5 i Ft6). Više stratigrafske nivoe, odnosno jedinicu V, pretežno određuju facije karbonatnog karaktera sa retkim zrnima kvarca (Ft7a, Ft9, Ft11 i podređeno Ft6) i glaukonitom (Ft7b, Ft7c, Ft8 i Ft10). U stubovima D1 i D2 određene su obe stratigrafske jedinice, dok facije definisane u stubovima D3-D5 i D7 pripadaju samo jedinici IV, odnosno facije u stubu D6 pripadaju samo jedinici V.

Facija Ft1 alevrit sa karbonatnim cementom sadrži retki skeletni debris (Slika 5.13.a) i sačinjava slojeve debljine oko 0,5 m. Ova facija, zajedno u smeni sa facijom Ft2 peloidni pekston sa zrnima kvarca, do sitnozrni peščar (Slika 5.13.b), sačinjava niže delove stubova D2 i D3. Faciju Ft2 odlikuju retke do srednje zastupljene bentoske foraminifere, kao i lokalno prisutne teksture mrvičastog mikrita (Slika 5.13.c). Facija Ft3 vekston sa planktonskim foraminiferama i zrnima kvarca (Slika 5.13.d), u smeni sa Ft1, sačinjava niže delove stuba D1. Facija Ft4 peloidni pekston do rudston sadrži brojne fragmente serpulida koji su zapunjeni okolnim materijalom (Slika 5.13.e). Fragmenti crva imaju mikro-šupljine i u pojedinim slučajevima imaju razvijen suturirani kontakt sa drugim skeletnim zrnima (Slika 5.13.f). Faciju Ft5 peloidno-briozoski pekston sa zrnima kvarca (Slika 5.13.g) odlikuje slaba sortiranost, ali i brojni skeletni fragmenti (Slika 5.13.h). Takođe, facija Ft6 je predstavljena brojnim fragmentima briozoa (Slika 5.14.a), tako da su zooidi i drugi intraskeletni prostor zapunjeni crvenkastim karbonatnim vezivom, ili je su u pojedinim slučajevima zapunjeni organskom materijom (Slika 5.14.b).



**Slika 5.12. a)** Stratigrafski stubovi D1-D7 sa izvojenim facijama. Dve stratigrafske jedinice, IV i V, su definisane na osnovu karaktera facija (karbonatni, klastični i karbonatno-klastični). **b)** Relativan položaj stubova, u razmeri.

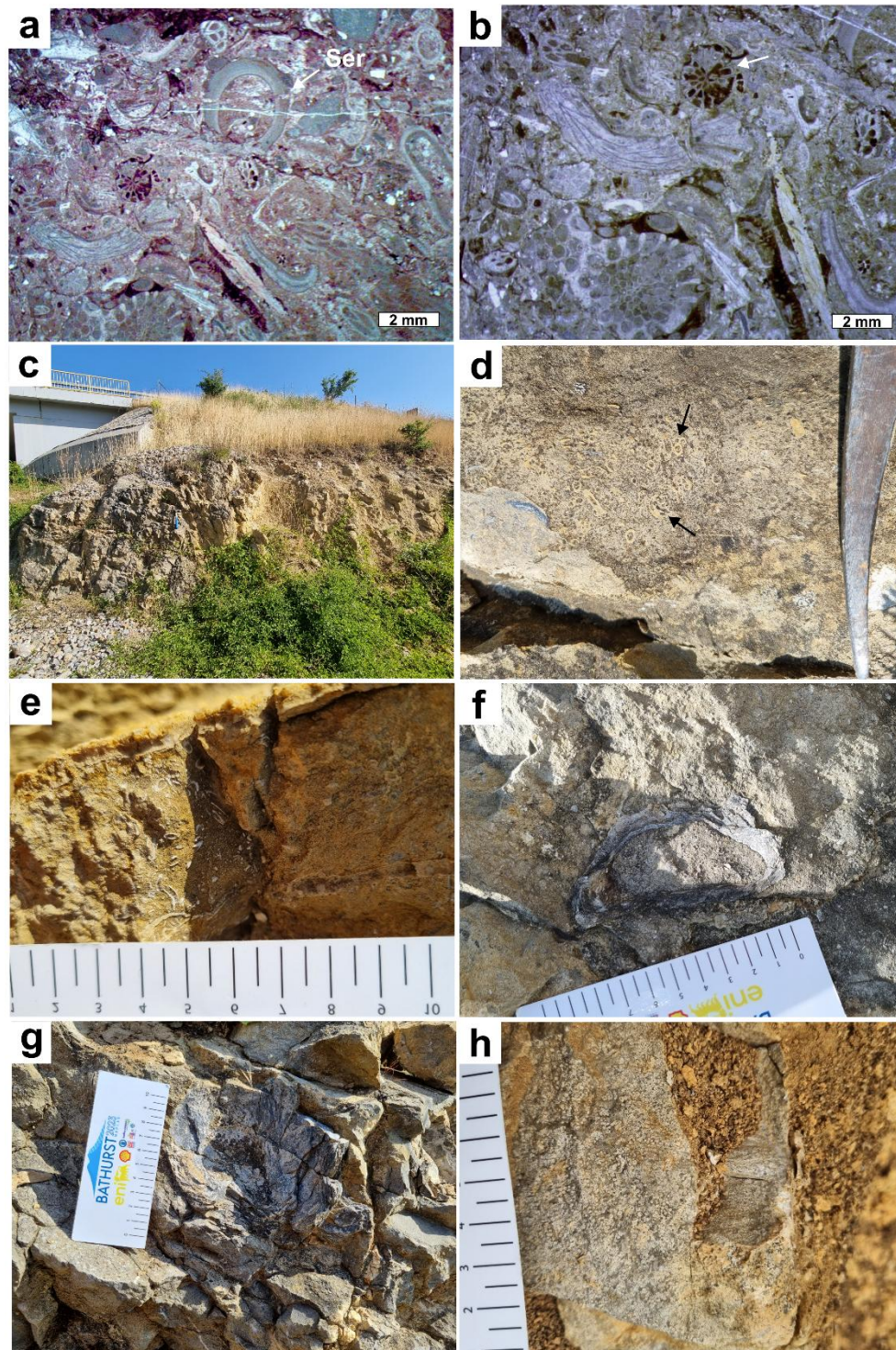
Najviši delovi jedinice IV istraživanih stubova su sačinjeni od facije Ft4 (stubovi D3 i D7), Ft5 (stub D5) i Ft6 (stubovi D2 i D4) (Slika 5.14.c). Serpulidi facije Ft4 su makroskopski prepoznatljiviji (Slika 5.14.d-e), dok su velike školjke tipa ostriga (veće od 10 cm) karakteristične za slojeve Ft5 (Slika 5.14.f-g).



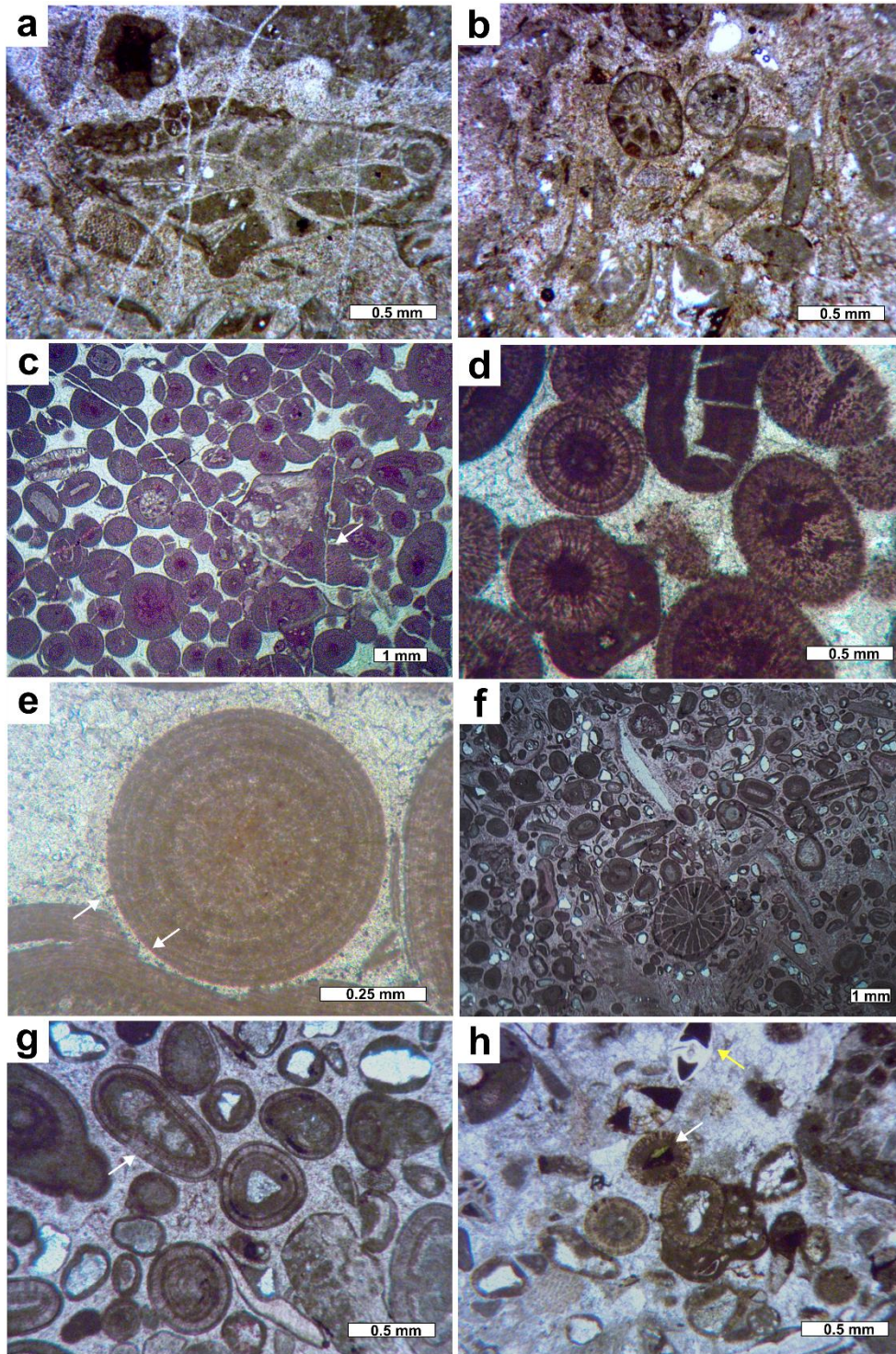
**Slika 5.13.** Mikrofotografije facija Ft1-Ft5 (jedinica IV, stubovi D1-D5 i D7). **a)** Mikrofotografija Ft1 alevrita sa karbonatnim cementom (uzorak 7/1, stub D1). **b)** Facija Ft2 peloidnog pekstona sa zrnima kvarca (uzorak CR2-7,5, stub D3) i **c)** lokalno razvijeni mrvičasti mikrit (uzorak CR1-1,5, stub D2). **d)** Facija Ft3 vekston sa planktonskim foraminiferama i zrnima kvarca sadrži retke bentoske foraminifere (uzorak 7/3, stub D1). **e)** Facija Ft4 peloidni pekston do rudston sa crvima i zrnima kvarca (uzorak CR3-1, stub D5). **f)** Detalj: suturirani kontakt dva skeletna zrna (crv i briozoa). **g)** Facija Ft5 peloidni-brizojski pekston sa zrnima kvarca (uzorak CR3-2, stub D4). **h)** Detalj: fragment krinoida i briozoa.

Jedinica V u stubovima D1 i D2, počinje facijom Ft7b ooidalnog grejnstona sa mikritskim obavijenim zrnima, odnosno facijom Ft7a (tangentno-radijalno) ooidalnog grejnstona sa retkim agregatnim zrnima (Slika 5.14.h). U stubu D2, posle intervala sačinjenog od dve facije bogate ooidima (Ft7a-b) jedinica V se nastavlja facijom Ft6 brizojskog pekstona (Slika 5.15.a-b). U faciji Ft7a (Slika 5.15.c) zastupljeni su ooidi tangentne i radijalne teksture, ali najzastupljeniji su mešoviti ooidi tipa 6. Ove ooide odlikuje nukleus sa zrnima kvarca ili fosilnim fragmentima

(Slika 5.15.d), i unutrašnje lamine sa radijalnom teksturom, dok su spoljašnje laminine tangentne teksture (Slika 5.15.e). Facija Ft7c ooidalni grejnston sa mikritskim obavijenim zrnima (Slika 5.15.f) sadrži i skeletna zrna sa mikritskom opnom, kao i ootide mešovitog tipa (tip 6; Slika 5.15.g), tangentnog tipa (tip 2) i ootide radijalnog tipa (tip 4; Slika 5.15.h). Glaukonit je zastupljen u vidu detritičnih zrna i u jezgrima ooida (Slika 5.15.f).



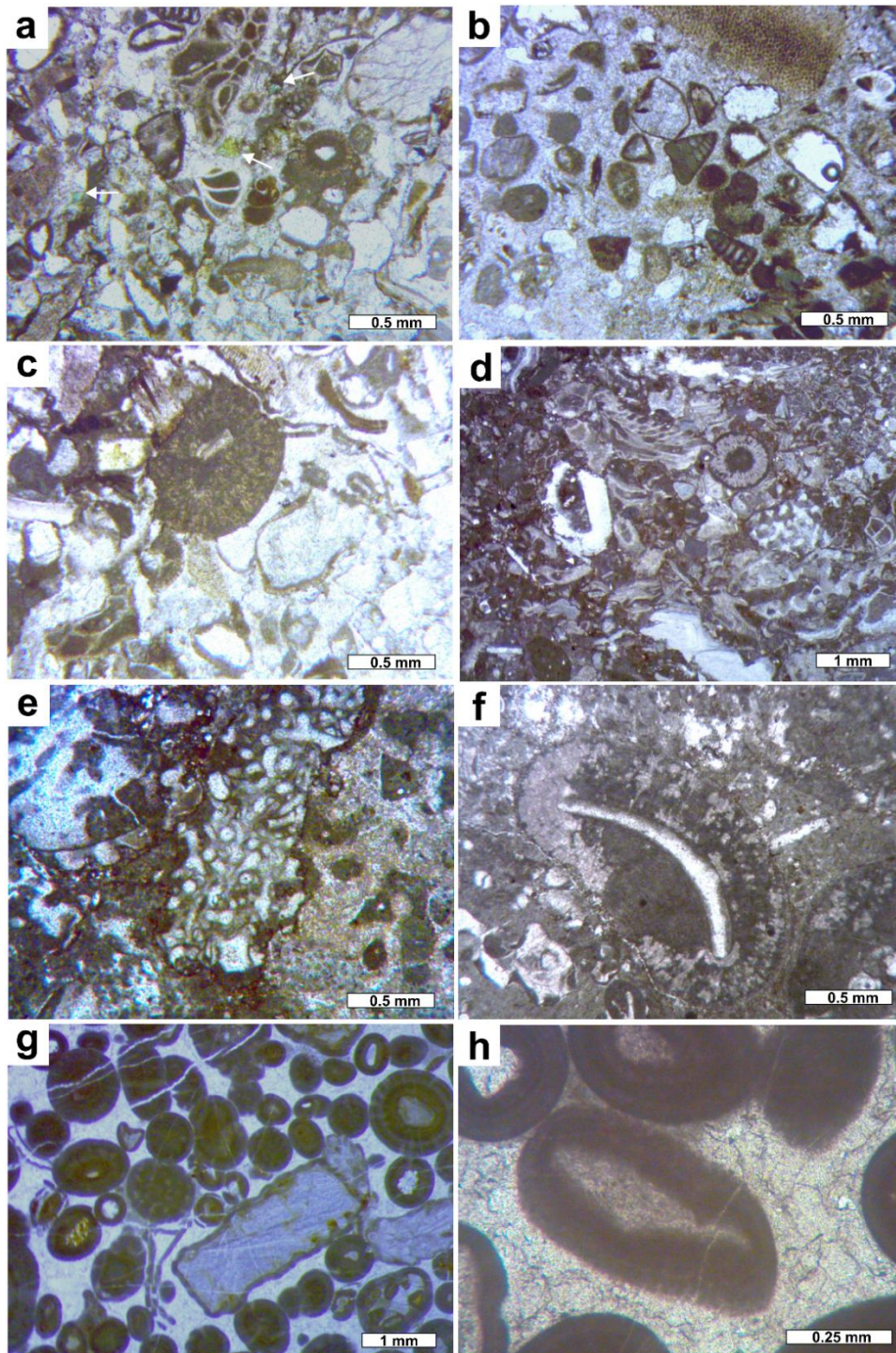
**Slika 5.14.** **a-b)** Mikrofotografije facije Ft6 briozojskog pekstona. **a)** Ft6 sadrži brojne skeletne fragmente (npr. serpulide – Ser) i matriks crvene boje (uzorak CR4-1,6, stub D4). **b)** Detalj: zooidi briozoa su zapunjeni organskom materijom (bela strelica). **c)** Izdanak slojevitih krečnjaka terigeno-karbonatne sukcesije (stub D5) na kome se smenjuju facija Ft4 i Ft5. **d-e)** Facija Ft4 peloidni pekston do rudston sa crvima i zrnima kvarca. Vidljivi fosilni fragmenti, veći od 2 mm, pripadaju serpulidima (stubovi D1 i D4 redom). **f-g)** Ljušture školjki facije Ft5 (stub D5). **h)** Ooidi facije Ft7b ooidalnog grejnstona sa retkim agregatnim zrnima (stub D2).



**Slika 5.15.** Mikrofotografije facija Ft6, Ft7b i Ft7c (jedinica V, stubovi D1, D2 i D6). **a)** Facija Ft6 bryozojski pekston (uzorak CR1-3,4, stub D2) sa **b)** crvenkastim, gvoždjevitim cementom i crvenkastom opnom oko skeletnih zrna (uzorak CR1-5, stub D2). **c)** Facija Ft7b ooidalnog grejnstona sa retkim agregatnim zrnima (bela strelica) (uzorak CR1-3,6, stub D2). **d)** Detalj: oidi imaju tangentnu i radijalnu teksturu. Često je radijalna organizacija kristala u unutrašnjim delovima ooida, dok spoljašnje opne imaju tangentnu strukturu (uzorak CR1-3,6, stub D2). **e)** Oko ooida je formiran fibrozni cement, dok je međuprostor popunjen izometričnim sparitom (uzorak CR1-3,6, stub D2). **f)** Facija F7c ooidalnog grejnstona sa mikritskim obavijenim i brojnim skeletnim zrnima, naročito briozoa (uzorak CR1-4, stub D2). **g)** Detalj: zrna kvarca i bentoske foraminifere (bela strelica) u nukleusu ooida sa radijalnom i tangentnom strukturom (uzorak CR1-4, stub D2). **h)** Detalj: zrna glaukonita u nukleusu ooida (bela strelica) i retki primerci *Lenticulina* sp. (žuta strelica) (uzorak E-3,9, stub D6).

Prvi deo jedinice V u stubu D6 čini facija Ft8 pekston-grejnston sa obavijenim zrnima, ooidima, briozooama i glaukonitom (Slika 5.16.a). Sva zrna imaju mikritsku opnu i bentoske foraminifere su retko do često zastupljene (Slika 5.16.b). Radijalni ooidi tipa 4 su česti ali su i parcijalno rastvoreni usled pritiska i nastanka stilolita (Slika 5.16.c). Facija Ft8 je identifikovana

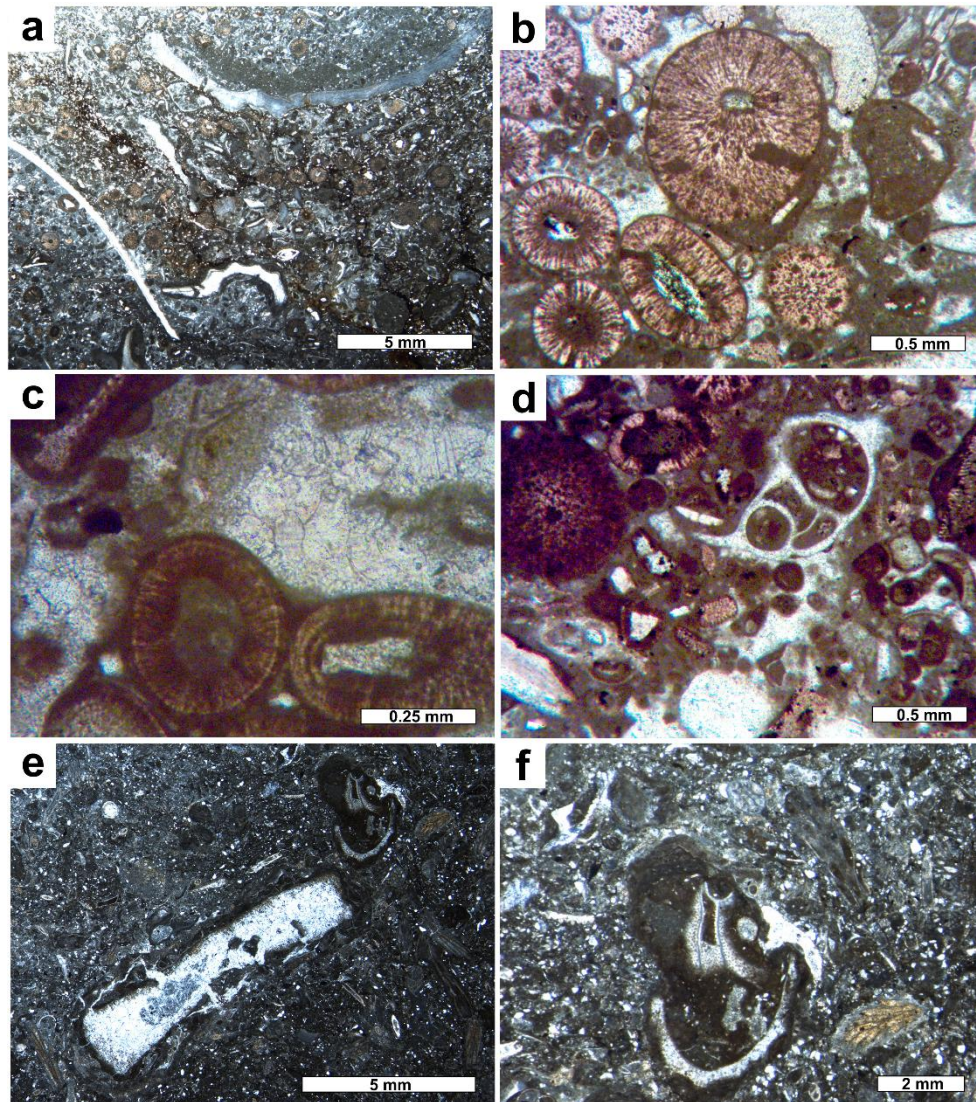
i u višim delovima stuba D6, kao i stuba D2 gde je smenjuje facija Ft9 gusto zbijeni brizojski pekston do boundston sa ooidima (Slika 5.16.d). Ovu faciju odlikuje direktan kontakt zrna, često suturirani, sa vrlo malo do nimalo međuskeletnog prostora. Različiti skeletni fragmenti su zastupljeni, kao na primer fragmenti silicijskih i krečnjačkih sunđera (Slika 5.16.e). Velike ooide tipa 2 odlikuje i proces mikritizacije (Slika 5.16.f). Završni deo jedinice V stuba D2 čini facija Ft7c ooidalni grejnston sa dominantno tangentnim ooidima (Slika 5.16.g), i izometričnim sparitom kao cementnom zapunom (Slika 5.16.h).



**Slika 5.16.** Mikroforografije facija Ft8, Ft9 i Ft7c (jedinica V, stubovi D2 i D6). **a)** Facija Ft8 pekston-grejnston sa obavijenim zrnima, ooidima, brizozoama i glaukonitom (bele strelice) (uzorak E-7,1, stub D6). **b)** Detalj: brojne bentoske foraminifere sa mikritskom opnom (uzorak E-3,6, stub D6). **c)** Detalj: deo radijanog ooida tipa 4 – u stilolitu (uzorak E-7,1, stub D6). **d)** Facija Ft9 gusto zbijeni brizojski pekston-boundston sa ooidima (uzorak CR1-6, stub D2). **e)** Detalj: gusto zbijeni fragment silicijskog i krečnjačkog sunđera (uzorak CR1-6, stub D2). **f)** Detalj: delimično mikritizovani tangentni ooid tipa 2 (uzorak CR1-6, stub D2).

**Slika 5.16. g)** Facija Ft7c ooidalni grejnston sa tangentnim ooidima (uzorak CR1-5,5, stub D2). **h)** Detalj; izometrični sparit u međuskeletnom prostoru sa lokalno razvijenim mikritom (uzorak CR1-5,5, stub D2).

Smena facija Ft10 peloidno-ooidalni grejnston do pekston i Ft11 onkoidalni pekston-rudston, do pešćar, je karakteristična za jedinicu V stuba D1. Ft10 (Slika 5.17.a) odlikuju radijalni ooidi tipa 4 i 5 (Slika 5.17.b), kao i izometrični cement i podređeno fibrozni (Slika 5.17.c). Takođe se mogu prepoznati fragmenti velikih školjki tipa ostriga (Slika 5.17A), ali i retke ljušturice puževa (Slika 5.17.d). Ft11 facija (Slika 5.17.e) bogata je onkoidima koji su nastali aktivnošću briozoa (Slika 5.17.f).



**Slika 5.17.** Mikrofotografije facija Ft10 i Ft11 (jedinica V, stub D1). **a)** Facija Ft10 peloidno-ooidalni grejnston-pekston sa fragmentima školjki (>2 mm) (uzorak 104/3, stub D1). **b)** Detalj: radijalni ooidi tipa 4 i 5 sa zrnima kvarca u nukleusu (uzorak 104/3, stub D1) i **c)** lokalno fibrozni cement oko zrna i izometrični sparit kao zapuna intragranularnog prostora (uzorak 104/5, stub D1). **d)** Detalj: retki fragmenti puževa zapunjenih peloidnim pekstonom (uzorak 104/3, stub D1). **e)** Facija Ft11 onkoidalni pekston-rudston, do pešćar (uzorak 104/2, stub D1). **f)** Onkoidi su nastali inkrustracijom briozoa, čiji fragmenti su zastupljeni u pekstonu (uzorak 104/2, stub D1).

**Tabela 5.2.** Opisi facija Ft1 do Ft11 identifikovanih u valendin–otrivskoj? stratigrafskoj sekciji okoline Dimitrovgrada. Skraćenice zastupljenosti (Flügel, 2004): VR (veoma redak („very rare“); < 2% grains), R (redak („rare“); 2–5%), S (oskudan („sparse“); 5–10%), C (čest („common“); 10– 30%), VC (vrlo čest („very common“); 30–50%), A (obilan („abundant“); > 50%). Tipovi tekstura (Dunham, 1962; Embry & Klován, 1971): W (vekston), P (pekston), G (grejnston), R (rudston), B (boundston).

Facije	Tekstura	Sortiranost i veličina zrna	Tipovi zrna	Skeletna zrna	Slojevitost	Dijagenetske karakteristike	Depoziciona sredina
<i>Ft1 – Alevrit sa karbonatnim cementom</i>	Sil („silt“)	Dobro sortirani; 0,01-0,2 mm, retko 0,5 mm	Zrna kvarca (0,01-0,02 mm) (A); liskuni (0,01-0,25 mm) (R-C); glaukonit (VR); peloidi (~0,01 mm) (R); skeletna zrna (~0,1 mm) (R)	Skeletni fragmenti različitog porekla – skeletni debris (VR); bentoske foraminifere: nodosaride ( <i>Lenticulina</i> sp.) (VR-R)	Normalni slojevi 0,5-1 m debljine	Bitumen – u intragranularnom prostoru; kalcitske žice sa mozaičnim sparitom	Otvoreno more, uz prinos terigenog materijala
<i>Ft2 – Peloidni pekston sa zrnima kvarca, do sitnozrni peščar</i>	P-do-snd	Dobro sortirani; 0,05-0,1 mm, retko do 1 mm	Zrna kvarca (0,05-0,1 mm) (A); liskuni (R) (~0,1 mm); peloidi (~0,1 mm) (A); skeletna zrna (0,1-0,5 mm, retko >1 mm) (R-S); ooidi (VR)	Fini skeletni debris i: fragmenti briozoa (VR); fragmenti krinoida (VR); ehinoidi (VR); fragmenti crva (VR); bentoske foraminifere: tekstularide; nodosaride ( <i>Lenticulina</i> sp.) (R-C); planktonske foraminifere (VR); micrit mikrobialnog porekla (VR)	Normalni slojevi do 0,5 m debljine	Biomikrošupljine na fragmentima crva. Materijal crvenkaste boje (verovatno bogat jedinjenjima gvožđa) kao zapuna zooida. Bitumen – u intragranularnom prostoru i u žicama. Rastvaranje usled pritiska (lokalno kompakcija ooida) i nastanak stilolita	Otvoreno more, uz prinos terigenog materijala
<i>Ft3 – Vekston sa planktonskim foraminiferama i zrnima kvarca</i>	W	Slabo sortirani; 0,05-1 mm	Zrna kvarca (0,05-0,1 mm) (C-VC); liskuni (~0,1 mm) (VR); peloidi (~0,1 mm) (C); skeletna zrna (0,05-1 mm, retko >2 mm) (C)	Fini skeletni debris i: fragmenti brahiopoda (R); ostrakode (VR); fragmenti krinoida (C); briozoe (VC); fragmenti crva (R-C); bentoske foraminifere: tekstularide; nodosaride ( <i>Lenticulina</i> sp.) (R); planktonske foraminifere (R-C)	Normalni slojevi do 0,5 m debljine	Druzni sparit u ljušturicama. Bitumen – u intragranularnom prostoru i žicama	Niska energija vode, dublji deo subtajdala, uz prinos terigenog materijala
<i>Ft4 – Peloidni pekston-rudston sa crvima i zrnima kvarca</i>	P-do-R, G	Slabo sortirani; ~0,1 mm; često >2 mm	Zrna kvarca (~0,1 mm) (C-VC); liskuni (0,2-0,5 mm) (R-VR); žuta do tamnozeleno zrna glaukonita (0,1-0,2 mm) (R); peloidi (~0,1 mm) (A); skeletna zrna (0,1->2 mm) (VC)	Fragmenti školjki (tankih ljušturica i ostrige) (R); puževi (S); fragmenti krinoida (R); fragmenti briozoa (R); fragmenti crva (C-VC); bentoske foraminifere: tekstularide; nodosaride ( <i>Lenticulina</i> sp.) (C); fragmenti <i>Carpathocancer</i> sp. (VR-R)	Normalni slojevi ~0,5-1 m debljine	Izometrični sparit se nalazi u intragranularnom prostoru. Skeletna zrna imaju mikritsku opnu, i pojedina su mikritizovana. Lokalno fragmenti briozoa su rekristalivali u izometrični sparit. Intraskletni prostor serpulida ispunjen je mikritom i mozaičnim cementom čineći geopetalnu zapunu. Bitumen je otkriven u intragranularnom prostoru i u žicama. Kalcitske žice sa mozaičnim sparitom	Srednja energija vode, subtajdal, u vidu lokalnih nagomilanja
<i>Ft5 – Peloidno-briozojski pekston sa zrnima kvarca</i>	P	Srednje do slabo sortirani; 0,05-0,2 mm, retko >2 mm	Zrna kvarca (0,05-0,1 mm) (C); peloidi (~0,1 mm) (VR); obavijena zrna (0,1-0,3 mm) (VC); intraklasti (~2 mm) (VR); ooidi (0,1-2 mm) (VR); skeletna zrna (0,1-0,5 mm, retko >2 mm) (VC)	Fragmenti krinoida (VR); fragmenti školjki (R); fragmenti puževa (R); briozoe (C-VC); fragmenti crva (VR-R); bentoske foraminifere: tekstularide; nodosaride ( <i>Lenticulina</i> sp.) (R); <i>Carpathocancer</i> sp. (R)	Normalni slojevi ~0,2-0,3 m debljine	Skeletna zrna su sa mikritskom opnom i sve komponente facije imaju crvenkasto-žutu boju (usled prisustva jedinjenja gvožđa). Bitumen je rasprostranjen u žicama i intraskeletnom prostoru. Kalcitske žice sa mozaičnim sparitom i žice zapunjene terigenim, crvenim materijalom su identifikovane	Srednja energija vode, subtajdal, otvoreno more

Facije	Tekstura	Sortiranost i veličina zrna	Tipovi zrna	Skeletna zrna	Slojevitost	Dijagenetske karakteristike	Depoziciona sredina
<i>Ft6 – Briozojski pekston</i>	P	Srednje do dobro sortirani; 0,1-1 mm, retko >2 mm	Zrna kvarca (~0,1 mm) (VR); agregatna zrna (~1 mm) sa nepravilnim ooidima (S); tangenti ooidi (~0,2 mm) (VR); skeletna zrna (0,2-1 mm, retko >2 mm) (A)	Fragmenti krinoida (R); fragmenti sundera (C); fragmenti briozoa (A); fragmenti serpulida (VR); bentoske foraminifere (S)	Normalni slojevi ~0,2-0,3 m debljine	Skeltna zrna imaju mikritsku opnu. Facija je crvenkasto-žute boje, i lokalno skeletne šupljine (npr. zooidi) su zapunjene crvenim materijalom (najverovatnije usled prisustva jedinjenja gvožđa). Identifikovane su dve generacije žica: kalcitske žice mozaičnog sparita koje seku žice zapunjene crvenim materijalom	Srednja energija vode, subtajdal
<i>Ft7a – (Tangentno-radijalni) ooidalni grejnston sa retkim agregatnim zrnima</i>	G	Dobro sortirani; 0,5-1 mm, retko >2 mm	Zrna kvarca u nukleusu ooida (0,1-0,5 mm) (R); ooidi (tangentni – tip 3 (VR), radijalni – tip 4 (A) i mešoviti – tip 6 (R)) (0,5-2 mm) (A); agregatna zrna (R-S); skeletna zrna (1->2 mm) (S)	Briozoe (C); ehinoidi (S); bentoske foraminifere; tekstularide (R)	Jedan sloj ~0,3 m debljine	Fibrozni cement je oko zrna, a najveći deo intragranularnog prostora zapunjava izometrični cement. Kalcitski omotač sa radijalnom organizacijom kristala je formiran oko svih fragmenata. Na pojedinim skeletnim zrnima došlo je do rekristalizacije, a kontakt između zrna je suturiran usled kompaksije. Bitumen je prepoznat u međuskeletnom prostoru	Niska energija vode, subtajdal, zaštićena laguna
<i>Ft7b – Ooidalni grejnston sa mikritskim obavijenim zrnima</i>	G-do-P	Srednje do loše sortirani; 0,1->2 mm	Zrna kvarca u nukleusu ooida (0,1-1 mm) (R); zrna glaukonita (~0,1 mm) (VR); peloidi (~0,1 mm) (R-C); ooidi (tangentni – tip 3 (C), radijalni – tip 4 (S), i mešoviti -tip 6 (C)); agregatna zrna (R); skeletna zrna (1->2 mm) (VC)	Ljušturice školjki (S); ljušturice puževa u ooidima (S); fragmenti krinoida (S-C); briozoe (S-C); bentoske foraminifere, često u nukleusu ooida (R-S); fragmenti <i>Carpathocancer</i> sp. (VR)	Normalni slojevi ~0,2-0,4 m debljine	Izometrični cement žute boje i mikrit kao matriks. Facija ima crvenkasto-žutu boju, i crveni materijal je zapuna zooida i drugih skeletnih šupljina. Ooidi su lokalno mikritizovani, a kompacija usled pritiska je prepoznata kroz razviće stilolita. Bitumen je identifikovan u intraskeletnim šupljinama, u intergranularnom prostoru i u žicama	Srednja do visoka energija vode, subtajdal, otvorena laguna
<i>Ft7c – (Tangentno) ooidalni grejnston</i>	G, retko P	Dobro sortirani; 0,5-1 mm, retko >2 mm	Zrna kvarca u nukleusu ooida (VR); zrna glaukonita (~0,2 mm) (VR); peloidi (~0,1 mm) (S); ooidi (tangentni i mešoviti) (0,5-1 mm, retko >1,5 mm) (A); skeletna zrna (1->2 mm) (S)	-	Jedan sloj ~0,3 m debljine	Cement: fibrozni i izometrični, lokalno mikrit u intragranularnom prostoru. Skeletna zrna imaju kalcitsku opnu sa tangentnom organizacijom kristala. Kontakt između zrna često u vidu stilolita, i ooidi su lokalno rastvoreni	Visoka energija vode, subtajdal, otvorena laguna
<i>Ft8 – Pekston-grejnston sa obavijenim zrnima, ooidima, briozooama i glaukonitom</i>	P-do-G	Dobro sortirani; 0,1-0,5 mm	Zrna kvarca (dispergovana i u nukleusu ooida) (0,1-0,2 mm) (VC); zrna glaukonita (dispergovana, u ooidima i zooidima) (0,1-0,2 mm) (S); obavijena zrna (0,2-0,5 mm) (VC); peloidi (0,1-0,2 mm) (VC); ooidi (tangentni i radijalni) (0,2-0,5 mm) (R-C); agregatna zrna (>2 mm) (R); skeletna zrna (0,2-1 mm) (A)	Fragmenti školjki (VR); puževi (VR); fragmenti krinoida (R-C); briozoe (VC); krečnjački sunderi (R-C); fragmenti crva (R); bentoske foraminifere; tekstularide (S-C)	Normalni slojevi ~0,2-0,5 m debljine	Cement u vidu izometričnog sparita i fibroznog cementa oko zrna. Konstruktivno-destruktivne mikritske opne oko skeletnih zrna. Fragmenti krinoida imaju mikro-šipljine. Suturni kontakt između zrna i lokalno razvijeni stiloliti. Zamena ljušturica izometričnim sparitom usled disolucije. Bitumen u skeletnim šupljinama (npr. briozoa) i u žicama	Srednja energija vode, plitki deo subtajdala

Facije	Tekstura	Sortiranost i veličina zrna	Tipovi zrna	Skeletna zrna	Slojevitost	Dijagenetske karakteristike	Depoziciona sredina
<i>Ft9 – Gusto zbijeni brizojski pekston-boundston sa ooidima</i>	P-do-B, retko G	Slabo sortirani; 0,02->2 mm	Zrna kvarca (~0,1 mm) (R); obavijena zrna (0,2-0,5 mm) (VR-R); intraklasti (R); radijalni ooidi (~2 mm, ili >2 mm) (VC); skeletna zrna (>2 mm) (A)	Fragmenti školjki (thin-shell i oysters) (R-C); ljušturice puževa (R); fragmenti krinoida (C); briozoe (i u nukleusu ooida) (VC-A); fragmenti krečnjačkih sundera (S); crvi (R); bentoske foraminifere (R)	Jedan sloj ~0,2 m debljine	Intergranularni prostor je zapunjen izometričnim i fibrozim sparitom na ivicama zrna, a skeletna zrna imaju mikritsku opnu. Ooidi su lokalno rekristalisali u mozaični sparit, i parcijalno su mikritizovani, dok je primarna struktura delimično sačuvana. Razvijeni su stiloliti usled pritiska i pojedina zrna ooida su rastvorena. Kontakt pojedinih ooida je sutuiran. Bitumen je prepoznat u intragranularnom prostoru i rasprostranjenje je kontrolisano žicama. Takođe, prepoznate su kalcitske žice zapunjene mozaičnim sparitom	Srednja energija vode, subtajdal, otvoreno more
<i>Ft10 – Peloidno-ooidalni grejnston-pekston</i>	G-do-P, R	Slabo sortirani; 0,5->2 mm	Zrna kvarca (dispregovana i u nukleusu ooida) (0,1-1 mm) (R); zrna glaukonita (u nukleusu ooida) (~0,5 mm) (VR); peloidi (~0,1 mm) (VC); ooidi (radijalni) (0,5-1 mm) (VC); agregatna zrna (1-2 mm) (S); skeletna zrna (0,5-1 mm, retko >2 mm) (VC)	Fragmenti školjki (S); ljušturice puževa (R); briozoe (VC); fragmenti krinoida (S); fragmenti krečnjačkih sundera (R); fragmenti crva (S-C); bentoske foraminifere (i u nukleusu ooida): tekstularide, nodosaride ( <i>Lenticulina</i> sp.) (S); fragmenti <i>Carpathocancer</i> sp. (S)	Jedan sloj ~0,2 m debljine	Izometrični cement i fibrozni cement oko zrna. Mikritna opna razvijena oko skeletnih zrna. Delimično rekristalisani fragmenata briozoa i lokalna mikritizacija ooida. Suture usled kompakcije i stiloliti. Distribucija bitumena je kontrolisana žicama	Subtajdal do dubokovodnija sredina Materijal transportovan iz plićih delova
<i>Ft11 – Onkoidalni pekston-rudston, do pešćar</i>	P-R, do snd	Slabo sortirani, 0,05->2 mm	Zrna kvarca (0,05-0,1mm) (C-VC); ooidi (često fragmenti) (R); onkoidi (od briozoa) (>2 mm) (S-C); agregatna zrna (>2 mm) (S); skeletna zrna (0,1->2 mm) (VC)	Fragmenti školjki (ostrige) (S); briozoe (VC); fragmenti krinoida (S); fragmenti crva (C); bentoske foraminifere (i u nukleusu ooida) (VC)	Normalni slojevi ~0,3 m debljine	Facija ima crvenkasto-žutu boju (najverovatnije usled prisustva jedinjenja gvožđa). Bitumen je identifikovan u intraskeletnom prostoru	Subtajdal do dubokovodnija sredina Materijal transportovan iz plićih delova

## 5.2.2. Biostratigrafija

Sedimentacioni interval koji obuhvata jedinice IV i V je vrlo siromašan fosilnim grupama značajnim za biostratigrafsku analizu. Bentoske foraminifere su zastupljene u facijama Ft2, Ft4-Ft6 jedinice IV i Ft10-Ft11 jedinice V. Uglavnom su predstavnici tekstularide i miliolide. U faciji Ft2 prepoznata je vrsta *Bolivinopsis* sp., a u facijama Ft5 i Ft6 ?*Pseudolituonella* sp. (I.I. Bucur usmena komunikacija).

## 5.3. Barem-apt

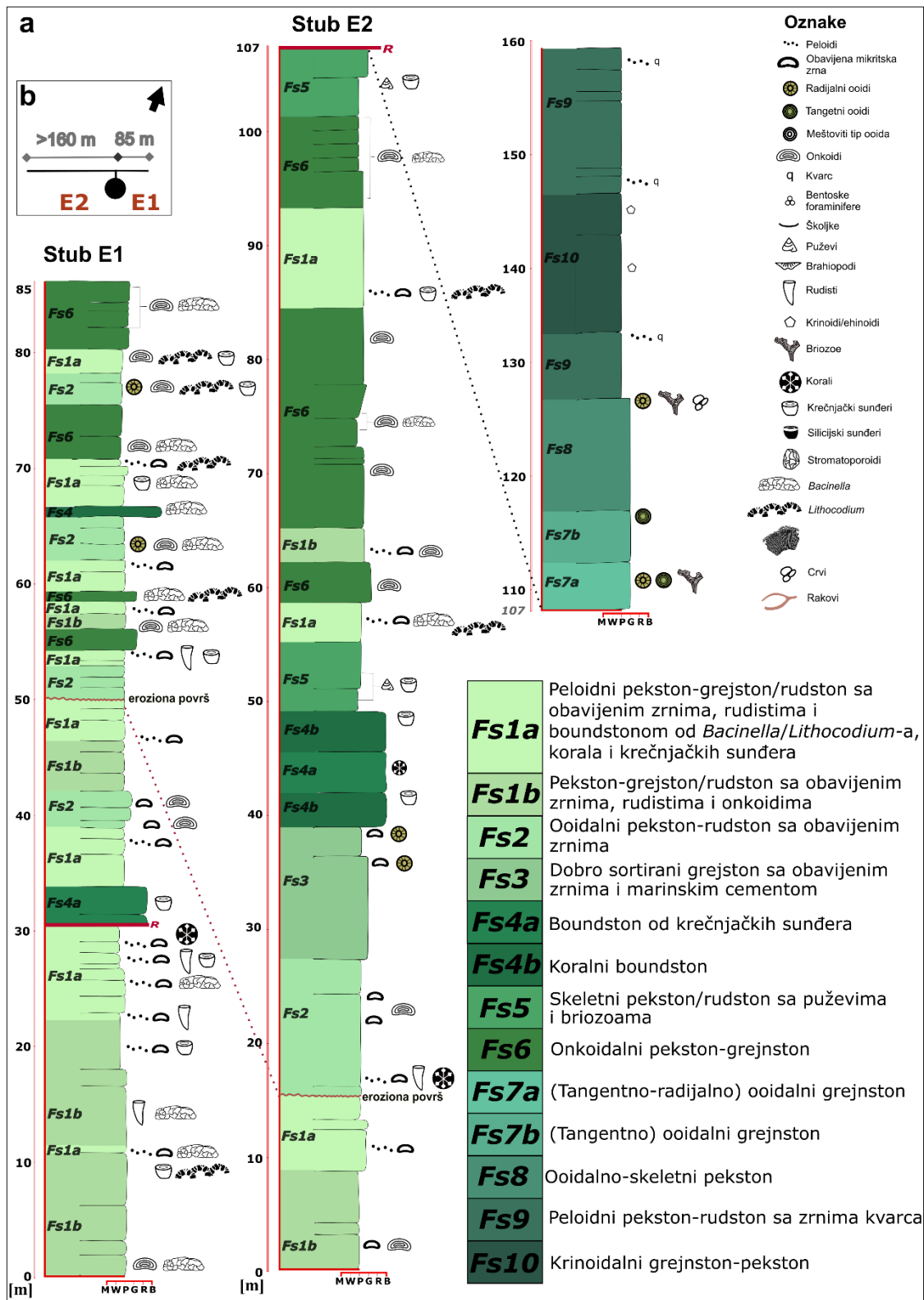
### 5.3.1. Sedimentne jedinice i facijalna analiza

Treća stratigrafska celina koja je analizirana predstavlja karbonatne stene stratigrafski postavljane najviše u odnosu na jedinice I-V. U okviru ove celine analizirana su dva stuba E1, debljine ~85 m, i stub E2 debljine >160 m (Slika 5.18.). Oba stuba su smeštena zapadno-jugozapadno u odnosu na ostale izučavane celine (zapadni deo Dimitrovgrada). Na osnovu facijalne analize definisano je deset facija Fs1-Fs10 (Tabela 5.3.).

Facija Fs1 peloidni pekston-grejnston/rudston sa obavijenim zrnima, rudistima i boundstonom od *Bacinella/Lithocodium*-a, korala i krečnjačkih sundera je najzastupljenija u stubu E1 i zauzima niže delove stuba E2 (Slika 5.18), gradeći slojeve debljine >50 cm. Ova facija je prema tipu zrna, zastupljenim organizmima i teksturnim karakteristikama slična faciji F1a-c (poglavlje 5.1.1; Slika 5.19.a-g). U okviru Fs1 razikuju se dva podtipa Fs1a i Fs1b, na osnovu dominantnog tipa zrna (često većih od 2 mm). Fs1a faciju odlikuju fragmenti različitih graditelja sprudova kao što su korali, sunderi, uključujući stromatoporoide (Slika 5.20.a), dok faciju Fs1b odlikuju onkoidi tipa 3 (Slika 5.20.b-c) i *Bacinella*-dominantni onkoidi tipa 4. *Bacinella* je, pored *Lithocodium*-a zastupljena u obe facije u vidu inkrustatora (Slika 5.20.d).

U oba stuba, E1 i E2, prepoznata je eroziona površ („*transgressive lag*“) na prelazu facije Fs1u faciju Fs2, karakteristična po obavijenim zrnima koja imaju crvenkastu opnu (Slika 5.20.e). Ova površ je korelacioni marker za stubove E1 i E2. Faciju Fs2 ooidalni pekston-rudston sa obavijenim zrnima (Slika 5.20.f) odlikuju slabo sortirana obavijena zrna, i retka agregatna zrna (Slika 5.20.g). Podređeno u faciji su zastupljeni i puževi (Slika 5.20.h).

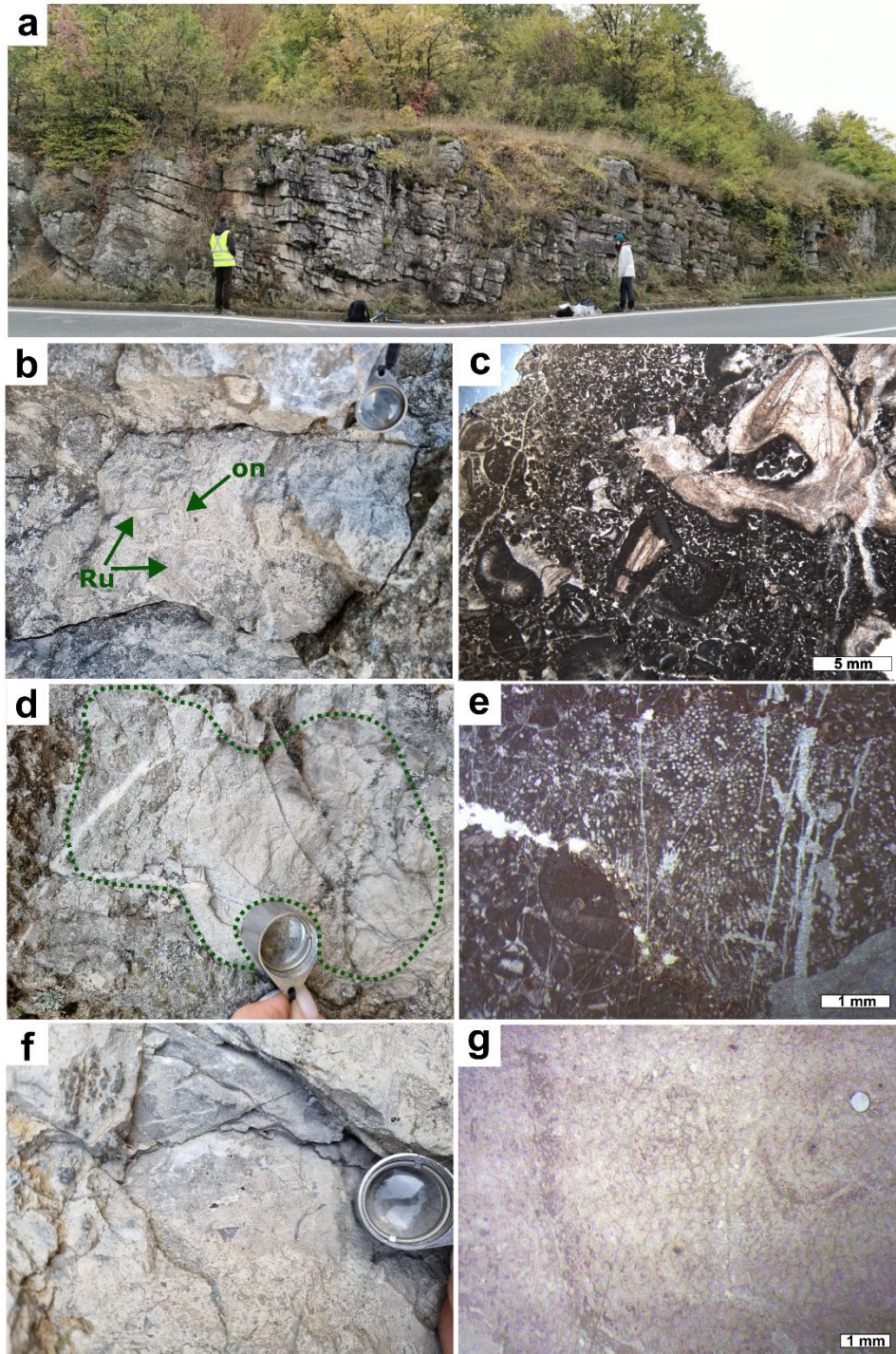
Dobro sortirani grejnston facije Fs3 (Slika 5.21.a) je prepoznat u stubu E2. Fibrozni cement je razvijen oko zrna, i mozaični cement kao zapuna intergranularnog prostora (Slika 5.21.b). Boundston facije Fs4 su sporadično razvijene, tako da Fs4a stromatoporoidni boundston (Slika 5.21.c) ima pojave u donjem delu stuba E1 i u stubu E2 između koralnih boundston facija Fs4b (Slika 5.21.d). Boundston facije su često brečizirane sa oštrim fragmentima. Fs4b koralni boundston odlikuju i kompleksni inkrustatorski odnosi (Slika 5.21.e-f). Iznad boundston facija u stubu E2 se nalazi do 5 m debeli slojevi facije Fs5 skeletnog pekston/rudstona sa puževima i briozoama (Slika 5.21.g). Facija je loše sortirana i veličina rekristalisanih ljušturica puževa je različita. Faciju odlikuju i stiloliti duž kojih je jedan deo facije rastvoren, tako da su ljušturice konzumirane (Slika 5.21.h). *Bacinella* se javlja u vidu onkoida tipa 4 i dominira u faciji Fs6 onkoidalni pekston-grejnston (Slika 5.22.a-b). Ova facija je razvijena u gornjem delu stuba E1, kao i u stubu E2 iznad sekcije Fs1-Fs5. Onkoidi često dostižu veličine veće od 2 mm, nepravilnih su ivica i oblika (Slika 5.22.a), a mogu sadržati i skeletne fragmente drugih organizama (Slika 5.22.b).



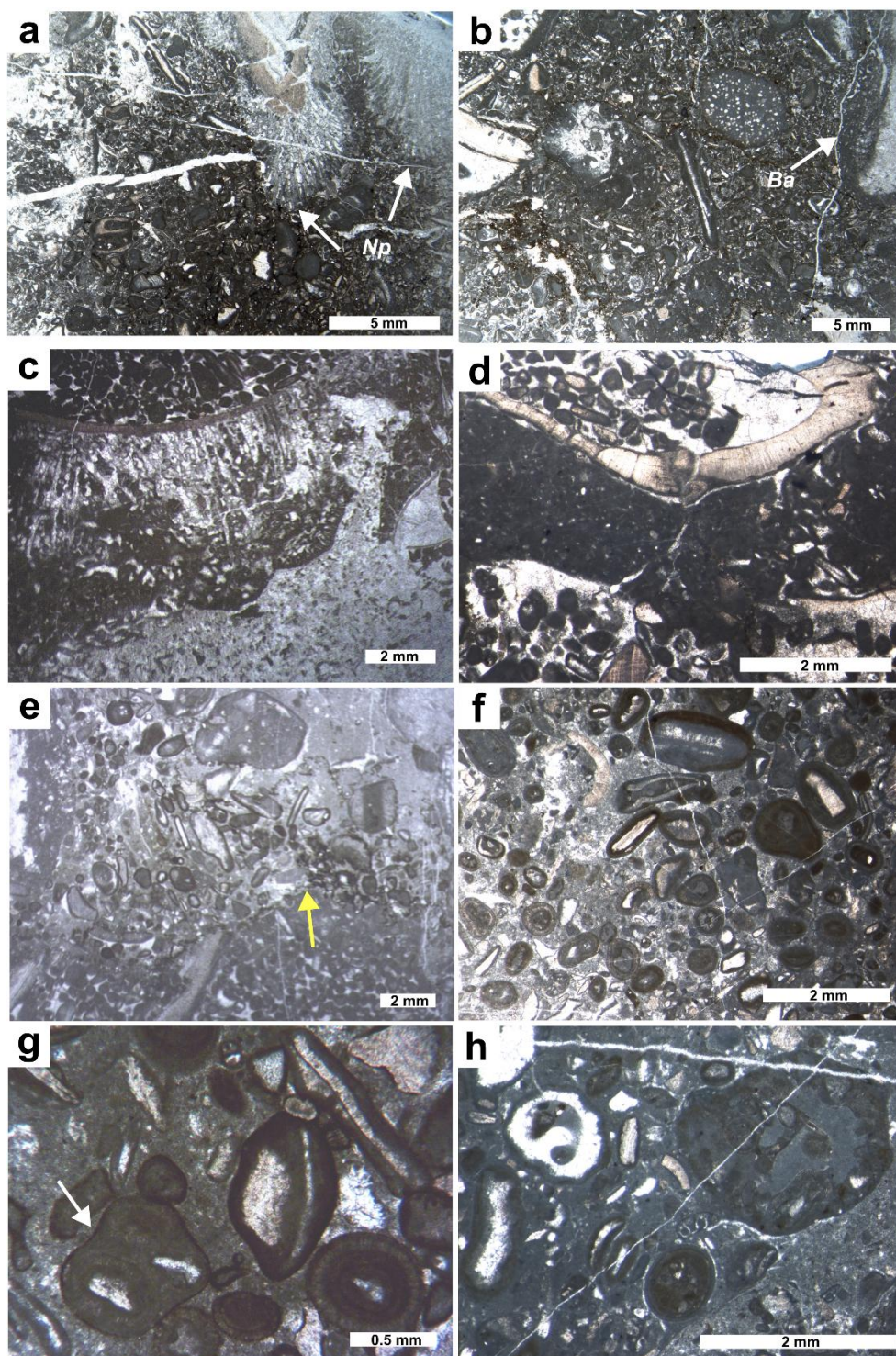
Slika 5.18. a) Stratigrafski stubovi E1 i E2 sa izvojenim karbonatnim facijama Fs1-Fs10. b) Relativni položaj stubova, nije u razmeri.

Više delove stuba E2 (107-160 m) sačinjavaju facije bogate ooidima, briozoama i krinoidima (Slika 5.22.c). Fs7 facije se razlikuju prema tipu ooida koji je u njima zastupljen: Fs7a sačinjavaju ooidi sa tangentnim (tip 2) i radijalnim ooidima (tip 3) (Slika 5.22.d), a sadrži i brioze (Slika 5.22.e). Ovu faciju smenjuje Fs7b grejston sa tangentnim ooidima (Slika 5.22.f). Tangentni ooidi mogu biti grupisani u agregatna zrna koja su kasnijom kompaktacijom fragmentisana (Slika 5.22.g). Ukoliko su agregatna zrna složenija mogu imati ooidne različite

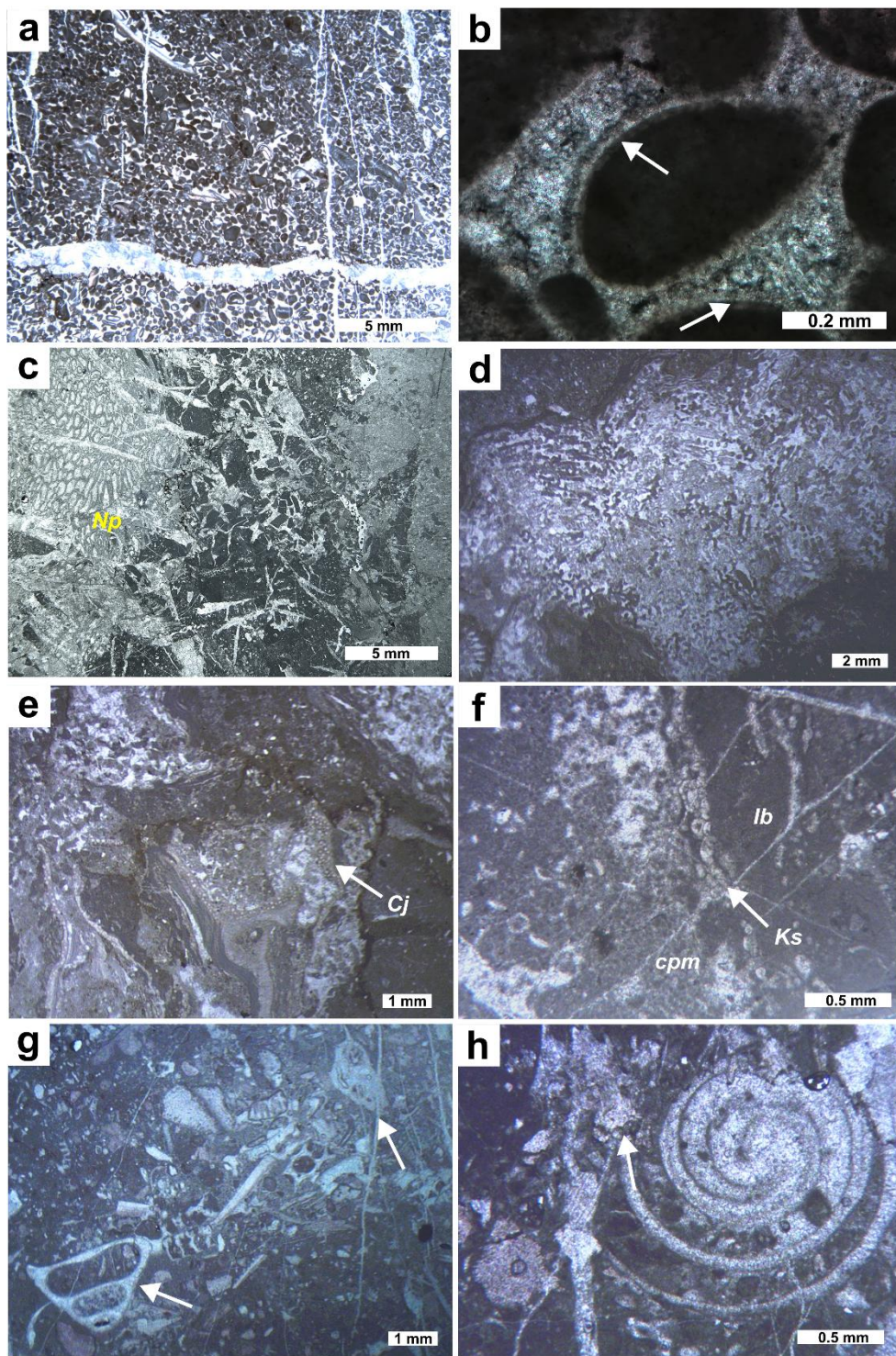
dimenzija i fragmente krinoida (Slika 5.22.h). Za razliku od facija Fs7, slabo sortirana facija Fs8 je pekston bogat ooidima, ali sa većim učešćem skeletnih fragmenata (Slika 5.23.a). Ooidi su delimično mikritizovani i mogu biti deo intraklasta (slika 5.23.b). Peloidni pekston-rudston sa zrnima kvarca Fs9 se smenjuje sa krinoidalnim grejnston-pekstonom Fs10 u gornjim delovima stuba E2. Dobro sortirana facija Fs9 (slika 5.23.c) sadrži i fragmente crva rudston frakcije (Slika 5.23.d). Fragmenti krinoida dominiraju u Fs10 (Slika 5.23.e), a podređeno su zastupljeni fragmenti briozoa (Slika 5.23.f).



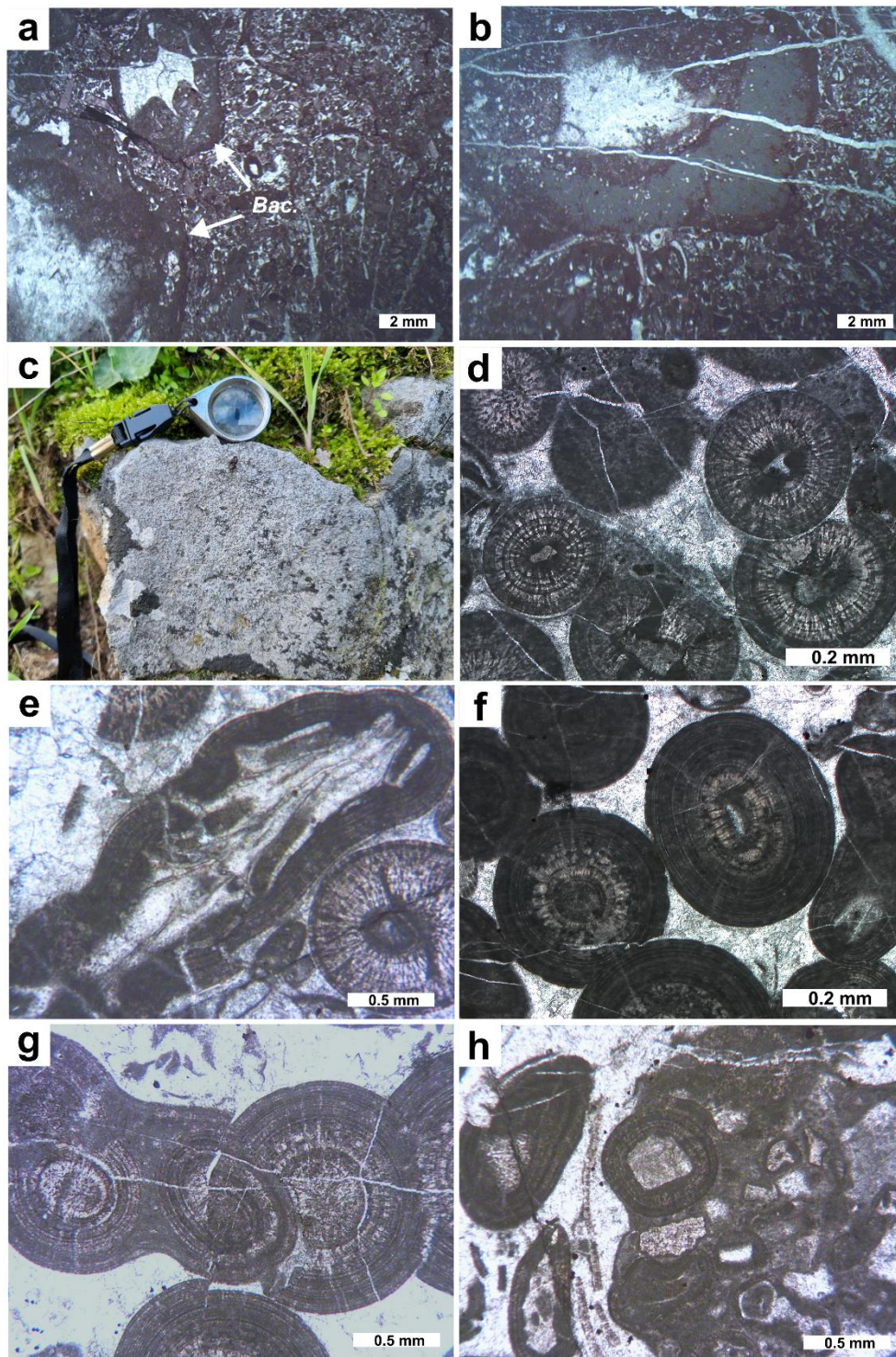
**Slika 5.19. a)** Deo izdanka stuba E2 sa slojevima koji padaju ka jugozapadu. **b)** Facija Fs1 peloidni pekston-grejnston/rudston sa obavijenim zrnima, rudistima (Ru) i boundstonom od *Bacinnella/Lithocodium*-a, korala i krečnjačkih sundera. Zastupljeni onkoidi (on) često dostižu veličine >2 mm. **c)** Mikrofotografija facije Fs1 sa presekom rudistne školjke (uzorak G6.3, stub E1). **d)** Velike *Rivularia* cijanobakterije i **e)** mikrofotografija cijanobakterije u faciji Fs1a (uzorak G28, stub E1). **f)** Primerak neidentifikovanog krečnjačkog sundera i **g)** krečnjački sunder *Neuropora gigantea* u faciji Fs1a (uzorak G45.5, stub E1).



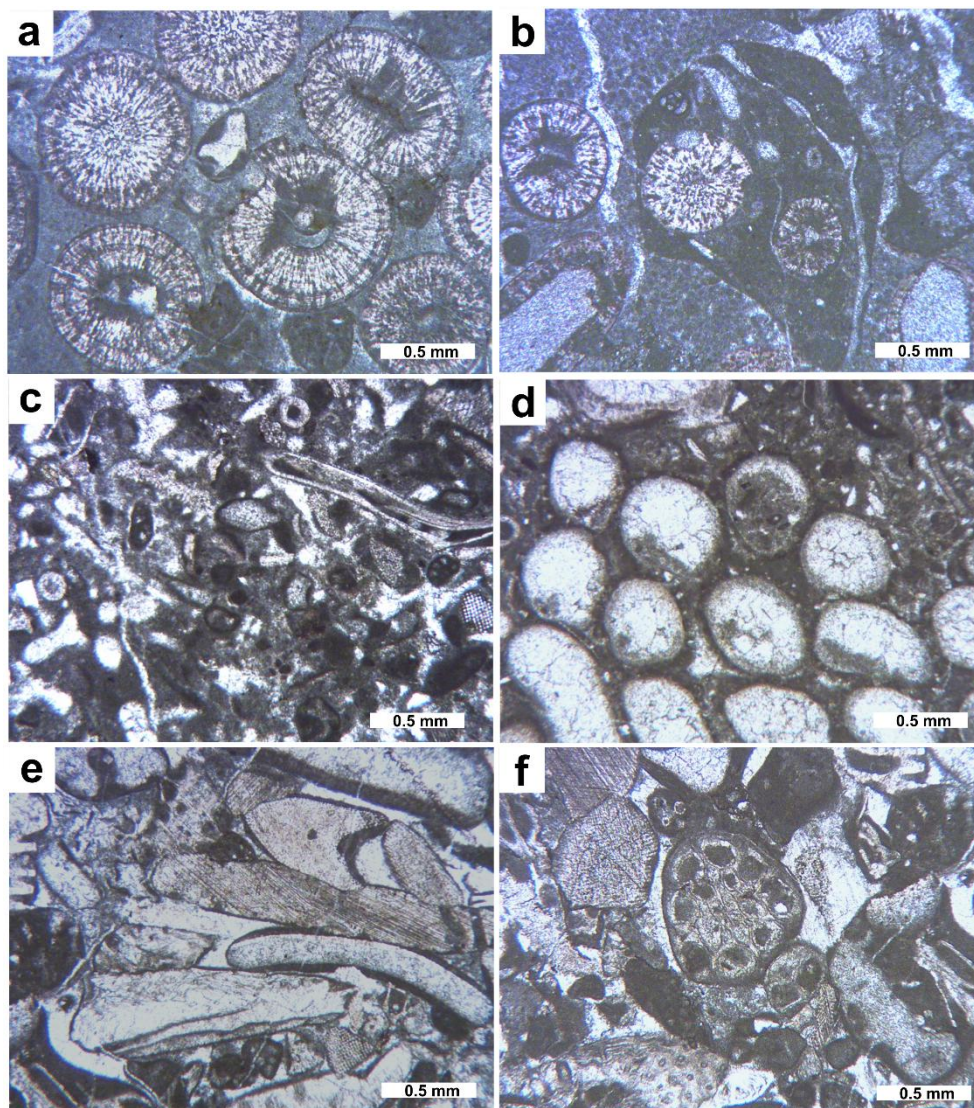
**Slika 5.20.** Mikrofotografije Fs1a-b i Fs2. **a)** Facija Fs1a peloidni pekston-grejston/rudston sa obavijenim zrnima, rudistima i boundstonom od *Bacinnella/Lithocodium*-a, korala i krečnjačkih sundera (*Neuropora gigantea* – *Np*) (uzorak G54,5, stub E1). **b)** Facija Fs1b pekston-grejston/rudston sa obavijenim zrnima, rudistima i onkoidima. *Bacinnella*-dominantni (*Ba*) onkoidi su takođe podređeno zastupljeni (uzorak G52, stub E1). **c)** Detalj: Fragment korala oko ljušturice školjke sa opnom *Lithocodium*-a (uzorak G25, stub E1). **d)** Facija Fs1 sa fragmentom *Carpathocancer* sp. (uzorak G6,3, stub E1). **e)** Erozijska površ u faciji Fs1, preko koje su sedimentovani fragmenti različitih organizama sa crvenkastom opnom (uzorak G4,5, stub E1). **f)** Facija Fs2 ooidalni pekston-rudston u kome obavijena zrna imaju crvenkastu opnu (uzorak G14,3, stub E1). **g)** Detalj: agregatna zrna i **h)** aglutinirane foraminifere i ljušturice puževa.



**Slika 5.21.** Mikrofotografije facija Fs3, Fs4a-b i Fs5. **a)** Facija Fs3 dobro sortirani grejnston sa obavijenim zrnima i fibrozim cementom (uzorak G93,5, stub E2). **b)** Cement u Fs3 je fibroznog tipa oko zrna i mozaičnog u intergranularnom prostoru (uzorak G90, stub E2). **c)** Boundston facija Fs4a krečnjačkog sundera (*Neuropora gigantea* - *Np*) (uzorak G23, stub E1). **d)** Koralni boundston Fs4b (uzorak G99, stub E2). **e)** Detalj: složeni inkrustatorski odnosi u boundston faciji. Zastupljena je *Calcistella jachenhausenensis* (*Cj*), ali i **f)** *Koskinobulina socialis* (*Ks*) i *Iberopora bodeuri* (*Ib*). Lokalno je identifikovan bezstrukturni mrvičasti mikrit (uzorak 99, stub E2). **g)** Facija Fs5 skeletni pekston/rudston sa puževima (bele strelice) i briozoama (uzorak 106,5, stub E2). **h)** Detalj: stilolit (bela strelica) u faciji Fs5 i delimično očuvana, rekristalisana ljušturica puža.



**Slika 5.22.** Mikrofotografije facija Fs6 i Fs7a-b. **a)** Fs6 onkoidalni pekston-grejnston sa *Bacinella*-dominantnim onkoidima tipa 4 (*Ba*) (uzorak F1,2, stub E1). **b)** Detalj: *Bacinella* onkoidi često dostižu veličine >2 mm, i mogu uključivati različite skeletne fragmente (uzorak F28, stub E1). **c-d)** Facija Fs7a ooidalni grejnston sa tangentnim i radijalnim ooidima, ali i mešovitim tipom (uzorak G165, stub E2). **e)** Fragmenti briozoa su takođe bili izloženi formiranju opni sa radijalno usmerenim kristalima kalcita (uzorak G163, stub E2). **f)** Facija Fs7b sa dominantno zastupljenim tangentnim ooidima tipa 1, **g)** koji mogu biti organizovani u agregatna zrna (uzorak G170, stub E2). **h)** Detalj: agregatna zrna mogu uključiti oide ali i skeletne fragmente kao što su krinoidi.



**Slika 5.23.** Mikrofotografije facija Fs8, Fs9 i Fs10. **a)** Fs8 ooidalno-skeletni pekston sadrži radialne oide delimično mikritizovane i često **b)** u sastavu intraklasta (uzorak G180,5, stub E2). **c)** Slabo sortirani peloidni pekston-rudston sa zrnima kvarca sadrži dominantno fragmente bryozoa, krinoida ali i **d)** fragmente serpulida (uzorak G185,5, stub E2). **e)** Krinoidalni grejnston-pekston facije Fs10 sadrži i **f)** fragmente bryozoa (uzorak G192, stub E2).

**Tabela 5.3.** Opisi facija Fs1 do Fs10 identifikovanih u barem–aptskoj stratigrafskoj sekciji okoline Dimitrovgrada. Skraćenice zastupljenosti (Flügel, 2004): VR (veoma redak („very rare“); < 2% grains), R (redak („rare“); 2–5%), S (oskudan („sparse“); 5–10%), C (čest („common“); 10– 30%), VC (vrlo čest („very common“); 30–50%), A (obilan („abundant“); > 50%). Tipovi tekstura (Dunham, 1962; Embry & Klovan, 1971): W (vekston), P (pekston), G (grejston), R (rudston), B (boundston).

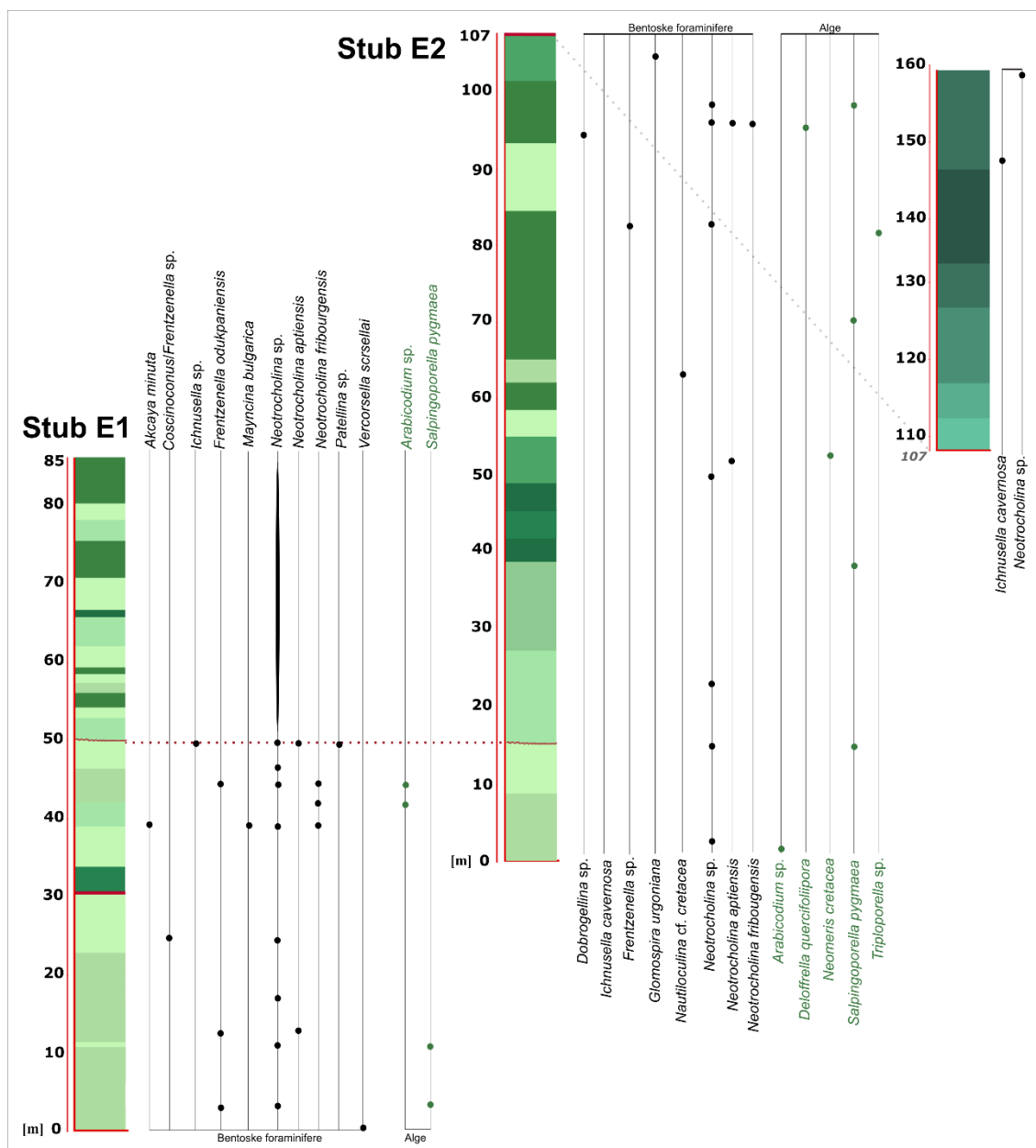
Facije	Tekstura	Sortiranost i veličina zrna	Tipovi zrna	Skeletna zrna	Slojevitost	Dijagenetske karakteristike	Depoziciona sredina
<i>Fs1a –Peloidni pekston-grejston/rudston sa obavijenim zrnima, rudistima i boundstonom od Bacinella/Lithocodium-a, korala i krečnjačkih suđera</i>  <i>Fs1b- Pekston-grejston/rudston sa obavijenim zrnima, rudistima i onkoidima</i>	P-G/R	Slabo sortirani; 0,1-1 mm, često >2 mm	Peloidi (0,1-0,2 mm) (VR-C); obavijena zrna (0,2-1 mm) (VC-A); ; onkoidi tip 3 (VR-S); ooidi tangentni tip 1 (VR); ooidi tangentni tip 1 i radijalni tip 4 (VR); skeletna zrna (0,1-0,5 mm, često >2 mm); zrna kvarca (~0,1 mm) (VR)	Rudisti (S-C); fragmenti krinoida (C-VC); puževi (S-VC); solitarni korali (S); cerioidni korali (S); krečnjački suđeri ( <i>Neuropora gigantea</i> ) (S-C); velike <i>Rivularia</i> cijanobakterije (S-C); <i>Bacinella</i> oko fragmenata rudista, korala i krečnjačkih suđera (C) i u vidu tip 4 onkoida (R); <i>Lithocodium</i> kao inkrustator (S); fragmenti zelenih algi: <i>Arabicodium</i> sp., <i>Salpingoporella pygmaea</i> (S-C); bentoske foraminifere: spirinilide ( <i>Neotrocholina</i> sp., <i>Inchnusella</i> sp.), involutinide ( <i>Fretzenella odukpaniensis.</i> ); lituolide ( <i>Mayncina bulgarica</i> , <i>Nautilocolina</i> cf. <i>cretacea</i> ); luftuside ( <i>Vercorsella scrsellai</i> ) (S-C); aglutinirane foraminifere (S-C); fragmenti rakova <i>Carpathocancer</i> sp. (C)	Normalni slojevi, >50 cm	Izometrični sparit kao cemetna zapuna, kao i mikritska opna oko svih skeletnih zrna. Lokalno druzni cement kao zapuna ljušturica (uglavnom puževa i rudista) usled rekristalizacije. Zrna kvarca su takođe obavijena mikritskom opnom. Kontakt između zrna je retko u vidu stilolita. Organska materija (bitumen) je skoncentrisana u stilolitima i lokalno ima sporadične koncentracije u intraskeletnom prostoru. Identifikovano je nekoliko generacija kalcitskih žica sa druznim i granularnim cementom	Uslovi niske energije vode, subtajdal otvorenog mora
<i>Fs2 – Ooidalni pekston-rudston sa obavijenim zrnima</i>	P-R, G	Slabo sortirani; 0,4-1,5 mm, >2 mm	Obavijena zrna (0,5-1 mm) (C); ooidi tangentni tipovi 1 i 2, radijalni tip 3 (0,2-1,5 mm) (VC-A); onkoidi tip 3 (0,5 mm) (S); skeletna zrna (0,5-1 mm, često >2 mm) (C); zrna kvarca (~0,1 mm) (VR)	Fragmenti rudista (C); ljušturice puževa (S-C); fragmenti krinoida (C-VC); fragmenti korala (S); stromatoporoidi (S); <i>Bacinella</i> i <i>Lithocodium</i> formiraju opnu oko ljušturice rudista (S-C); zelene alge: <i>Arabicodium</i> sp. (S); bentoske foraminifere: spirilinide ( <i>Neotrocholina fribourgensis</i> ), luftuside ( <i>Akcaya minuta</i> ) (S); aglutinirane foraminifere (C); fragmenti rakova <i>Carpathocancer</i> sp. (S)	Normalni slojevi	Druzni tip sparita kao cement razvijen je lokalno. Zrna imaju mikritsku opnu i između pojedinih zrna stilolitski je kontakt (ooida najčešće). Organska materija je skoncentrisana oko skeletnih zrna i u stilolitima. Granularni cement je uglavnom zapuna žica	Uslovi srednje energije vode, subtajdal
<i>Fs3 – Dobro sortirani grejston sa obavijenim zrnima i marinskim cementom</i>	G, lokalno P	Dobro sortirani; ~1 mm, retko 0,1-0,2 mm i >2 mm	Peloidi (~0,1 mm) (VR); obavijena zrna (0,2-1 mm) (A); ooidi radijalni tip 3 (~1 mm) (S); onkoidi tip 3 (~0,5 mm) (S); skeletna zrna 0,2-1 mm) (A)	Fragmenti rudista (S-C); ljušturice puževa (S); fragmenti krinoida (S); fragmenti krečnjačkih suđera (S); zelene alge: <i>Salpingoporella pygmaea</i> (R); bentoske foraminifere: tekstularide (S); aglutinirane foraminifere (S)	Normalni slojevi	Fibrozni tip cementa oko zrna i izometrični tip kao zapuna intergranularnog prostora. Pojedine ljušturice su rekristalisane i zamenjene druznim sparitom. Bitumen je rasprostranjen u stilolitima i dodatno ima pojedinačne pojave. Kalcitske žice su zapunjene druznim cementom	Uslovi srednje do visoke energije vode, subtajdal

Facije	Tekstura	Sortiranost i veličina zrna	Tipovi zrna	Skeletna zrna	Slojevitost	Dijagenetske karakteristike	Depoziciona sredina
<i>Fs4a – Boundston od krečnjačkih sundera</i>	B	-	Peloidi (<0,1 mm) (R); skeletni fragmenti () (S-C); mrvičasti mikrit (S); zrna kvarca (R); zrna glaukonita/fosfata (R)	Krečnjački sunderi: <i>Neuropora gigantea</i> (A), <i>Calcistella jachenhanensis</i> (S); različiti inkrustatori ( <i>Lithocodium</i> , <i>Koskinobulina socialis</i> , <i>Iberopora bodeuri</i> i dr.) Fragmenti rudista (S); fragmenti krinoida (S); ljušturice ostrakoda (S); monoaksonske spikule ježeva (S); bentoske foraminifere: tekstularide (S)	Normalni slojevi	Stena je lokalno brečizirana i fragmenti (~1-2 mm) su uglasti. Zastupljene kalcitske žice zapunjene druznim cementom	Uslovi niske do srednje energije vode, subtajdal
<i>Fs4b – Koradni bondston</i>	B	-	Peloidi (<0,1 mm) (R); skeletni fragmenti () (S-C); zrna kvarca (<0,1 mm) (S)	Koralni (VC-A); različiti inkrustatori ( <i>Lithocodium</i> i dr.)	Slojevi, >100 cm, promenljive debljine	Stena je lokalno brečizirana i fragmenti (~1-2 mm) su uglasti. Zastupljene kalcitske žice zapunjene druznim cementom	Uslovi niske do srednje energije vode, subtajdal
<i>Fs5 – Skeletni pekston/rudston sa puževima i briozoama</i>	P/R	Slabo sortirani; <0,1 i >2 mm	Peloidi (<0,1 mm, uglavnom ~0,1 mm) (S-C); skeletna zrna (0,5- >2 mm) (A)	Fragmenti rudista (S-C); ljušturice puževa (S-C); fragmenti krinoida (C); briozoe (C); fragmenti stromatoporoida (S); zelene alge: <i>Neomeris cretacea</i> (S); bentoske foraminifere (R-S); fragmenti rakova <i>Carpathocancer</i> sp. (R)	Normalni slojevi	Pojedini skeletni fragmetni su rekristalisani i zapunjeni su druznim cementom. Organska materija koncentrisana u stilolitima. Kalcitske žice sa zapunjene druznim cementom	Niska do srednja energija vode, lagunski uslovi
<i>Fs6 – Onkoidalni pekston-grejnton</i>	P-G	Slabo sortirani; 0,1-1 mm	Obavijena zrna (0,1-0,5 mm) (S); onkoidi tip 3 (S-C) i tip 4 sastavljeni od <i>Bacinella</i> -e sa skeletnim fragmentima (>2 mm) (VC); skeletna zrna (0,1-1 mm) (C)	Rudisti (C); ljušturice puževa (S); fragmenti krinoida (S-C); <i>Bacinella</i> formira onkoida (VC), sa <i>Lithocodium</i> -om (S); zelene alge: <i>Deloffrella quercifoliipora</i> , <i>Salpingoporella pygmaea</i> (S-C); bentoske foraminifere: spirilinide ( <i>Neotrocholina fribourgensis</i> ), luftuside ( <i>Akcaya minuta</i> , <i>Dobrogellina</i> sp.) (S-C)	Normalni slojevi	Pojedini skeletni fragmetni su rekristalisani i zapunjeni su druznim cementom. Organska materija koncentrisana u stilolitima. Kalcitske žice sa zapunjene druznim cementom	Uslovi niske do srednje energije vode, subtajdal
<i>Fs7a – (Tangentno-radijalno) ooidalni grejnton</i>	G	Dobro sortirani; 1-1,5 mm, retko >2 mm	Ooidi radijalni tip 4 (1-1,5 mm) (A) i mešoviti tip 6 (1-1,5) (C); skeletna zrna (S); zrna kvarca u nukleusu ooida (0,1-0,5 mm) (R)	Briozoe (C); bentoske foraminifere: nodosaride ( <i>Lenticulina</i> sp.) (R)	Normalni slojevi	Fibrozni cement oko zrna i druzni cement u intergranularnom prostoru	Uslovi srednje a zatim niže energije vode, zatvorena laguna
<i>Fs7b – (Tangentno) ooidalni grejnton</i>	G, lokalno P	Dobro sortirani; 1-2 mm, retko <1 mm i >2 mm	Ooidi tangentni tip 1 (1-2 mm, retko >2 mm) (A); skeletna zrna (~0,5 mm) (S-C); agregatna zrna (>2 mm) (R)	Briozoe (C); serpulidi (S); krečnjački sunderi (S); bentoske foraminifere (S)	Normalni slojevi	U intergranularnom prostoru druzni cement, a lokalno mikritski matriks. Stiloliti nastali usled pritiska i delimično rastvoreni ooidi. Granularni cement kao zapuna kalcitskih žica	Uslovi srednje energije vode, otvorena laguna

Facije	Tekstura	Sortiranost i veličina zrna	Tipovi zrna	Skeletna zrna	Slojevitost	Dijagenetske karakteristike	Depoziciona sredina
<i>Fs8 – Ooidalno-skeletni pekston</i>	P, R	Slabo sortirani; 0,5-1,5 mm, >2 mm	Ooidi radijalni tip 3 (0,5-1,5 mm) (VC); skeletni fragmenti (0,5-1 mm, često >2 mm) (VC); agregatna zrna (>2 mm) (VR); zrna kvarca (<0,1 mm) (R)	Briozoe (C); fragmenti krinoida (C); serpulidi (S-C); fragmenti stromatoporoida (C); fragmenti krečnjačkih sunđerica (S); fragmenti silicijskih sunđerica (VR); kore <i>Lithocodium</i> -a (S); bentoske foraminifere (S); fragmenti rakova <i>Carpathocancer</i> sp. (R-S)	Normalni slojevi	Lokalno razvijen družni cement. Usled pritiska razvijeni stiloliti, koji sadrže bitumen. Kalcitske žice su zapunjene družnim cementom	Uslovi srednje energije vode, subtajdal ka otvorenom moru  Materijal transportovan iz plićih delova
<i>Fs9 – Peloidni pekston-rudston sa zrnima kvarca</i>	P-R, G	Slabo sortirani; 0,1- >2 mm	Peloidi (~0,1 mm) (VC); obavijena zrna (0,1-0,7 mm) (S); skeletna zrna (0,1-1,5 mm, retko >2 mm) (VC); zrna kvarca (~0,1 mm) (C)	Ljušturice puževa (S); fragmenti krinoida (C-VC); ehinoidi (R); serpulidi (C); fragmenti sunđerica (S-C); bentoske foraminifere (C-VC)	Normalni slojevi	Cement razvijen u vidu družnog tipa. Zrna su retko rekristalisana. Bitumen je razvijen u stilolitima, a kalcitske žice takođe imaju zapunu od družnog tipa sparita	Uslovi srednje energije vode, subtajdal ka otvorenom moru  Materijal transportovan iz plićih delova
<i>Fs10 – Krinoidalni grejnston-pekston</i>	G-P	Slabo sortirani; 0,5-1,5 mm, retko >2 mm	Obavijena zrna (0,5-1,5 mm) (S); ooidi radijalni tip 4 (~0,5 mm) (VR); skeletna zrna (0,5-1,5 mm, >2 mm) (A)	Ljušturice školjki (VR); ljušturice puževa (VR); krinoidi (A); ehinoidi (VR); briozoe (C); stromatoporoidi (R)	Normalni slojevi	Cement u vidu družnog tipa. Zrna imaju mikritsku opnu. Kalcitske žice takođe zapunjene družnim cementom	Uslovi srednje energije vode, subtajdal ka otvorenom moru  Materijal transportovan iz plićih delova

### 5.3.2. Biostratigrafija

Biostratigrafska analiza izvršena je na osnovu asocijacije bentoskih foraminifera i zelenih algi (Slika 5.24.) (odredbe u konsultaciji sa I.I. Bukurom). U facijama Fs1a-b i Fs6 je pronađena asocijacija najveće diverzifikacije, kao i najbolje očuvani primerci (Slike 5.25. i 5.26.).

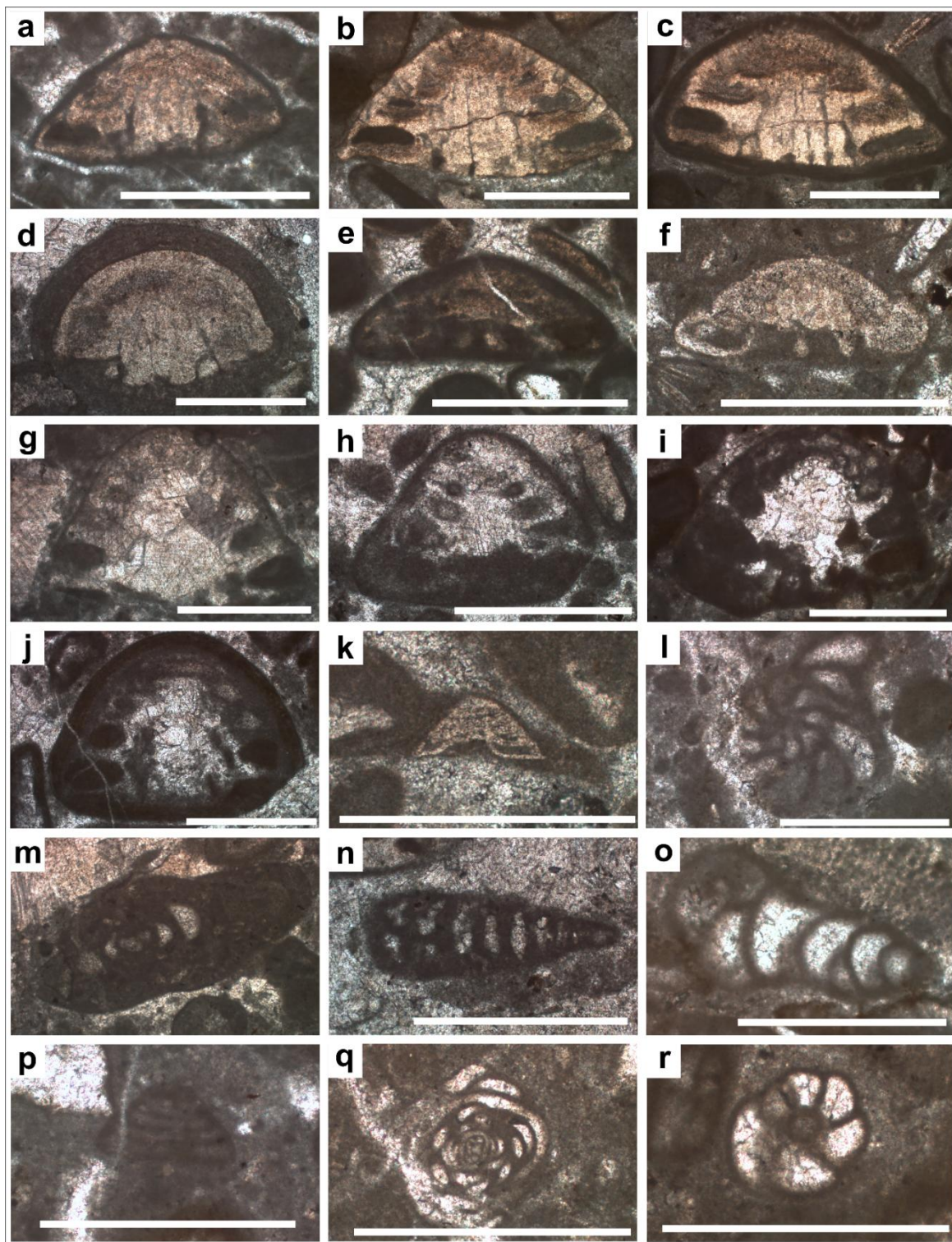


Slika 5.24. Distribucija bentoskih foraminifera i zelenih algi u stubovima E1 i E2.

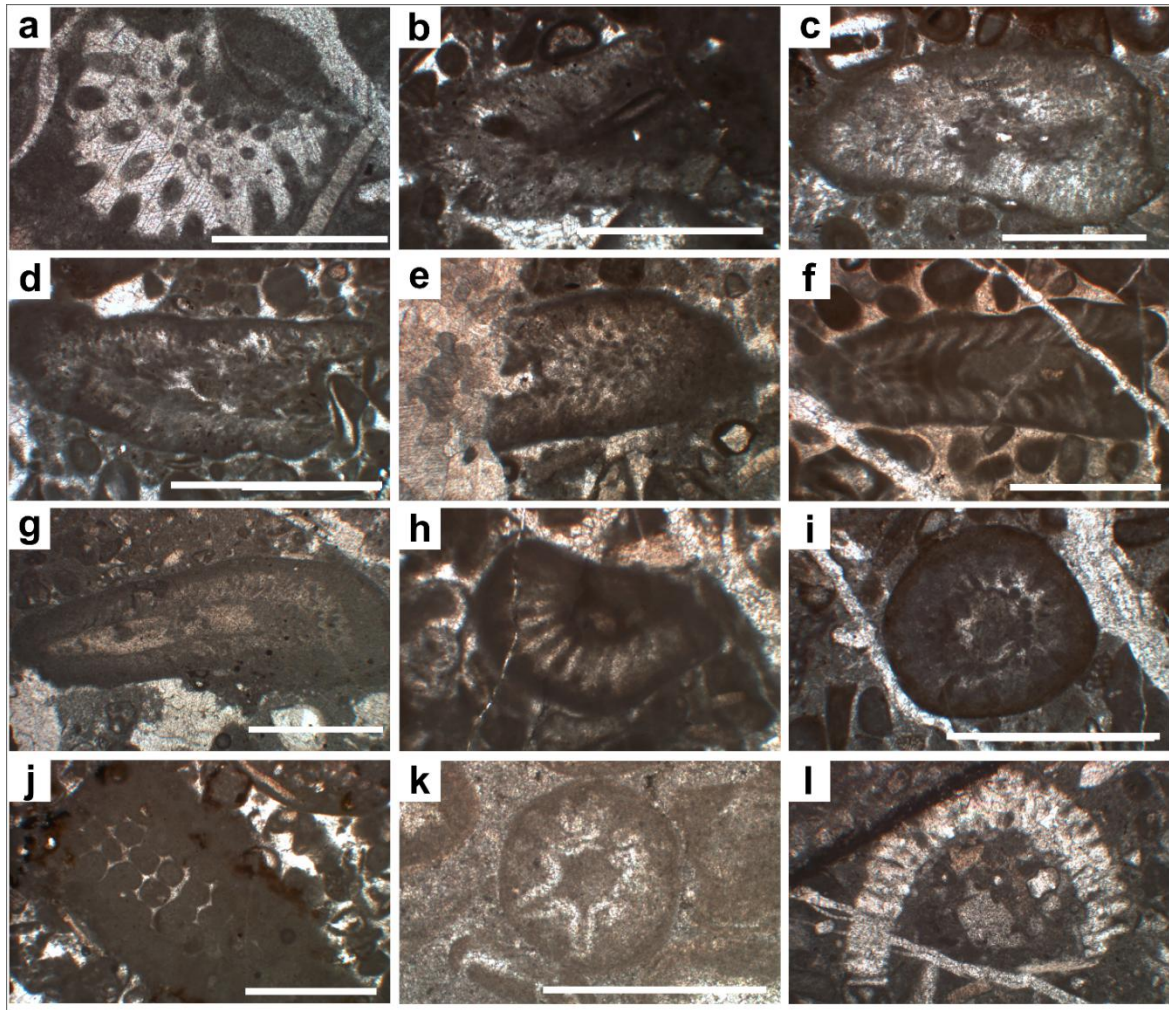
U faciji Fs1a-b određeni su rodovi i vrste bentoskih foraminifera: *Neotrocholina* sp. Reichel (Slika 5.25.a-d), *Ichnusella* sp (Slika 5.25.e-f), *Frentzenella odukpaniensis* (Dessauvage) (Slika 5.25.g-j), *Patellina* sp. (Slika 5.25.k), *Mayncina bulgarica* Laug, Peybernès & Rey (Slika 5.25.l), *Nautiloculina cf. cretacea* Steinmann (Slika 5.25.m), *Vercorsella scrsellai* (De Castro) (Slika 5.25.n-o), kao i dazikladacee *Salpingoporella pygmaea* (Gumbel) (Slika 5.26.a), i rod *Arabicodium* sp. (Slika 5.26.b-d) udoteacee. U faciji Fs2 identifikovana je slična asocijacija, kao i vrste: *Neotrocholina cf. fribourgensis* Guillaume & Reichel i *Akcyaya minuta* (Hofker) (Slika 5.25.p).

Facija Fs6 bogata je vrstama i rodovima bentoskih foraminifera: *Neotrocholina aptiensis* (Iovceva, 1962), *N. fribourgensis*, *Glomospira urgoniana* Arnaud-Vanneau (Slika 5.25.q), *Dobrogellina* sp. (Slika 5.25.r). A u istoj faciji zastupljene su i rodovi i vrste dezikladacee

*Salpingoporella pygmaea* (Slika 5.26.e-i), *Triploporella* sp. (Slika 5.26.j) i *Deloffrella quercifoliipora* Granier & Michaud (Slika 5.26.k). Vrsta bentoske foraminifere *Ichnusella cavernosa* (Khalilov) (Slika 5.25.f) je pronađena u faciji Fs9, a u faciji Fs5 identifikovana je zelena alga *Neomeris cretacea* (Slika 5.26.l).



**Slika 5.25.** Bentoske foraminifere gornjobaremsko-donjoaptske starosti zastupljene u plitkovodnim facijama okoline Dimitrovgrada. **a)** *Neotrocholina* sp. (facija Fs1a; stub E1). **b)** *Neotrocholina aptiensis* (facija Fs6; stub E2). **c-d)** *Neotrocholina fribourgensis* (C – facija Fs6; stub E2; D – facija Fs2; stub E1). **e)** *Ichnusella* sp. (facija Fs1a; stub E1). **f)** *Ichnusella cavernosa* (facija Fs9; stub E2). **g-h)** *Frentzenella* sp. (G – facija Fs1a; stub E1; H – facija Fs1b; stub E1). **i-j)** *Frentzenella odukpaniensis* (I – facija Fs1b; stub E1; J – facija Fs1b, stub E1). **k)** *Patellina* sp. (facija Fs1b; stub E1). **l)** *Mayncina bulgarica* (facija Fs1a; stub E1). **m)** *Nautiloculina cf. cretacea* (facija Fs1b; stub E2). **n)** *Vercorsella scrsellai* (facija FS1b; stub E1). **o)** *Vercorsella* sp. (facija Fs1b; stub E2). **p)** *Akcaya minuta* (facija Fs2; stub E1). **q)** *Glomospira urgoniana* (facija Fs6; stub E2). **r)** *Dobrogellina* sp. (facija Fs6; stub E2).



**Slika 5.26.** Zelene alge gornjobaremsko–donjoaptke starosti identifikovane u facijama Fs1-Fs10. **a)** *Salpingoporella* sp. (facija Fs1b; stub E1). **b-d)** *Arabicodium* sp. (J – facija Fs1b; stub E1; K – facija Fs2; stub E1; L – facija Fs1b; stub E2). **e-i)** *Salpingoporella pygmaea* (A – facija Fs1a; stub E2; B – facija Fs3; stub E2; C – facija fs6; stub E2; D – facija Fs6; stub E2; E – facija Fs1b; stub E1). **j)** *Triploporella* sp. (facija Fs6; stub E2). **k)** *Deloffrella quercifoliipora* (facija Fs6; stub E2). **l)** *Neomeris cretacea* (facija Fs5; stub E2).

## 6. Geohemijska analiza

### 6.1. Analiza stabilnih izotopa ugljenika i kiseonika

Geohemijske analize stabilnih izotopa ugljenika i kiseonika su vršene na karbonatima berijas–valendinske starosti. Hemostratigrafski trendovi su analizirani u okviru svakog stuba pojedinačno (Slika 6.1.). Minimum, maksimum, prosečne vrednosti i standardna devijacija za svaki stub (A, B i C) su prikazani u Tabeli 6.1., dok su sve izmerene vrednosti predstavljene u Tabeli 1 (PRILOG 1). Analizirano je 67 uzoraka stena, 1 uzorak dolomita i 10 uzoraka sparitskog cementa u žicama.

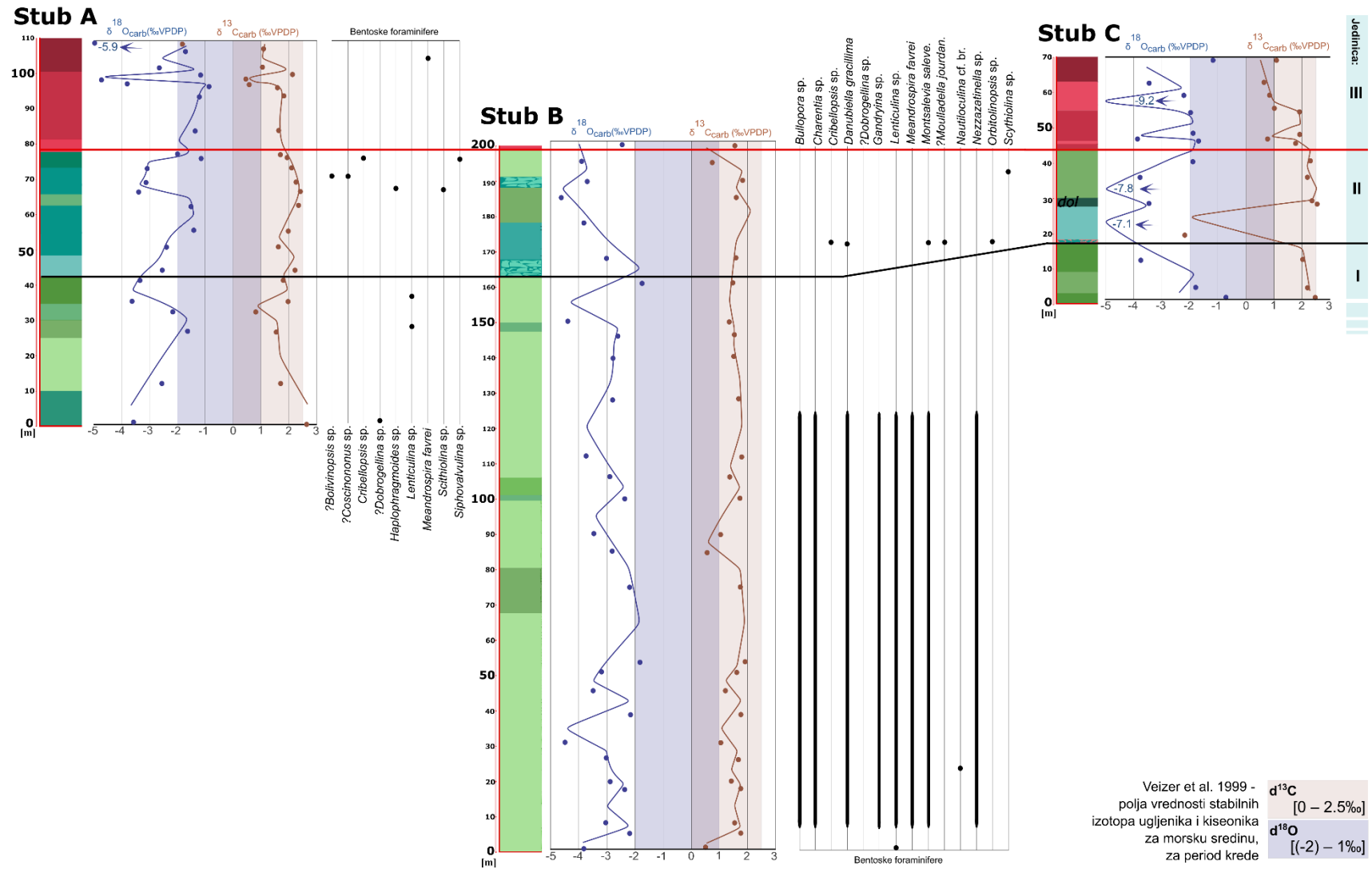
Vrednosti dobijene u stubu A pokazuju generalno uniformne izotopske vrednosti  $\delta^{13}\text{C}$  sa prosekom oko 1,6 ‰, a vrednosti  $\delta^{18}\text{O}$  uz veće varijacije imaju prosek oko -2,5 ‰. Izotopske vrednosti ugljenika i kiseonika se smanjuju za -2 ‰ u gornjem delu jedinice I (~35 m). U jedinici II vrednosti  $\delta^{13}\text{C}$  su uniformne, dok se vrednosti  $\delta^{18}\text{O}$  povećavaju do ~-1,5 ‰, a onda opadaju do ~-3,5 ‰. Istovremena negativna ekskurzija u vrednosti -1,8 ‰ za  $\delta^{13}\text{C}$  i -3,6 ‰ za  $\delta^{18}\text{O}$  je zabeležena u jedinici III, na prelazu iz facije F15 u faciju F16 (~100 m).

Kriva  $\delta^{13}\text{C}$  u stubu B pokazuje relativno uniformne vrednosti na osnovu 28 uzoraka sa prosečnom vrednosti 1,5 ‰. Izotopske vrednosti  $\delta^{18}\text{O}$  pokazuju veće varijacije sa prosečnom vrednosti -3,1 ‰. U jedinici I prepoznate su dva negativna trenda oko 30-og i 150-og metra. Izotopske vrednosti  $\delta^{18}\text{O}$  u jedinici II (stub B) postepeno opadaju do -2,7 ‰, dostižući najmanje merene vrednosti u okviru nivoa F7a breče na ~188 m. Izmerene vrednosti izotopa ugljenika pokazuju ujednačene vrednosti od 2 ‰. Breča F7a, u najnižem delu jedinice II, pokazuje vrednosti 1,6 ‰ za  $\delta^{13}\text{C}$  i -3,0 ‰ za  $\delta^{18}\text{O}$ , dok cement mozaičnog sparita pokazuje vrednosti 1,3 ‰ za  $\delta^{13}\text{C}$  i -6,4 ‰ za  $\delta^{18}\text{O}$ . Prelaz ka jedinici III označava porast obe vrednosti,  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{18}\text{O}$ , za 1 ‰.

Prosečne izotopske vrednosti u okviru stuba C su 1,4 ‰ za  $\delta^{13}\text{C}$  i -3,5 ‰ za  $\delta^{18}\text{O}$ , dobijenih na osnovu 16 uzoraka. U stubu C pad vrednosti izotopa, obeležava donji deo jedinice II, u okviru facije monomiktne F7b breče, sa negativnim vrednostima -2,1 ‰ za  $\delta^{13}\text{C}$  i -7,1 ‰ za  $\delta^{18}\text{O}$ . Uporedni pad vrednosti zabeležen je u gornjem delu jedinice III, reda veličine -1 ‰ za  $\delta^{13}\text{C}$  i -2 ‰ za  $\delta^{18}\text{O}$ . Analizirani uzorak dolomita je dao vrednosti 2,4 ‰ za  $\delta^{13}\text{C}$  i -7,8 ‰ za  $\delta^{18}\text{O}$ . U jedinici III vrednosti  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{18}\text{O}$  pokazuju blagi rast.

**Tabela 6.1.** Minimum, maksimum, prosečne vrednosti i standardna devijacija za svaki stub (A, B i C). Dodatno izmerene vrednosti stabilnih izotopa iz različitih kalcitskih žica (CC žice).

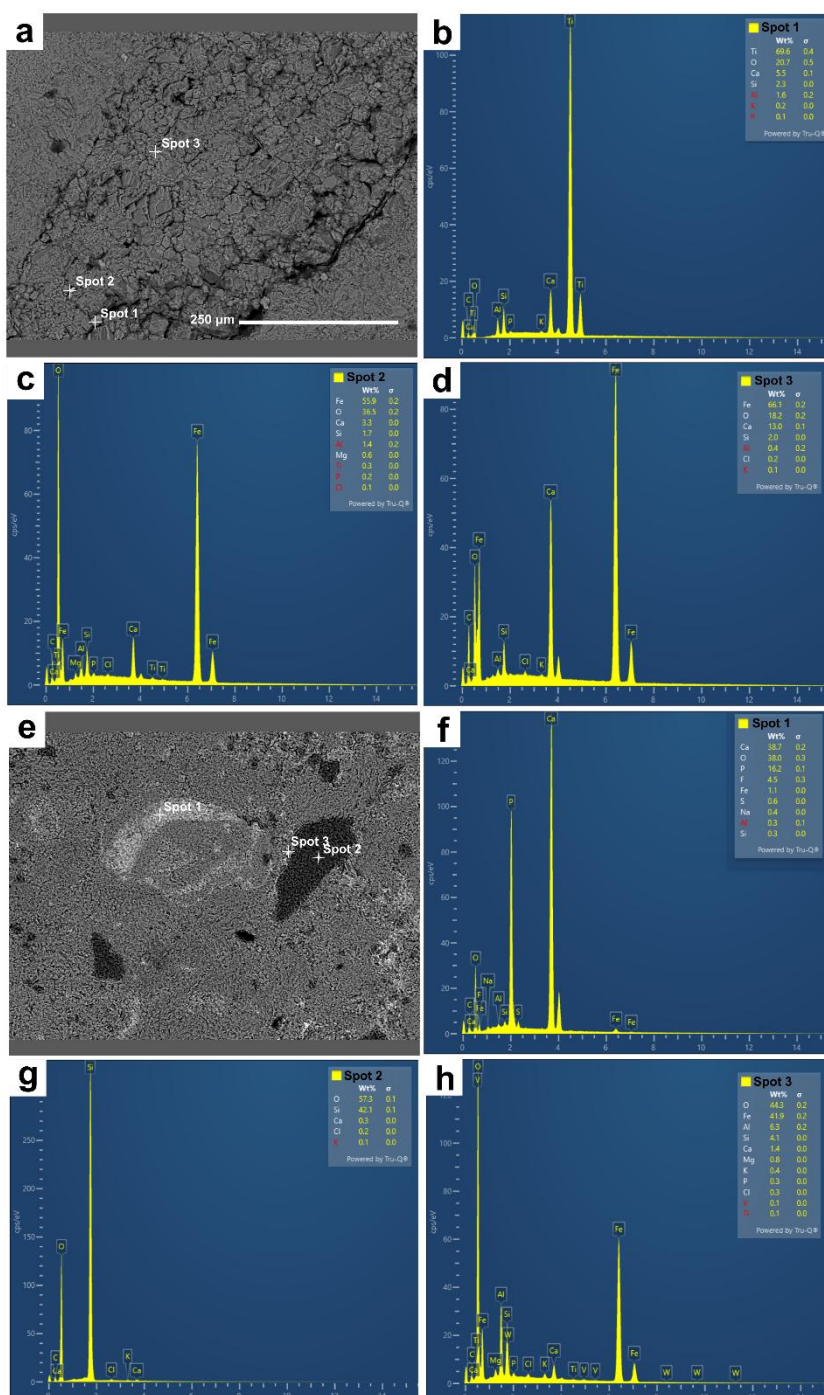
	$\delta^{13}\text{C}$				$\delta^{18}\text{O}$			
	MIN	MAX	Prosečna vrednost	Standardna devijacija	MIN	MAX	Prosečne vrednosti	Standardna devijacija
Stub A (n=24)	-1.9	2.6	1.6	0.9	-5.9	-0.8	-2.5	1.2
Stub B (n=28)	0.6	2.1	1.5	0.6	-4.6	-1.7	-3.1	0.8
Stub C (n=16)	-2.1	2.4	1.4	0.6	-9.2	-1.1	-3.5	2.4
CC žice (n=10)	-2.2	2.2	1.0	1.1	-9.4	0.2	-4.3	3.3



**Slika 6.1.** Izotopske krive kiseonika i ugljenika stubova A, B i C, i distribucija bentoskih foraminifera (stubovi A i B). Najniže  $\delta^{18}\text{O}$  vrednosti u stubovima A i C su identifikovane plavom strelicom, a vrednosti brojevima pored oznake. Prilagođeno prema Stefanović et al. (2025a).

## 6.2. Skenirajuća elektronska mikroskopija sa energetska-disperzivnom spektrometrijom (SEM-EDS)

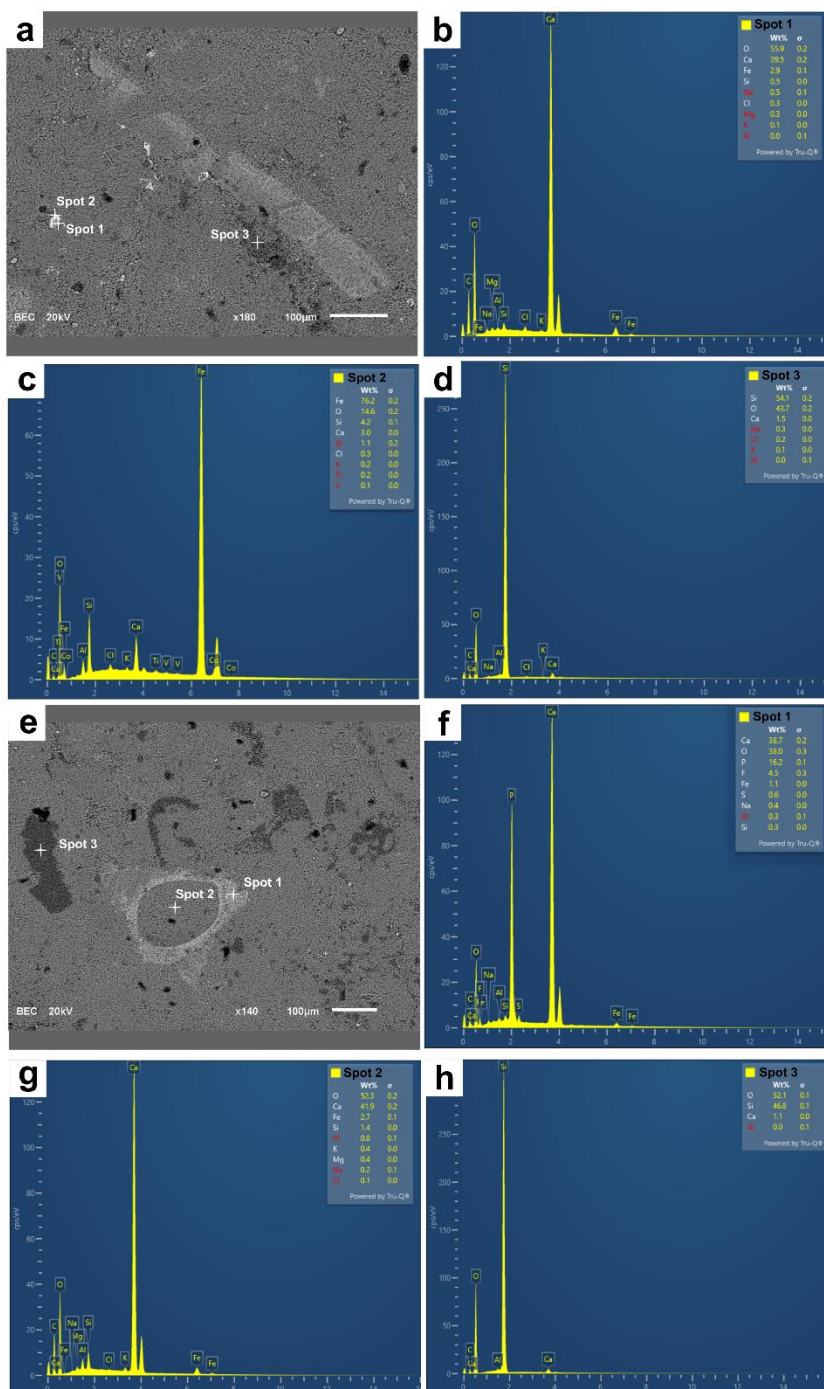
SEM-EDS analize su izvršene na odabranim uzorcima jedinica I i III, a rezultati su predstavljeni u Tabeli 2 (PRILOG 2). U faciji F5a koralnog boundstona (jedinica I, uzorak 101/10, stub B), analize su pokazale da su žice zapunjene siliciklastičnim materijalom i imaju gvožđeviti i kalcitski cement. Potvrđeno je prisustvo oksida gvožđa, titanijuma, zatim muskovita i drugih liskuna, rutila i minerala glina (Slika 6.1.a-d).



**Slika 6.1. a)** Slike u povratno raspršenom snopu (BSE) kalcitske žice facije F5a koralnog boundstona. Žica, pored kalcita sadri **b)** titanijum oksid, **c)** gvožđe oksid i **d)** liskune. **e)** BSE slika skeletnog fragmenta facije F16 (jedinica III). **f)** Skeletni fragment je od apatita, dok faciju odlikuju **g)** silicijski „pečevi“ i **h)** gvožđevita zrna.

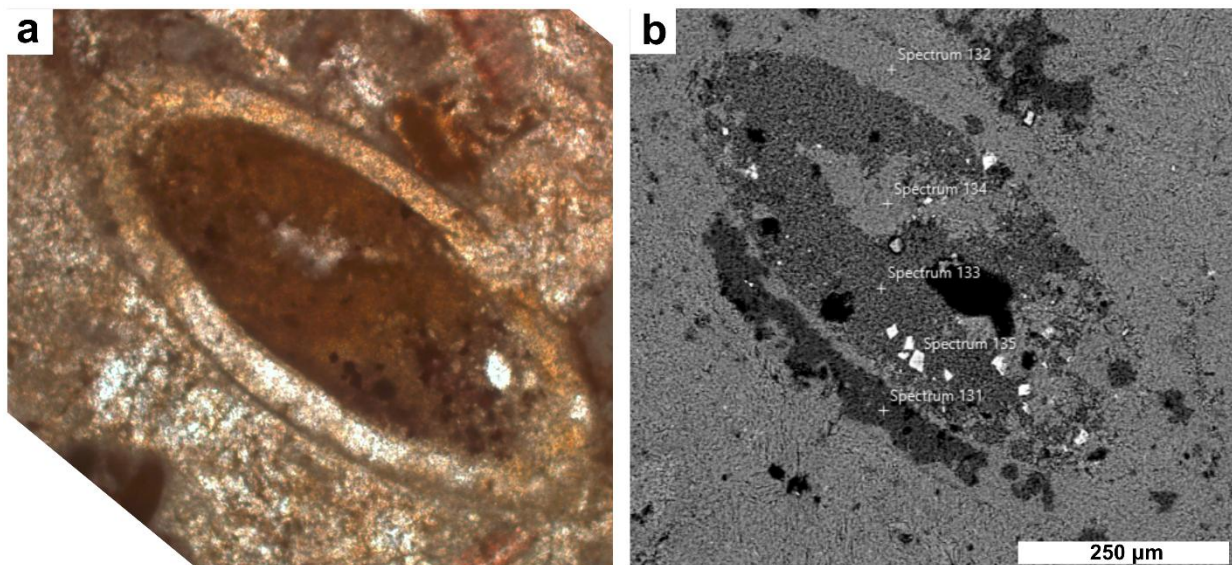
U facijama F16 i F17 analizirani su skeletni fragmenti kao i hemizam detritičnih zrna. Fragmentisane ljušturice *Carpathocancer* sp. pokazuju uniformnu distribuciju apatita, kalcita i hematita (Slika 6.1.e-h). Potvrđeno je prisustvo oksida gvožđa (hematita i magnetita), uglavnom

u formi dispergovanih zrna u matriksu, ali i u vidu tankog omotača pojedinih karbonatnih zrna (Slika 6.2.a-d). Nepravilni silifikovani delovi (~100 μm širine) su razvijeni na pojedinim skeletnim fragmentima i u matriksu (Slika 6.2.e-h). Takođe, identifikovana su zrna glaukonita, rutila, liskuna, plagioklasa i pirita.



**Slika 6.2. a)** “Backscattered electron” (BSE) slika facije F16 sa fragmentom *Carpathocancer* sp. i **b)** zrnima sa karbonatnim nukleusom (spot 1) i **c)** opnom gvoždevitih oksida (spot 2). **d)** Pojedini delovi skeletnog fragmenta su silifikovani. Silicijska materija, u vidu zamene, može se naći i u matriksu. **e)** BSE slika facije F16 sa **f)** fragmentom *Carpathocancer* sp. od apatita (spot 1) i **g)** sa zapunom kalcijum-karbonata (spot 2). **h)** Identifikovana silicija se nalazi oko skeletnog fragmenta i verovatno je nastala kao rezultat silifikacije različitih skeletnih zrna (spot 3).

Naročita zonalnost mineraloške i hemijske distribucije je prepoznata na ljušturicama *Carpathocancer* sp. (Slika 6.3.) koje su zastupljene u faciji F16. Karbonatne ljušturice su u pojedinim delovima silifikovane, a skeletna zapuna je delimično karbonatnog, a delimično silicijskog karaktera. Zapuna sadrži i različita detritična zrna oksida gvožđa.



Elementi (Wt%)	O	Na	Mg	Al	Si	P	Cl	K	Ca	Ti	V	Fe
Spectrum 131	49.26	1.6		0	43.55		1.45	0.15	3.77			0.22
Spectrum 132	53.91	0.25	0.21		0.17		0.11		44.9			0.45
Spectrum 133	39.4	0.93	2.77	4.76	36.64		0.8	1.38	1.63			11.69
Spectrum 134	51.85	0.3	0.48		0.42		0.12		46.12			0.71
Spectrum 135	27.43			1.7	4	0.15	0.64	0.15	1.35	0.14	0.15	64.29

**Slika 6.3. a)** Mikrofotografija ljušturice *Carpathocancer* sp. u faciji F16 i **b)** odgovarajuća BSE slika. U tabeli ispod predstavljeni su rezultati tačkastih SEM-EDS merenja.

### 6.3. Rock-Eval piroliza

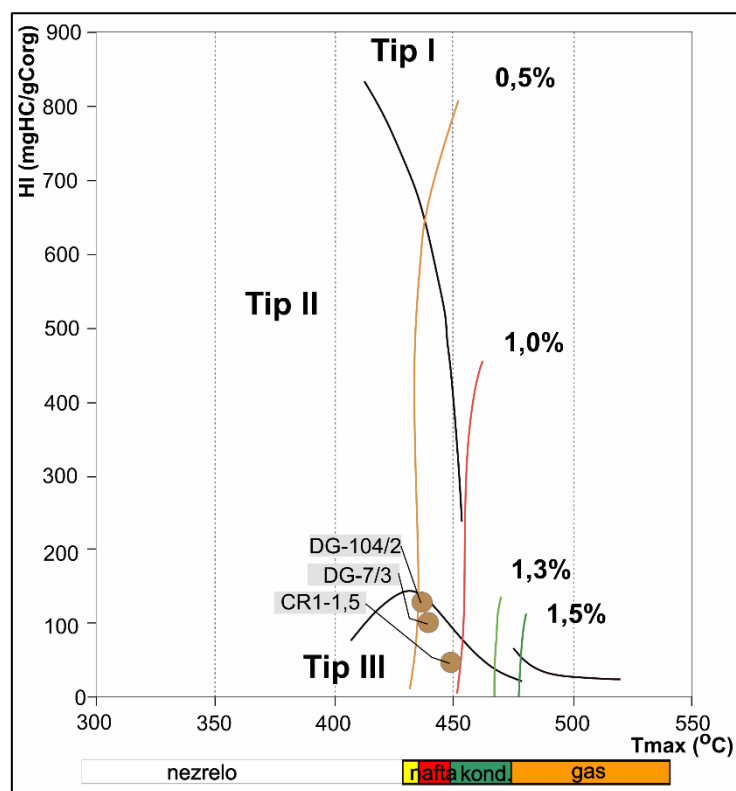
#### 6.3.1. Valendin–otriv?

Rock-Eval piroliza iz ovog stratigrafskog intervala obuhvatila je tri uzoraka iz dva stuba (D1 i D2). Uzorci imaju niske vrednosti slobodnih ugljovodonika (S1), u opsegu 0,01-0,03 mg/g, i količinu generisanih ugljovodonika (S2) u opsegu od 0,12-0,16 mg/g (Tabela 6.2.). Ukupan sadržaj organskog ugljenika (TOC) je od 0,12 do 0,34 mas %. Dobijene vrednosti nedvosmisleno ukazuju na prisustvo kerogena odnosno dispergovane organske supstance, ali niske vrednosti S2 i TOC ukazuju da je potencijal za generisanje ugljovodonika slab.

**Tabela 6.2.** Rezultati Rock-Eval pirolize i dobijeni parametri za uzorke valendinsko–otrivske? starosti.

Uzorak	Stub	Facija	S1 mg/ g	S2 mg/ g	S3 mg/ g	Tmax °C	TOC %	PC %	PC/ TOC	RC %	PI	HI	OI	MINC %
DG-7,3	D1	Ft3	0.03	0.12	0.19	440	0.12	0.02	0.17	0.10	0.17	100	158	7.54
DG-104/2	D1	Ft11	0.02	0.14	0.32	437	0.11	0.03	0.27	0.08	0.12	127	291	8.06
CR1-1,5	D2	Ft2	0.01	0.16	1.37	449	0.34	0.06	0.18	0.28	0.07	47	403	8.42

Dobijene vrednosti TOC-a, manje od 0,5 mas % (0,3 mas % za karbonate), ukazuju da analizirane stene nemaju značajan matični potencijal. Istovremeno, odnos vodoničnog indeksa (HI) i Tmax pokazuje da kerogen iz valendinsko–otrivske? stratigrafske sekcije pripada tipu III, odnosno ugljevitom tipu kerogena (Slika 6.4.).



Slika 6.4. Odnos vrednosti HI i Tmax za uzorke iz valendinsko–otrivskog? intervala.

### 6.3.2. Barem–apt

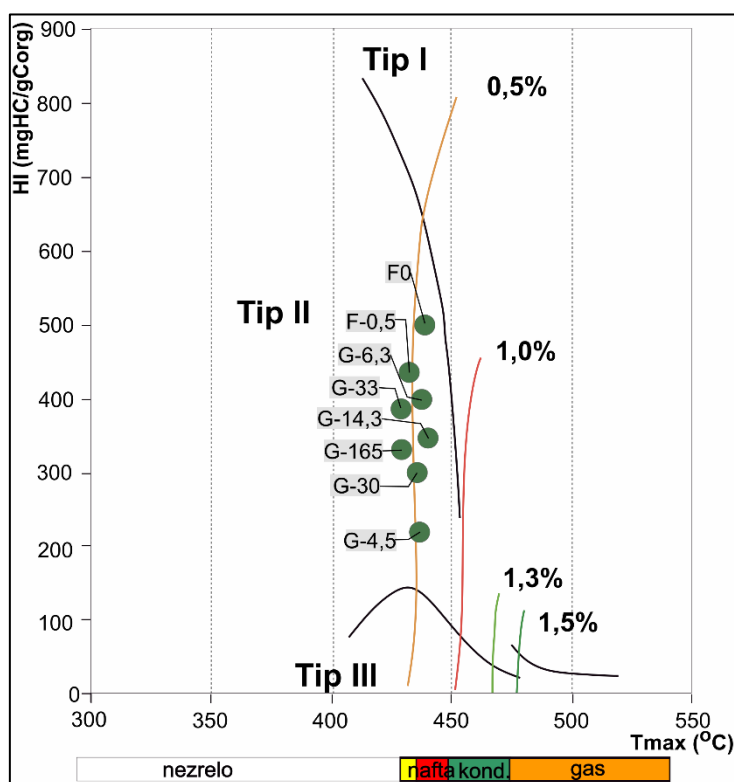
Rock-Eval piroliza je izvedena na sedamnaest uzoraka baremsko-apske stratigrafske sekcije (Tabela 6.3.), od kojih je za devet bilo moguće izvesti Tmax usled dovoljne količine generisanog ugljovodonika (S2). Vrednosti S1 su generalno vrlo niske (0,01–0,02 mg/g), sa izuzetkom jednog uzorka (0,78 mg/g), dok su vrednosti S2 u opsegu 0,03–0,97 mg/g. Tmax je moguće odrediti za osam uzoraka (430–443°C). Analiza sadržaja karbonata potvrdila je prisustvo kalcita u odabranim uzorcima (Tabela 3; PRILOG 3).

Tabela 6.3. Rezultati Rock-Eval pirolize i dobijeni parametri za uzorke barem–apske starosti.

Uzorak	Stub	Facija	S1 mg/g	S2 mg/g	S3 mg/g	Tmax °C	TOC %	PC %	PC/TOC	RC %	PI	HI	OI	MINC %
F-0	E1	Fs1a	4.64	9.03	1.23	443	1.42	1.21	0.85	0.21	0.34	636	87	8.76
F-0,5(vel)	E1	Fs1a	0.02	0.39	0.38	433	0.09	0.05	0.56	0.04	0.05	433	422	8.90
G-4,5	E1	Fs1a/ Fs2	0.01	0.13	0.16	437	0.06	0.02	0.33	0.04	0.08	217	267	9.42
G-6,3	E1	Fs1a	0.01	0.12	0.17	438	0.03	0.02	0.67	0.01	0.09	400	567	9.08
G-8	E1	Fs1b	0.01	0.05	0.08	/*	0.01	0.01	1.00	0.00	0.14	500	800	8.13
G-14_3	E1	Fs2	0.01	0.1	0.18	440	0.03	0.02	0.67	0.01	0.09	344	653	9.33
G-23	E1	Fs4a	0.02	0.05	0.14	/*	0.02	0.01	0.50	0.01	0.33	275	771	8.77
G-30	E1	Fs1a	0.02	0.09	0.21	436	0.03	0.02	0.67	0.01	0.16	300	700	9.03
G-33	E1	Fs1a	0.01	0.18	0.23	430	0.05	0.03	0.60	0.02	0.07	385	479	8.89
G-57_5	E2	Fs1b	0.02	0.09	0.26	/*	0.07	0.02	0.29	0.05	0.15	129	391	9.91
G-78	E2	Fs2	0.01	0.03	0.15	/*	0.01	0.01	1.00	0.00	0.18	264	1184	9.01
G-96_5	E2	Fs4b	0.01	0.04	0.45	/*	0.03	0.02	0.67	0.01	0.27	149	1759	9.44
G-98	E2	Fs4a	0.01	0.04	0.15	/*	0.02	0.01	0.50	0.01	0.14	223	892	9.52
G-111_5	E2	Fs1a	0.01	0.03	0.09	/*	0.01	0.01	1.00	0	0.17	260	934	8.86
G-113_5	E2	Fs6	0.01	0.05	0.11	/*	0.01	0.01	1.00	0	0.10	442	901	9.36

Uzorak	Stub	Facija	S1 mg/ g	S2 mg/ g	S3 mg/ g	Tmax °C	TOC %	PC %	PC/ TOC	RC %	PI	HI	OI	MINC %
G-124_1	E2	Fs6	0.01	0.05	0.12	/*	0.02	0.01	0.50	0.01	0.20	326	739	8.72
G-150_8	E2	Fs6	0.01	0.04	0.10	/*	0.01	0.01	1.00	0.01	0.18	313	756	9.28
G-165	E2	Fs7a	0.02	0.25	0.32	430	0.08	0.04	0.50	0.04	0.08	327	422	8.61

Izmerene vrednosti TOC-a (0,01–0,09 mas %) i dalje ukazuju na niske sadržaje organske materije, osim u uzorku F-0, na kome su merenja ponovljena nekoliko puta uz primenu organsko-geohemijske karakterizacije. Osam izabranih uzoraka, za koje su određene vrednosti Tmax i dobijeni vodonični indeksi (HI) u funkciji S2 i TOC, prikazani su na dijagramu (Slika 6.5.). Analiza ovih parametara ukazuje da je kerogen tip II, odnosno ugljevito-sapropelini tip, prisutan u barem–aptskoj stratigrafskoj sekciji.



Slika 6.5. Odnos vrednosti HI i Tmax za uzorke iz barem–aptskog intervala.

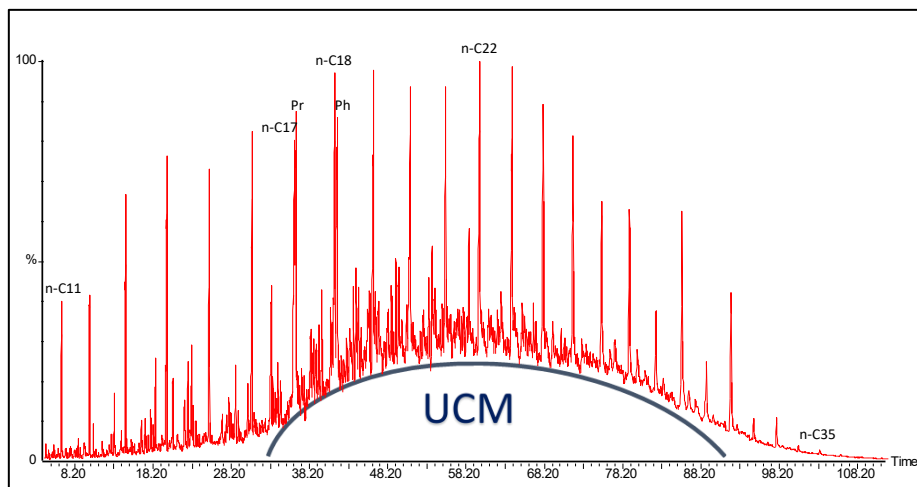
#### 6.4. Organsko-hemijske analize

Na osnovu rezultata Rock-Eval pirolize izabran je uzorak F-0 (stub E1) kako bi se na njemu izvršile dalje organsko-hemijske analize. Frakcionacijom, kao i GC/FID i GC/MS analizom, identifikovane su mase specifičnih jedinjenja (biomarkera) (Tabela 4; PRILOG 3).

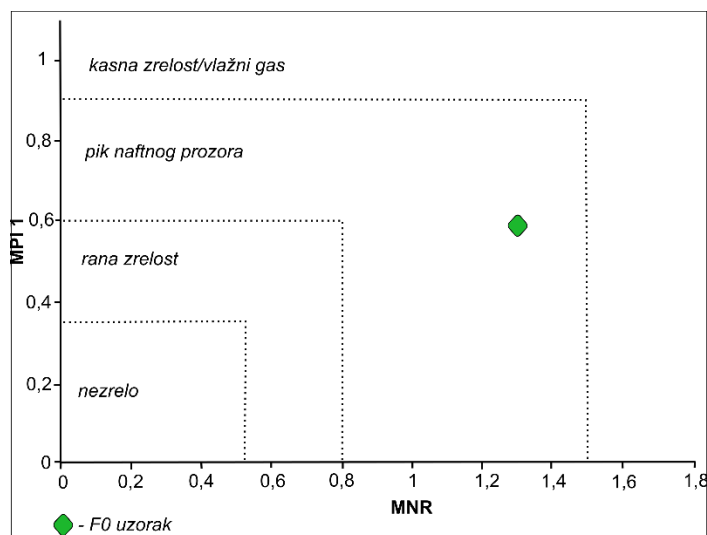
GC/MS metodom je dobijen TIC hromatogram zasićene (aromatične) frakcije (Slika 6.6.). Raspodela i odnosi n-alkana i odgovarajućih izoprenoida su prikazana u dijagramu na slici 3 (PRILOG 3).

Vrednosti biomarkera, na osnovu kojih se određuju depozicione sredine (sterani/hopani, raspodela sterana, O/H30, TT25/26, Pr/Ph), prikazane su na Slikama 1–2 (PRILOG 3), zajedno sa dijagramom paleosaliniteta (Slika 4, PRILOG 3). Dijagram zavisnosti naftalenskog (MNR) i fenantrenskog (MPI 1) odnosa prikazan je na Slici 6.8. Procenjena refleksija vitritina (Rc) iznosi 0,62–0,86 %, u zavisnosti od primenjenog parametra.

Na osnovu parametara aromatske i zasićene frakcije stepen termičke maturacije matične stene (uzorak F0; stub E2) odgovara drugoj polovini naftnog prozora. Dijagram zavisnosti naftalenskog (MNR) i fenantrenskog (MPI 1) odnosa je prikazan na slici 6.7.



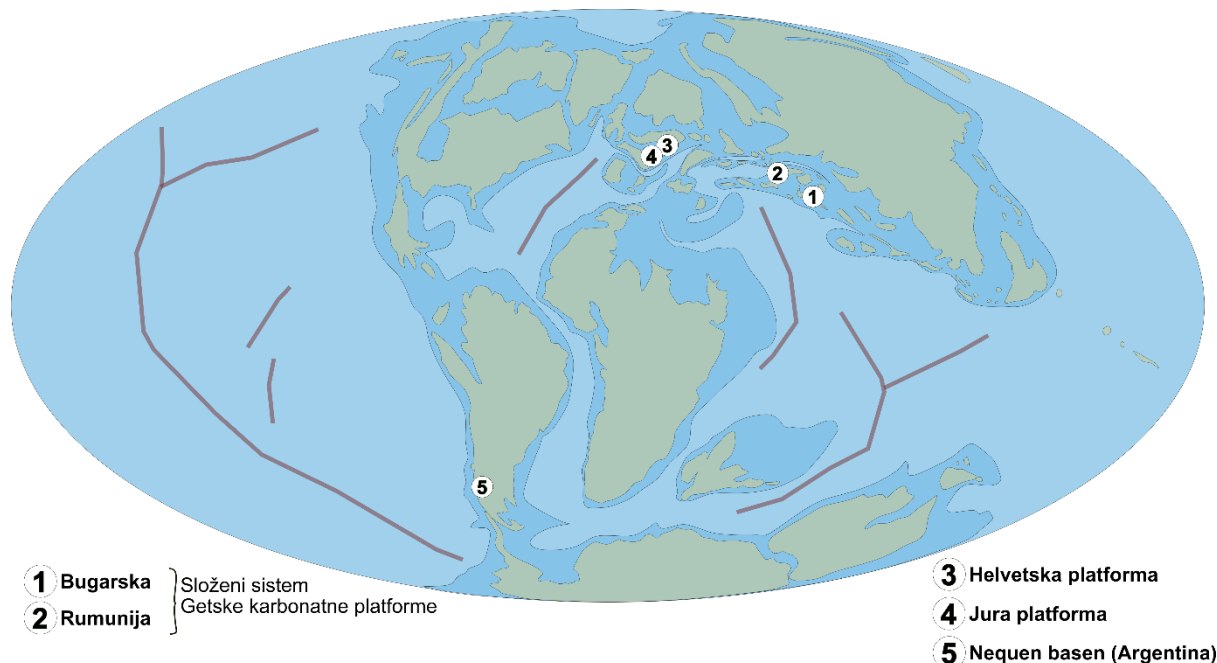
Slika 6.6. TIC hromatogram zasićene frakcije uzorka ekstrakta F-0.



Slika 6.7. Dijagram stepena maturacije izvorne matične stene (MNR vs. MPI 1).

## 7. Diskusija - evolucija i kontrolni faktori karbonatne depozicije tokom najstarije krede

Razvoj južnog dela Getske karbonatne platforme analiziran je kroz tri stratigrafske celine. Osim kontrolnih faktora koji su definisali depozicione uslove vršeno je upoređivanje sa drugim poznatim oblastima (drugi delovi GKP, Helvetska i Jura platforma) (Slika 7.1.).



Slika 7.1. Pozicija donjokrednih karbonatnih platformi sa kojima je vršeno poređenje. Na karti je predstavljen generalizovani, rekonstruisani položaj kopna i mora tokom rane krede (modifikovano prema Carpenter & Ishida, 2010).

### 7.1. Berijas–valendin – jedinice I-III

#### 7.1.1. Depozicione sredine

Na osnovu facijalnih karakteristika i stratigrafske organizacije izdvojene su tri jedinice koje odražavaju faze razvoja južnog dela GKP tokom berijas–valendina: 1) faza plitkovodne, dominantno subtajdalne sedimentacije otvorenog mora (jedinica I); 2) faza brzog oplićavanja sa izraženom subaerskom erozijom u pojedinim delovima platforme (stubovi B i C), depozicijom subtajdalnih restriktivnih (stub B) do intertajdalnih-supratajdalnih facija u drugim delovima (stubovi A i C) (jedinica II); 3) i faza potapanja karbonatne platforme markirane dubokovodnim facijama bogatih silicijskim ježevima i krinoidima, koju sledi obnova subtajdalne depozicije (jedinica III) (Stefanović et al., 2022; 2025a).

#### Jedinica I

Dominatna facija jedinice I F1, bogata rudistima, mikroproblematikumima *Bacinella*-om i *Lithocodium*-om, koralima, stromatoporoidima i drugim sunderima, indikativna je za subtajdal otvorenog mora (Slika 7.2.). Depozicija se odvijala u uslovima niske energije vode, ispod „fair-weather“<sup>6</sup> baze talasa, na šta ukazuju zastupljeni mikritski matriks, mikritizovana zrna i peloidi (Flügel, 2010; Kaya & Altiner, 2015; Schlagintweit & Krajowski, 2015; Falces-Delgado et al., 2022). Takođe, onkodi tipa 3 i 4 zastupljeni u F1 faciji, inicijalno opisani u gornjojurskim facijama karbonate rampe (Védrine et al., 2007), generalno ukazuju na nisku do srednju energiju vode subtajdalnih laguna (Sequero et al., 2020).

<sup>6</sup> Fair-weather base, eng. – donja granica zone umerenih vremenskih uslova (lepog, sunčanog vremena).

Različiti autori (Schlagintweit & Bover-Arnal, 2013; Kaya & Altiner, 2015; Granier, 2021) su predložili da *Bacinella* ne bi trebalo da bude klasifikovana kao fosilni ostatak već biosedimentna struktura – „*Bacinella* struktura“. Međutim, cilj ove studije nije doprinos debati o poreklu i afinitetu *Bacinella*-e i *Lithocodium*-a, i u skladu sa tim koristiće se opšte prihvaćena interpretacija – mikroproblematike nepoznatog taksonomskog statusa u oba slučaja. *Bacinella* i *Lithocodium* su karakteristični za vode sa visokim sadržajem kiseonika (Banner et al., 1990; Leinfelder et al., 1993a), u sredinama kao što su lagune i sprudovi gde formiraju opne (Conrad & Clavel, 2008), ponašajući se kao inkrustatori (Dupraz & Strasser, 1999) ili formirajući onkoide (Dahanayake, 1977; Védrine et al., 2007; Bádenas & Aurell, 2010; Sequero et al., 2020). Ovi inkrustatori imaju izražene biokorozivne sposobnosti (Granier, 2021) naročito nad koralima (Bertling & Insalaco, 1998), rudistima i bentoskim foraminiferama kao što je slučaj u F1 pekston/rudston faciji. Rudisti su najverovatnije pripadali familijama Requieniidae i/ili Monopleuridae (P.W. Skelton usmena komunikacija) čiji su predstavnici dominantno zauzimali čvrste podloge tokom rane krede (Ross & Skelton, 1993).

Karakteristični graditelji sprudova tokom rane krede bili su koralni, stromatoporoidi, kao i drugi krečnjački i silicijski ježevi (Leinfelder et al., 1996), koji su formirali pač sprudove („patch reefs“<sup>7</sup>) čvrstog skeleta i bili okruženi rudistima (Höfling & Scott, 2002; Morales et al., 2013; Falces-Delgado et al., 2022), kao što je slučaj u boundston facijama F5a i F5b. Velika zastupljenost stromatoporoida mogla bi biti posledica oligotrofnih uslova i niskog prinosa siliciklastičnog materijala, dokumentovanog i u karbonatnim rampama gornjojurske starosti (Leinfelder et al., 2005; Ricci et al., 2018; Nembrini et al., 2021). Facije F2 peloidnog pekston/grainston sa obavijenim zrnima i krinoidima i F3 peloidni-krinoidnog pekstona su interpretirane kao sedimentni materijal koji se nalazi između pač sprudova decimetarskih do metarskih dimenzija (npr. Nembrini et al., 2021, u gornjojurskim sprudovima karakteristični su za srednji deo karbonatne rampe), dok je facija F4 vekston/floutston taložena u normalnim uslovima subtajdala.

Nepravilne žice zapunjene crvenim terigenim materijalom, bogatim oksidima gvožđa (F5a) i žice zapunjene peloidnim mikritom (F5b) su otkrivene na približno istom stratigrafskom nivou u stubovima A i B. Ove žice su interpretirane kao rezultat rastvaranja usled meteorske dijageneze. Mineraloški sastav i teksturne karakteristike zapune ovih žica su kompatibilne sa terigenim materijalom iz viših stratigrafskih nivoa nastalih subaerskom erozijom i meteorskom dijagenezom (npr. Gonzalez-Donoso et al., 1983; Desrochers & James, 1988), na kontaktu jedinica I i II.

## *Jedinica II*

Jedinica II počinje litoklastičnim brečama koje su interpretirane kao kolapsne breče („collapse breccia“) nastale usled karstne disolucije (F7a-b). Ove breče su asocirane sa (stub A) plitkovodnim subtajdalnim (F8, F11a-b, F13) i intertajdal-supratajdalnim (F9, F10, F12) facijama sa brojnim šupljinama nastalim disolucijom i nepravilnim žicama zapunjenih sedimentom, ili se mogu nalaziti u njihovoj podini (stubovi B i C). Dodatno, povezane su i sa rano dijagenetskim dolomitom (dolomitični nivo stuba C). Prelazak facija iz subtajdalnih otvorenog mora, nastalih ispod baze talasa, u plitkovodne facije subtajdala do supratajdala praćenih subaerskom erozijom karakteriše oštar prelaz iz jedinice I u jedinicu II. Sedimentološki dokazi peritajdalnih i subaerskih uslova prepoznati su u sva tri stuba, omogućavajući time korelaciju lateralno udaljenih depozicionih sredina (npr. Minero, 1988; Hillgärtner, 1998).

Slabo sortirani, uglasti, fragmenti F8 peloidnog vekston/floutstona sa briozoama koji izgrađuju F7a breču ukazuju na kratak transport ili da transporta nije bilo. F7a breču odlikuju i

---

<sup>7</sup> *Patch reef*, eng. - pač sprud, u skladu sa terminološkim rečnikom Mitrović-Petrović (2004).

žice zapunjene mikritom i crvenim alevritskim materijalom koji je rezultat meteorske disolucije. Ovaj prostor je zapunjavao prvobitno u vadoznoj sredini, a zatim je zapunjen mozaičnim sparitom nastalim u fazama meteorske friatične i potpovršinske dijageneze. Vrednosti stabilnih izotopa merenih u mozaičnom sparitu dodatno potvrđuju da se njegovo formiranje odigralo tokom meteorske i potpovršinske dijageneze. Facija F8 je najverovatnije taložena u sva tri stuba ali je delimično ili potpuno erodovana u stubovima B i C. Erodovane subtajdalne facije, akumulacija breča sa malo ili bez transporta fragmenata i disolucione žice ispunjene oksidima gvožđa saglasne su sa formiranjem normalnih raseda, izdizanjem podinskih blokova i subaerske erozije jednog dela prostora (Slika 7.2.). U stubu B su identifikovana dva stratigrafska nivoa F7a breča između kojih se nalaze subtajdalne facije (F13, F2) debljine oko 20 m, koja ukazuju na dve ponovljene epizode subaerske izloženosti.

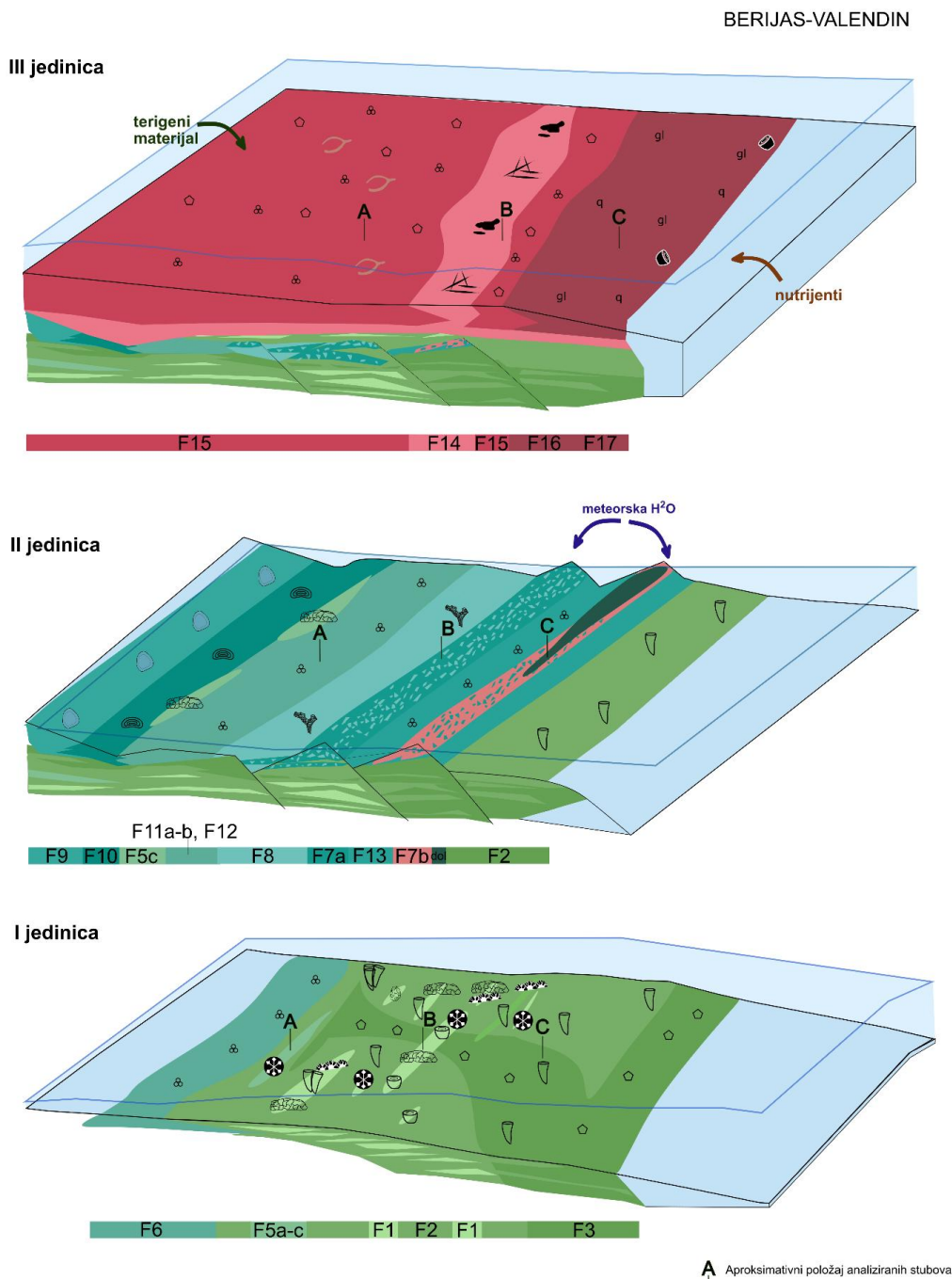
Facije (F9 i F10) sa fenestrama, pisoidima, intenzivnom mikritizacijom i lokalno meniskusnim tipom cementa su deponovane u intertajdalnim do supratajdalnim sredinama (npr. Grover & Read, 1978; Esteban & Pray, 1983; Azeredo et al., 2015). Intertajdalne do supratajdalne sredine su sklone meteorskoj vadoznoj i plitkoj friatičnoj dijagenezi, koje odlikuje proces mikritizacije (Wright, 1994, 2007). Peryt (1983) je definisao pisoidne kao obavijena zrna nastali u vadoznoj sredini, dok je Esteban (1976) zabeležio da su „vadozni-pisoliti“ u bliskoj vezi sa facijama bogatim zrnima i fenestrama. Ipak, u faciji F9 dominantno su zastupljeni pisoidi bogati mikritom sa nejasno ili slabo definisanim jezgrom. Ova obavijena zrna definisana u F9 i F10 faciji su najverovatnije rezultat mikritizacije biogenih onkoida, kao što su predložili Esteban & Pray (1983) za oblast permskog „Capitan Reef“.

Gornji deo jedinice II predstavljen je morskim subtajdalnim facijama (F1, F2, F5a, F11a-b) i intertajdalno-supratajdalnim nivoom samo u stubu A (facija F13), koje ukazuju na ponovno obnavljanje akomodacionog prostora. Prisustvo silicijskih ježeva u faciji F5c ukazuje na povećani prinos nutrijenata (Leinfelder et al., 1993b). Slično, obilje bentoskih foraminifera u mikritskom matriksu i visok stepen mikritizacije karakteristične za facije F11a i F11b, rezultat je depozicije u nisko-energetskim, subtajdalnim, zaštićenim lagunama, što je prepoznato i u drugim delovima GKP (Sāsāran et al., 2017; Mircescu et al., 2019; Pleš et al., 2019) (Slika 7.2.). Obilje i raznolikost fosilne asocijacije bentoskih foraminifera u skladu je sa uslovima voda bogatih kiseonikom, što potvrđuje prisustvo *Bacinella*-e. Retke šupljine zapunjene mozaičnim sparitom i biokalupi su nastali tokom rane dijagenetske disolucije i zamenom kalcita i aragonita u ljušturama školjki (James & Choquette, 1984; Tucker & Wright, 1990). Facija F12, stratigrafski iznad facija F11a-b, nastala je u uslovima intertajdala-supratajdala ili u uslovima zaštićene lagune, što je dokumentovano kroz prisustvo *Bacinella*-dominantnih onkoida tipa 4, asociраних са fenestrama, superficijalnih ooida tip 1 i nepravilnih ooida tipa 2 (Grover & Read, 1978; Longman, 1980; Strasser, 1986; Immenhauser et al., 2005). Retki meniskusni cement u facijama F11a-b i F12 potvrđuje vadozne uslove sedimentacije.

### *Jedinica III*

Drastična promena u sedimentacionim uslovima počinje sa depozicijom facije F14 spikulatnog pekstona sa rožnacima, nekoliko m debljine, u bazi jedinice III. Demosunderi, uključujući i lithistide, predstavljali su izvor silicijskih spikula i silicije biogenog porekla neophodnog za formiranje rožnaca u faciji F14 (Hesse, 1988, 1989; Henrich et al., 1992; Jach, 2002; Delecat et al., 2011; Ritterbush, 2019). Sačuvana tela silicijskih sunđerica i silicijske spikule ne ukazuju na transport talasima ili morskim strujama (Lackschewitz et al., 1991; Jach, 2002). U skladu sa tim, facija F14 je nastala *in-situ* u sredinama izuzetno bogatim silicijskim sunđerima, kao što su Delecat et al. (2011) i Ritterbush (2019) prepoznali u drugim karbonatnim sistemima. U morskoj sredini iznenadna koncentracija silicijskih sunđerica može biti inicirana brzim produbljavanjem, promenom energije vode, prinosa nutrijenata, prinosa terigenog materijala i smanjenjem prozirnosti vode (Ritterbush, 2019). Stoga, oštri prelazak u faciju F14,

u donjim delovima jedinice III, iz facija indikativnih za plitki subtajdal, intertajdal-supratajdal i facija izloženih subaerskoj eroziji, predstavlja ubedljiv dokaz transgresije i „upwelling“<sup>8</sup>-a voda bogatih nutrientima koji su uticali na proučavani deo GKP (Slika 7.2.). Nagli porast nutrijenata predstavlja jedan od načina onemogućavanja karbonatnog sistema da prati aktivno povećanje akomodacionog prostora, što dalje dovodi do potapanja karbonatne platforme (Schlager, 1981, 1989).



**Slika 7.2.** Evolucija južnog dela GKP tokom berijas–donjeg valendina. Oznake i boje facija odgovaraju onim predstavljenim na slici 5.2.

Na istražnom prostoru nepovoljni uslovi za plitkovodnu sedimentaciju u domenu fotične zone, koja je pogodna za potapanje karbonate platforme, su verovatno pojačani povećanim prinosom terigenog materijala, na šta ukazuju detritična zrna kvarca otkrivena u faciji F15 i F16.

<sup>8</sup> *Upwelling*, eng. - izdizanje vode iz dubljih delova basena.

Ujedno, alteracija facija F14 i F15 u stubu C, ukazuje na promene prinosa terigenog materijala i energije depozicione sredine, verovatno inicirane morskim strujama.

Na osnovu navedenog, facije F14, F15 i F16 jedinice III su nastale kao posledica brzog rasta nivoa morske vode, povećavajući akomodacioni prostor i stvarajući dublje sedimentacione disfotične do afotične prostore. Proces je praćen i izdizanjem vode iz dubljih delova basena bogatih nutrientima, kao i prinosom siliciklastičnog materijala stvarajući uslove za dominaciju organizama suspenzora kao što su krinoidi, briozoe i školjke, naročito u faciji F16. Dominacija ovih fotoheterotrofnih organizama ukazuje na mezotrofne uslove (Föllmi et al., 1994), ali i na promenu karbonatne fabrike iz fotozoanske, karakteristične za jedinice I i II, u heterozoansku karbonatnu asocijaciju u jedinici III. Povećanje koncentracije detritičnih zrna kvarca i glaukonita u facijama F15 i F16 potvrđuje nizak stepen karbonatne sedimentacije kao posledice povećanog prinosa nutrijenata i nepovoljnih uslova za fototrofne bioproizvođače karbonata (Hallock & Schlager, 1986; Föllmi et al., 1994, 2007).

Poreklo crvene boje u faciji F16 krinoidnog pekstona je posledica koncentracije oksida gvožđa, kao što je potvrđeno mineraloškim analizama (SEM-EDS). Hu et al. (2012) su predložili tri moguća porekla crvene boje u subtajdalnim morskim sredinama: 1) prinos detritičnog, oksidisanog gvožđa kontinentalnog porekla, kao posledica kontinentalne erozije (Lajoie & Chagnon, 1973); 2) aktivnost bakterija koje vrše oksidaciju gvožđa tokom sinsedimentacionog perioda (Boulvain et al., 2001; Gillan & Ridder, 1997; Prétat et al., 1999; Della Porta et al., 2003b; Kenter et al., 2005; Mamet & Prétat, 2006); i 3) oksidacija gvožđa u sredinama bogatim kiseonikom (Arthur & Fischer, 1977). U proučavanim uzorcima, brojne mikrostrukture zapunjene crvenim do tamno-braon materijalom, bogatim oksidima gvožđa, ukazuju na biogeno poreklo i uticaj mikroba: endolitične, tabularne, nepravilne biomikrošupljine zapunjene oksidima gvožđa; zapuna intraskeletnog prostora briozoa i foraminifera; mikro-agregati i opne skeletnih zrna; impregnacija gvožđe-oksida na fragmentima ljušturica rakova i mikro-žice koje nose gvožđeviti materijal. Slične bioteksture su široko prepoznate u dubokovodnim crvenim facijama, bogatim krinoidima, debljine nekoliko desetina m u različitim paleozojskim i mezozojskim karbonatnim sedimentima, a koje su interpretirane kao posledica oksidacije gvožđa usled bakterijske aktivnosti (Boulvain et al., 2001; Della Porta et al., 2003b; Mamet & Prétat, 2006). Celestino et al. (2017) su opisali slojeve bogate krinoidima, crvene boje (gornja jura – donja kreda, Rayda formacija, Oman) koji leže preko sedimenata karbonatne platforme koja je bila izložena ekstenzionoj tektonici, blokovskom rasedanju i tonjenju (Jenkyns, 1991). Ovi crveni slojevi, bogati krinoidima, su predstavljeni kao rezultat povremenih oluja koje utiču na široko rasprostranjene podvodne krinoidne livade, a koje se vezuju za mezotrofske uslove.

Facija F17, prepoznata samo u stubu C, sadrži zaobljene fragmente krinoidalnog pekstona sa briozoama, suturirane kontakte zrna koji se nalaze u matriksu peloidnog pekstona sa zrnima glaukonita, a koji ukazuje na niske stope sedimentacije (Amorosi et al., 2012; Obasi et al., 2011).

### 7.1.2. Biostratigrafija

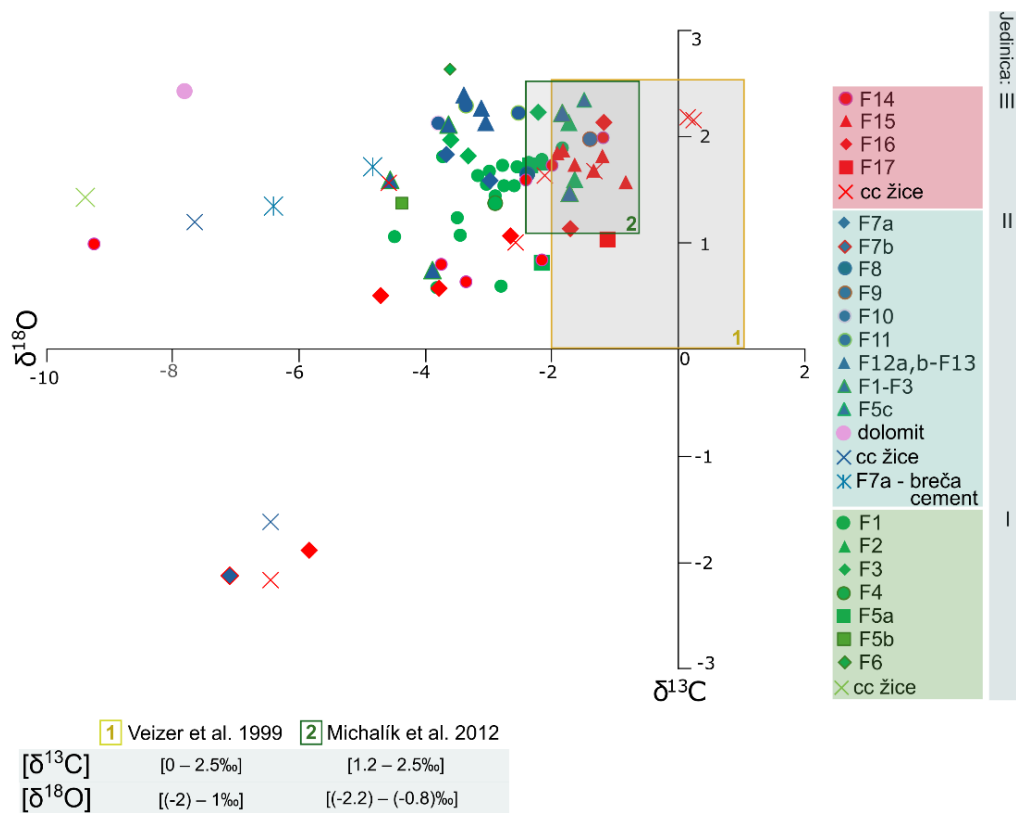
Fosilna asocijacija bentoskih foraminifera jedinice II (Slika 5.11.) ukazuje na gornjoberijasku–donjovalendinsku starost (Bucur & Schlagintweit, 2018; Mircescu et al., 2014, 2019). *Montsalevia salevensis* i *Danubiella gracillima* imaju stratigrafski raspon od berijasa do donjeg valendina (Bucur et al., 1995; Ivanova et al., 2000), dok je *Moulladella jourdanensis* često identifikovana u gornjoberijaskim–donjovalendinskim karbonatima srpskog (Bucur et al., 1995, 2020) i rumunskog dela GKP (Ungureanu et al., 2015; Grădinaru et al., 2016; Mircescu et al., 2019). Jedinicu III odlikuju retke pojave *Meandrospira favrei*, koja je karakteristična za stratigrafske nivoe valendinske starosti (Ivanova et al., 2008). Donjovalendinska starost jedinice III je potvrđena istovremenom pojavom krečnjačkog nanoplanktona *Calcicalathina oblongata* koji ima stratigrafski raspon donji valendin–donji barem (Bown et al., 1998). Na osnovu

identifikovanih bentoskih foraminifera proučavane tvorevine su berijasko–donjovalendinske starosti.

### 7.1.3. Geohemijska analiza – stabilni izotopi ugljenika i kiseonika

Analiza stabilnih izotopa ugljenika i kiseonika pruža dodatne informacije o evoluciji karbonatne platforme. Dobijeni rezultati su analizirani u odnosu na očekivane vrednosti  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{18}\text{O}$  definisane za morske karbonate donje krede (Veizer et al., 1999) i u odnosu na vrednosti merenih za ceo uzorak u valendinskim pelaškim karbonatima Zapadnih Karpata (Slovačka) (Michalík et al., 2012) (Slika 7.3.). Vrednosti dobijene u ovoj studiji samo delimično odgovaraju polju vrednosti morskih karbonata za period rane krede (Weissert et al., 1998; Veizer et al., 1999; Weissert & Erba, 2004; Michalík et al., 2012).

Vrednosti stabilnih izotopa dobijene u facijama zastupljenim u stubu A se najvećim delom uklapaju u polje vrednosti morskih karbonata, ukazujući na najmanji uticaj meteorske i potpovršinske dijageneze. Facija F2 u jedinicama I i II, facija F9 u jedinici II i facija F15 u jedinici III uklapaju se u vrednosti definisane od strane Veizer et al. (1999) i Michalík et al. (2012). Izmerene vrednosti  $\delta^{18}\text{O}$  uglavnom ukazuju na uticaj potpovršinske dijageneze, što je dodatno potvrđeno niskim negativnim vrednostima kiseonika u uzorcima kalcitskih žica. Formiranje cementa tokom potpovršinske dijageneze u F7a brečama potkrepljuju teksturne karakteristike, kao i geopetalna zapuna prostora između fragmenata breče, koje su najverovatnije bile otvorene sve dok ih cement potpovršinskog porekla nije zapunio. U gornjem delu stubova zastupljena je heterozojska fosilna asocijacija, u kojoj su merene niske negativne vrednosti stabilnih izotopa. Ova zavisnot potvrđuje trend predložen od strane Föllmi et al. (2006) na primeru Helvetske oblasti, gde postoji blagi pad vrednosti stabilnih izotopa na prelazu iz fotozoanske u heterozoansku karbonatnu asocijaciju.



Slika 7.3. Grafik distribucije vrednosti stabilnih izotopa po facijama u sve tri jedinice (I-III). Uokvirene vrednosti predstavljaju polja stabilnih izotopa  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{18}\text{O}$  generalno za period krede (1 – Veizer et al., 1999) i vrednosti izmerene u donjovalendinskim pelaškim sedimentima Zapadnih Karpata (2 – Michalík et al., 2012). Prilagođeno prema Stefanović et al. (2025a).

Uticaj meteorske dijageneze usled subaerske izloženosti je prepoznat u teksturnim karakteristikama F7b breče, a potvrđen je niskim negativnim vrednostima  $\delta^{18}\text{O}$  i  $\delta^{13}\text{C}$  koje su karakteristične za uticaj slatke vode u uslovima visoke interakcije stena-fluid (npr. Allan & Matthews, 1982; James & Choquette, 1984; Lohmann, 1988; Morales et al., 2013).

Analizirane karbonatne tvorevine okoline Dimitrovgrada stratigrafski neposredno prethode valendinskoj pozitivnoj ekskurziji poznatoj kao "Weissert" događaj (Erba et al., 2004). Stoga su hemostratigrafske korelacije sa sinhronim tvorevinama u oblasti Tetisa otežane.

#### 7.1.4. Korelacija sa sinhronim sistemima

Proučavane donjokredne tvorevine okoline Dimitrovgrada pokazuju visok stepen sličnosti sa drugim delovima GKP, kao što je oblast Dragomana (Ivanova et al., 2008; Ivanova & Chatalov, 2022) i Južnih Karpata (Lazăr et al., 2013; Grădinaru et al., 2016; Pleş et al., 2019). Ujedno, rezultati ove studije ukazuju na sličnu evoluciju, fosilnu asocijaciju i tipove karbonatne produkcije kao istovremene platforme razvijene na prostoru severne pasivne margine Tetisa: Jura platforma (Föllmi & Godet, 2013; Morales et al., 2016), Vokontijski basen (Morales et al., 2013), Helvetska platforma (Föllmi et al., 1994; Morales et al., 2016) i u oblasti Peri-Tetisa: Cirkum-Rodopska platforma (Chatalov et al., 2015).

##### *Getska karbonatna platforma (Bugarska)*

Jedinice I i II, izdvojene u analiziranoj stratigrafskoj sekciji, odgovaraju plitkovodnim karbonatima formacije Slivnice, dok jedinica III odgovara karbonatno-terigenim tvorevinama formacije Salaş. Karbonati Slivnice su nastali u uslovima fotozoanske karbonatne produkcije i sadrže koralno-mikrobialne i diceratid-*Bacinella* boundstone. Međutim veliki sprudni kompleksi nedostaju (Ivanova et al., 2008; Roniewicz, 2008), kao što je slučaj i na prostoru Dimitrovgrada gde su razvijeni pač sprudovi. Stratigrafski nivoi prepoznati kao karstne breče i nivoi sa dokazima subaerske izloženosti u jedinici II su takođe identifikovani u bugarskom delu GKP (Ivanova & Chatalov, 2022). Dodatno, Ivanova & Chatalov (2022) definišu bazu Salaş formacije prelaskom u heterozoansku produkciju, kao što je slučaj u okolini Dimitrovgrada (jedinica III) uz izuzetak slabije definisanih slojeva sa rožnacima u bugarskom delu platforme.

##### *Getska karbonatna platforma (Rumunija)*

Na prostoru Rumunije sprovedena su brojna istraživanja fokusirana na gornjojursko-donjokredne depozicione uslove GKP. Različite sredine stvaranja se smenjuju od zapada ka istoku, počevši od Resita-Moldova Nova zone koja odgovara dubokovodnim basenskim karbonatima (Bucur, 1997; Pleş et al., 2019). Slični mikritski i laporoviti krečnjaci, i krečnjaci sa rožnacima otkriveni su u srpskom delu GKP u okolini Dunava (Bubík et al., 2024). U okviru Pui-Băniţa, Buila-Vânturariţa i Piatra Craiului-Dâmbovicioara zona, sa pravcem pružanja od zapada ka istoku, izdvojeni su berijasko-valendinski unutarplatformni peritajdalni karbonati (Mircescu et al., 2014; Săsăran et al., 2017; Pleş et al., 2019). Na krajnjem istoku, u okviru Bucegi planina, izdvojeni su resedimentovani karbonati deponovani u bazi platformne padine (Dragastan, 2010).

Visok stepen sličnosti između proučavanih tvorevina i onih otkrivenih u rumunskom delu GKP se ogleda u peritajdalnom razviću karbonatnih facija i široko prepoznatoj subaerskoj izloženosti (jedinica II), praćenih potapanjem karbonatne platforme (jedinica III), naročito u najistočnijem delu GKP – Piatra Craiului-Dâmbovicioara zoni (Barbu & Melinte-Dobrinescu, 2008; Grădinaru et al., 2016). Ipak, bitna razlika se ogleda u razviću dominantnih sprudnih tvorevina (jedinica I): 1) „Plassen-Štamberg“ sprudovi definisani kao hibridne tvorevine od mikroinkraster-mikrobiolitičnih-krečnjačkih sunđera sa cementom (Pleş et al., 2024), dominantno zastupljenih u Rumuniji, i 2) sinhroni koral-sunđer-mikroinkraster pač sprudovi (Pleş et al., 2024), decimetarsko-metarskih dimenzija, prepoznatih u okolini Dimitrovgrada.

Sinsedimentacione litifikovane površi i prateći događaj potapanja karbonatne platforme su najbolje sačuvani i opisani na prostoru Bucegi planina, sa jasno definisanim horizontima bogatim fosforom i glaukonitom, i intenzivnom bioerozijom od strane *Trypanites*, *Gastrochaenolites*, *Entobia* na bioklastima i intraklastima u okviru ovih horizonata. Dodatno, Grădinaru et al. (2016) su korelisali donjovalendinsko–gornjovalendinsko potapanje karbonatne platforme i pozitivnu ekskurziju ugljenika gornjeg valendina poznatog kao „Weissert Event“. Ungureanu et al. (2015) i Grădinaru et al. (2016) su crvene facije slične F15 i F16 (jedinica III) opisali kao hemipelaške depozite distalnog dela šelfa ili padine karbonatne platforme.

U berijasko–valendinskim slojevima GKP na prostoru Istočne Srbije prepoznate su facije bogate bentoskim foraminiferama, asociranim sa dezikladaceama (Radoičić, 1978; Bucur et al., 1995, 2020, 2021). Ipak, u ovde proučavanim sinhronim slojevima zelene alge su izuzetno retke ili potpuno nedostaju, što se može objasniti različitim uslovima sedimentacije i kontrolnih faktora sredine. Bucur & Săsăran (2005) su objasnili ove razlike na prostoru Južnih Apuzena, a na primeru berijasko–valendinskih plitkovodnih karbonata, stavljajući fokus na temperaturu i intenzitet sunčeve svetlosti, ali ukazujući da uslove intertajdala-supratajdala preferiraju ruvulaceanske alge tipa *Cayeuxia*-e, kao što je uočeno u facijama F6, F11a-b i F12.

#### *Helvetska platforma*

Proučavane tvorevine, koje pripadaju severnom Peri-Tetisu, pokazuju veliku sličnost sa Helvetskom platformom. Tokom perioda srednji berijas–donji valendin Helvetsku platformu (južna Francuska i Švajcarska) odlikuje plitkovodna sedimentacija u vidu donje i gornje Oehrli jedinice (Föllmi et al., 1994, 2007). Gornja Oehrli jedinica, do 100 m debljine, je karakteristična po fotozoanskoj karbonatnoj depoziciji sa koralnim, stromatoporoidnim i briozojskim biohermima. Prelazak u heterozoanski tip produkcije je dokumentovan u Betlis Formaciji, na prelazu berijas–valendin (Föllmi et al., 2007). Granicu između gornje Oehrli i Betlis predstavlja karstni nivo povezan sa erozionom površi markiranom koncentracijom crvenih oksida gvožđa. U stratigrafskim novoima neposredno iznad nalaze se sinsedimentacione litifikovane površi. Višefazno potapanje karbonatne platforme do kasnog barema obeležilo je evoluciju Helvetske platforme tokom ovog perioda. Morales et al. (2013) su facije slične ovde izdvojenoj F15 bogatoj ehinoidskim debrisom, peloidima i zrnima glaukonita, odredili kao depozite otvorenog šelfa u zoni uticaja struja visoke energije vode.

#### *Jura platforma*

Iste evolutivne faze razvoja platforme, izdvojene na prostoru Dimitrovgrada, prepoznate su i u okviru Jurske platforme u oblasti istočne Francuske i zapadne Švajcarske (Morales et al., 2013). Donji delovi „Chambotte“ Formacije predstavljeni su spoljašnjim do unutrašnjim lagunskim tvorevinama bogatih bentoskim foraminiferama i zelenim algama, dok su u gornjim delovima razvijene facije bogate mikritom sa krečnjačkim sunđerima, rudistima i *Bacinella*-om (kao u jedinici I). Trend produbljavanja na prostoru Jura platforme je zabeležen kroz razviće „Guiers Member“. Ovi sedimenti bogati bentoskim foraminiferama, ehinoidima, briozoama i *Bacinella*-om su nastali na prostoru spoljašnjeg šelfa. Viši stratigrafski delovi, poznati kao gornji član „Chambotte“ formacije, bogati bentoskim foraminiferama i rudistima, odgovaraju jedinici II i završavaju se horizontom paleozemljišta. Jedinica III odgovara „Bourget“ Formaciji sa rožnacima i facijama sa heterozoanskom fosilnom asocijacijom.

#### 7.1.5. Kontrolni faktori karbonatne depozicije u severnom delu Peri-Tetisa tokom najstarije krede

Sedimenti berijasko–valendinske starosti nose dokaze o značajnim ekološkim promenama (Föllmi et al., 1994; Weissert & Erba 2004; Föllmi et al., 2012; Föllmi & Godet, 2013; Morales et al., 2013, 2016). Ove promene su ispoljene kroz ponovljene epizode potapanja

karbonatnih platformi koje su bile u direktnoj vezi sa klimatskim varijacijama, fluktuacijama ciklusa ugljenika i njegovom razmenom između atmosfere, okeana i biosfere, promenama hidroloških ciklusa kao i stepena kontinentalne erozije. U skladu sa prethodno navedenim činionicima potapanje karbonatne platforme je praćeno i promenom prinosa nutrijenata u okeane (Föllmi et al., 2012; Stefanović et al., 2025a). Glavni uzročnici ekoloških i depozicionih promena tokom ovog perioda bili su vulkanska aktivnost i emisija CO<sub>2</sub> u atmosferu, zajedno sa tektonskom aktivnošću (Föllmi et al., 1994; Morales et al., 2013). Značajno, formiranje velikih magmatskih provincija (Large Igneous Provinces – LIPs) često se smatra jednim od ključnih faktora koji su inicirali ove promene tokom rane krede. Na primer, formiranje „Paraná-Etendeka Large Igneous Province“ je moglo dovesti do oslobađanja velike količine CO<sub>2</sub> u atmosferu prouzrokujući time klimatsko otopljanje, a zatim hlađenje. Povećana stopa ugljenikovog skladištenja se ogleda u pozitivnoj ekskurziji izotopa definisanoj u morskim karbonatima, za vrednost od 1,5 ‰ (Erba et al. 2004; Cavalheiro et al., 2021). Ova ekskurzija je poznata kao gornjovalendinski „Weissert Event“ i zabeležena je u brojnim karbonatnim platformama na severnoj (Lini et al., 1992) i južnoj (Föllmi et al., 1994) margini Tetisa. Sedimentne tvorevine GKP berijas–valendinske starosti, proučavane u ovoj studiji, pružaju uvid u događaje neposredno pre „Weissert“ događaja.

### *Tektonika*

Potapanju karbonatne platforme uglavnom prethodi površinski uticaj, koji dovodi do prekida karbonatne sedimentacije, a zatim i do meteorske dijageneze i formiranja karsta. Ovaj proces je posebno izražen u tektonski kontrolisanim uslovima, pri formiranju rasednih sistema, kao što je bio slučaj sa brojnim mezozojskim platformama u oblasti Tetisa (Schlager, 1999b; Gawlick & Schlagintweit, 2006; Masse et al., 2009; Merino-Tomé et al., 2012). Isti geološki okvir je prepoznat u proučavanim lokalitetima okoline Dimitrovgrada, gde je usled tektonske aktivnosti duž normalnih raseda plitkovodna karbonatna platforma (jedinica I) izložena subaerskoj eroziji (jedinica II), a zatim je prekrivena dubokovodnim facijama (jedinica III).

Tokom kasne jure–rane krede, u kompleksnom sistemu Tetisa (Stampfli & Borel, 2002; Stampfli & Horchard, 2009) Dakija Mega jedinica, koja predstavlja osnovu GKP, se nalazila između Vardarskog okeana na zapadu i Čehlau-Severin okeana na istoku (savremene pozicije; Schmid et al., 2008, 2020). Van Hinsbergen et al. (2020) navode različite faze kontrakcije tokom krede, a naročito se kao bitna izdvaja srednjovalendinsko (~135 Ma)–cenomanska (~95 Ma). Ekstenzione faze tokom ovog perioda nisu poznate. Moguće je da su efekti glavne faze formiranja Karpatskog orogena, koja se odigrala tokom apt–alba (110–100 mil. godina; van Hinsbergen et al., 2020 i prateće reference), doveli do brisanja eventualnih posledica ekstenzionih faza. Takođe, potencijalni ekstenzioni pokreti bi mogli biti vezani za aktivnost u domenu Čehlau-Severin okeana, utičući na istočnu marginu GKP. Ipak, konkretne odredbe vremena i trajanja ekstenzije u oblasti Čehlau-Severin okeana nisu sprovedene, te nedostaju detaljniji podaci.

Facije slične onima identifikovanim u jedinici III opisane su u istočnom delu GKP, a njihova depozicija interpretirana je kao posledica promene nivoa mora, ekstenzione tektonike i erozije. Njihova depozicija je ujedno posledica kolapsa sedimentnog sistema usled aktivnosti duž normalnih raseda tokom Neo-Kimerijske faze donjeg valendina (Grădinaru et al., 2016). Takođe, efekti Neo-Kimerijske faze su prepoznati i u drugim, već pomenutim, platformama severne margine Tetisa (Föllmi et al., 1994; Morales et al., 2013).

Efekti sin-sedimentacione ekstenzione tektonike su prepoznati u okviru GKP, ali su tektonske faze tokom najstarije krede slabo definisane. Dodatno, strukturno-tektonske karakteristike proučavanih lokaliteta, u okolini Dimitrovgrada, su teško odredive usled efekata mlađih tektonskih faza vezanih za formiranje orogena i njegovog kolapsa. Međutim, u okviru

definisanih facija tri jedinice, moguće je prepoznati uticaj aktivne tektonike, iako su strukturne karakteristike slabo izražene.

### *Nutrijenti*

Föllmi et al. (2012) su razmatrali trendove promene kaolinita, fosfora i stabilnih izotopa stroncijuma u funkciji povećane koncentracije i prinosa nutrijenata tokom rane krede. Inicijalno, do povećanja prinosa nutrijenata tokom gornjeg berijasa–donjeg valendina došlo je usled klimatskih promena. Uslovi toplije i vlažnije klime su povećali stopu kontinentalne erozije (Duchamp-Alphonse et al., 2011), a zatim su poboljšali izdizanje vode iz dubljih delova basena. Na povećanje koncentracije nutrijenata ukazuje i dominacija silicijskih ježeva (F14), slično kao što je prepoznato na prostoru Severnih Krečnjačkih Alpa, Austrija (Delecat & Reitner, 2005). Povećanje nutrijenata je u direktnoj vezi sa karbonatnom produkcijom i promenom iz fotozoanske u heterozoansku fosilnu asocijaciju (James, 1997; Schlager, 2000; poglavlje 2.1.1). Ova promena fosilne asocijacije (koralno-oolitični u krinoidno-briozoanski režim *sensu* Föllmi et al., 1994), prepoznata za period donji valendin–gornji valendin u oblasti Tetisa (Walter, 1989; Frakes et al., 1992), jasno sledi posle klimatskih promena.

Izdizanje voda iz dubljih delova basena omogućava da se materijal sa morskog dna transportuje u pliće delove, gde se taloži preko plitkovodnih karbonata platforme. Na ovaj način dolazi do povećanja suspendovanih nutrijenata i odgovarajuće organske materije, kao što je slučaj savremene obale centralne Kalifornije (Mullins et al., 1985). Iako se promena nutrijenata smatra direktnom posledicom klimatskog otopljanja, glavnim mehanizmom okeanske fertilizacije u periodu valendina se smatra izdizanje hladne vode iz dubljih delova basena bogatih nutrientima, koji prati morsku transgresiju (Föllmi et al., 1994; Barbu & Melinte-Dobrinescu, 2008; Barbu, 2013; Morales et al., 2013, 2016). Valendinska transgresija je prepoznata na prostoru GKP Istočne Srbije (Bucur et al., 2020). Autori su definisali diskordanciju praćenu transgresijom, koja odgovara Kva1<sup>9</sup> događaju na krivi nivoa mora za vreme krede prema Haq-u (2014; Slika 2.5).

## **7.2. Valendin–otriv? – jedinice IV-V**

### 7.2.1. Depozicione sredine

Ovaj stratigrafski interval (jedinice IV i V), određen na OGK 1:100.000 (list Piroć) kao otrivski, se nastavlja na jedinicu III donjovalendinske starosti. Kontakt nije otkriven usled pokrivenosti terena i strukturnih karakteristika ovih sedimenata koji su nabrani. Heterozoanska karbonatna fabrika koja je definisana u jedinici III, se nastavlja i u jedinicama IV i V. Granica ovih jedinica identifikovana je u stubovima D1 i D2 i markira je pojava facija bogatih ooidima (Ft7b-c).

### *Jedinica IV*

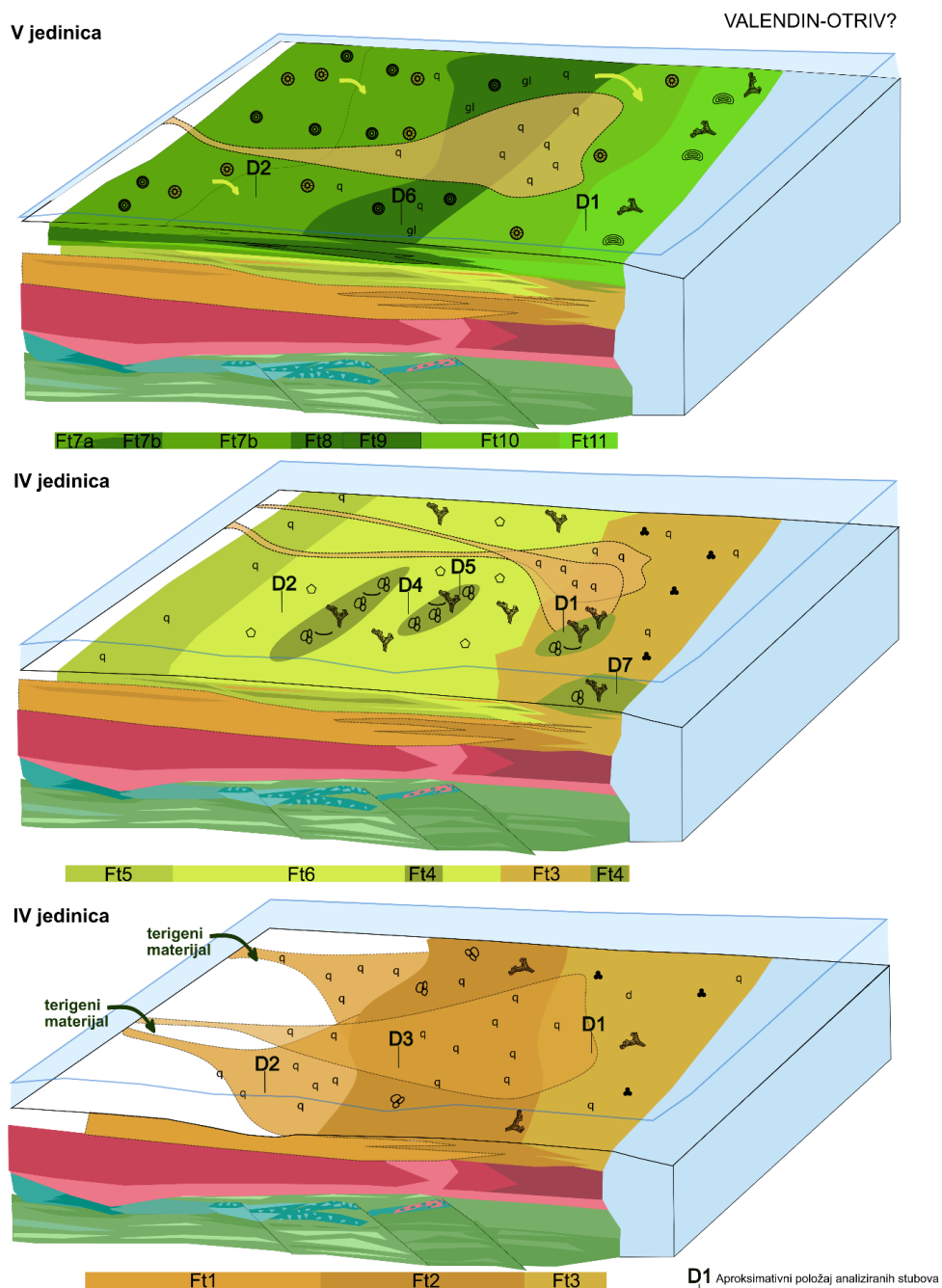
Potapanje južnog dela GKP (jedinica III) je uslovljeno prinosom terigenog materijala u sedimentacioni basen pri čemu je onemogućena karbonatna sedimentacija (Slika 7.4.). Oporavak karbonatne platforme se odvijao u heterozoanskom bioekološkom modu u kome dominiraju krinoidi (jedinica III), a zatim briozoe, serpulidi i velike školjke (jedinice IV i V). Između heterozoanske karbonatne fabrike jedinice III i jedinice IV deponovani su klastiti koji predstavljaju nove faze prinosa terigenog materijala sa kopna, najverovatnije fluvijalnim tokovima. Jedinica V je predstavljena klastičnim, klastično-karbonatnim i karbonatnim facijama koje zajedno predstavljaju mešoviti siliciklastično-karbonatni sistem<sup>10</sup> (*sensu* Mount, 1985).

<sup>9</sup> Kva1 događaj – predstavlja kratkotrajnu promenu nivoa mora koja se odigrala pre 169 miliona godina (Haq et al., 2014).

<sup>10</sup> *Mixed siliciclastic-carbonate*, eng. – mešoviti siliciklastično-karbonatni sistemi se sastoje od vanbasenskih (terigenih) i intrabasenskih (paraautohtonih) komponenti.

Ovaj sedimentacioni sistem podrazumeva mešanje klastičnih i karbonatnih komponenti na nivou slojeva (smena slojeva), ali i mešanjem u okviru facija.

Niži delovi stubova D1, D2 i D3 su sačinjeni od Ft1 alevritske facije koja ukazuje na kontinuirani prinos terigenog materijala, bogatog zrnima kvarca i podređeno liskunima, koji se odvija na celom depozicionom prostoru. Skeletni fragmenti facije Ft2 briozoa, serpulida, bentoskih foraminifera imaju mikritske opne i fragmentisani su što zajedno sa sortiranim zrnima kvarca ukazuje na transport. Faciju Ft3 odlikuje sličan fosilni sadržaj kao Ft2 ali bitna razlika su brojnije planktonske foraminifere, manje zastupljena zrna kvarca i njihova dobra sortiranost, što je generalno posledica dublje sredine sedimentacije Ft3 (Slika 7.4.). U skladu sa tim stub D1 predstavlja dublji deo basena, u odnosu na stubove D2 i D3. Smena Ft1 sa facijama Ft2 i Ft3 ukazuje na faze povećanog prinosa terigenog materijala u basen, u današnjim pozicijama iz pravca zapada, dok se dublji deo basena nalazio na istoku.



**Slika 7.4.** Evolucija južnog dela GKP tokom valendin–otriva?, kao i prikaz rasprostranjenja i odnosa facija (Ft1-Ft11). Oznake i boje facija odgovaraju predstavljanim na slici 5.12.

Značajna promena obeležena je pojavom pekston do rudstona sa serpulidima. Serpulidi predstavljaju jednu od prvih grupa organizama koja zauzima sedimentacioni prostor posle velikih hidrodinamičkih promena u koje spada prinos rečnim tokovima (Reolid et al., 2017). Ovi filtratori dominiraju u jednom stratigrafskom delu jedinice IV i najverovatnije su formirali nagomilanja slična sprudovima, koja su bila nejednako raspoređena. Primer ovakve ekološke organizacije serpulida prepoznat je u miocenskim sedimentima formiranim na padini karbonatne platforme (J Španija) (Reolid et al., 2017).

Prisustvo kvarca, fragmentiranost skeleta različitih organizama u faciji Ft4 ukazuje na i dalje postojeći prinos terigenog materijala ali u smanjenom obimu, kao i na sinsedimentacioni transport u okviru samog basena. Velike školjke tipa ostriga koje su prepoznate u faciji Ft4 karakteristične su za periode smanjenog prinosa terigenog materijala (Lazo et al., 2005). Facija Ft5 peloidnog-briozojskog pekstona sa zrnima kvarca nastala je u subtajdalu, verovatno oko sedimentacionih prostora naseljenih brizoama. Facija Ft6 bogata brizoama, sa crvenim matriksom, kao i pojedinim crveno obojenim skeletnim fragmentima, podseća na faciju F16 crvenog krinoidnog pekstona (jedinica III). Glavna razlika je u dominantnoj grupi organizama što ukazuje na promenjene uslove sedimentacije pri kojima filtratori kao što su briozoe imaju prednost. Obe facije odlikuje crvena boja usled prisustva oksida gvožđa usled dejstva mikroorganizama (Della Porta et al., 2003b; Mamet & Prétat, 2006). Široko rasprostranjene facije Ft4, Ft5 i Ft6 ukazuje na nagle promene uslova sedimentacije koji su obuhvatili širi prostor, najverovatnije uslovljeni izdizanjem vode iz dubljih delova basena i povećanjem nutrijenata što je rezultiralo aktivnošću mikroba i formiranjem karbonatnih depozita crvene boje. Ujedno, smanjen je prinos terigenog materijala pa je obnovljena karbonatna depozicija ali u vidu heterozoanske karbonatne fabrike, gde dominiraju filtratori (briozoe, velike školjke, serpulidi) (Slika 7.4.).

#### *Jedinica V*

Bazu jedinice V određuju facije bogate ooidima (Ft7a-b). U Ft7a faciji dominantno su zastupljeni radijalni ooidi tip 4 koji ukazuju na srednju do nisku energiju vode (Strasser, 1986), dok retki tangentni ooidi tipa 3 podržavaju uslove srednje energije sa čestim agitacijama. Na promenu depozicionih uslova ukazuju i ooidi mešovite tipa 6 u kojima su unutrašnje opne sa radijalnom teksturom, a spoljašnje tangentne. U tom smislu, uslovi su se menjali od nisko-energetsko hidrodinamičkih do srednje hidrodinamičkih (Richter, 1983). Sedimentacija se odvijala u subtajdalnim uslovima, verovatno zaštićene lagune, sa povremenim uticajem talasa. Fibrozni cement formiran oko ooida je nastao u ranomarijskoj dijagenezi, dok je do kompakcije došlo u kasnodijagenetskoj fazi. Facija Ft7a je nastala *in-situ* u plitkovodnim uslovima, a prisustvo retkih zrna kvarca u nukleusu ooida ukazuje na prinos manje količine terigenog materijala. Sličan odnos ooida radijalne, tangentne i mešovite teksture je prepoznat u faciji Ft7b, razlika je u nedostatku fibroznog cementa u Ft7b, zatim većem udelu skeletnih zrna ali i cementu crvenkaste boje. Povećana količina dispergovanih zrna kvarca i zrna kvarca u nukleusu ooida ukazuje na veći prinos terigenog materijala u odnosu na Ft7a, a veća raznolikost fragmenata koji potiču iz različitih depozicionih sredina (npr. radijalnih ooida, agregatnih zrna, zrna glaukonita, fragmenata puževa) ukazuje na sinsedimentacioni transport. Transport je uključio premeštanje materijala iz zaštićene lagune (Ft7a; stub D2) i generalno plitkog subtajdala u dublje delove basena (Ft7b; stub D1). Razviće Ft7b facije iznad Ft7a u stubu D2 ukazuje da je prinos terigenog materijala doveo do redepozicije i u plićim delovima basena (Slika 7.4.). U povlati ovih slojeva bogatih ooidima nalaze se facije bogate heterozoanskom fosilnom asocijacijom. Ovaj fenomen, u kome biotska karbonatna fabrika biva zamenjena hemijskom karbonatnom fabrikom, a nakon potapanja karbonatne platforme, poznat je iz različitih delova Tetisa: južna margina (donja jura; Trecalli et al., 2012) i severna margina (donja kreda; Föllmi & Godet 2013). Fenomen je opisan kao „overshoot“ (Kump et al., 2009) kada usled prinosa prevelike količine ugljen-dioksida u morsku vodu dolazi do acidifikacije i rastvaranja pri čemu

se redukuju organizmi proizvođači kalcijum-karbonata. Spram toga, hemijska precipitacija i formiranje ooida je prema Trecalli et al. (2012) jedini efektivni način da sistem preovlada acidifikaciju do koje je došlo.

Pekston-grejnston sa obavijenim zrnima, ooidima, briozooama i glaukonitom Ft8 facija predstavlja faciju plitkog subtajdala u kojoj je bio nizak stepen stope sedimentacije u skladu sa prisustvom glaukonita (Amorosi, 1997). Ipak, na osnovu kriterijuma predloženih od strane Amorosi (1997), a koji podrazumevaju zaobljenost, sortiranost i veličinu zrna u odnosu na ostala detritična zrna itd., ovaj glaukonit je paraautohtonog porekla. Da je materijal transportovan ukazuje i fini mikrit u skeletnim šupljinama naspram sparita u međuskeletnom prostoru. Skeletni fragmenti različitih organizama, uključujući briozoe, silicijske i krečnjačke ježeve, koji se često nalaze u inkrustatorskim odnosima ukazuje na postojanje bogate fosilne asocijacije organizama graditelja sprudova. Pored toga, zrna radijalnih ooida u ovoj faciji dostižu najveće dimenzije i u nukleusu se nalaze brizojski fragmenti, a izostaju terigene komponente. Ipak facija Ft9 je gusto pakovana, kontakti su suturiranog tipa i najverovatnije je ova facija nastala sinsedimentacionim transportom iz lagune i plitkog subtajdala, ali bez prinosa terigenog materijala. Facija je nastala tokom faze heterozoanske produkcije, kada su hemizam, temperatura i energija vode bili odgovarajući da se razviju ooidi velikih dimenzija, kao i različiti sprudni organizmi. Najverovatnije da su tokom ove faze sedimentacije nastale facije završnog nivoa jedinice V (stubovi D2 i D6), na šta ukazuju ponovljeni nivoi facija bogatih ooidima.

Stub D1 obuhvata stene veće debljine u odnosu na ostale stubove. Ipak, ovaj stub u završnim delovima odlikuju facije padine, odnosno facije koje su nastale transportom materijala iz plitkog subtajdala. Radijalni ooidi facije Ft10, zajedno sa srednje sortiranim zrnima kvarca, a zatim sa različitim skeletnim fragmentima kao što su briozoe, školjke, puževi, bentoske i planktonske foraminifere, kao i loša sortiranost ukazuje na redepoziciju. Facija Ft11 je karakteristična po obavijenim zrnima koja su nastala aktivnošću briozoa. Ovako nastali onkoidi su prepoznati u donjokrednim sedimentima Nequen basena (Argentina), i nazvani su makroidi (Caratelli et al., 2021). Ova zrna su inicijalno nastala u sredini niske energije vode sa malom stopom sedimentacije tokom dužeg vremena (Caratelli et al., 2021). U faciji Ft11 makroidi se nalaze zajedno sa zrnima kvarca, ooidima i drugim skeletnim fragmentima, kao posledica sinsedimentacione redepozicije materijala u dublje delove basena (Slika 7.4.).

### 7.2.2. Biostratigrafija

Slabo zastupljene stratigrafski značajne fosilne grupe, pored loše očuvanosti, onemogućavaju tačniju odredbu starosti jedinica IV i V. Fosilne grupe koje su identifikovane odgovaraju donjoj kredi.

Starost ovog dela definisana je na osnovu relativnog položaja u odnosu na jasno definisane starosti jedinica III i VI. Jedinica III, čiji je sedimentološki razvoj sličan jedinicama IV i V, donjovalendinske je starosti. U skladu sa tim i upoređivanjem sa sinhronom formacijom otkrivenom na prostoru Bugarske (Salaš formacija) starost je određena kao valendinsko-otrivska?

### 7.2.3. Korelacija sa sinhronim sistemima

#### *Getska karbonatna platforma (Bugarska)*

Period valandina-otriva (čak u nekim delovima od srednjeg berijasa – Petrova et al., 2017) označio je prekid plitkovodne sedimentacije (Slivnica formacija) i prelazak u mešoviti siliciklastično-karbonatni tip sedimentacije (Salaš i Kamčija formacije). Prelazak je bio postepen i prvobitno je obuhvatio basenske prostore na istoku (današnji položaj), a zatim zapadne delove, uključujući oblast Dragomana (Nikolov & Ruskova, 1999). Dubokovodna sedimentacija se uz prinos terigenog materijala odvijala tokom celog otriva, tako da se

hemipelaški laporci sa amonitima i krečnjaci distalnog dela basena, često sa glaukonitom, smatraju transgresivnim sistemskim traktom (TSTs; Minkovska et al., 2002). Petrova et al. (2017) smatraju da se sedimentacija Salaš formacije odvijala u spoljašnjoj zoni rampe.

#### *Getska karbonatna platforma (Rumunija)*

Gradinaru et al. (2016) su definisali potapanje karbonatne platforme (poglavlje 7.1.4) istočnog dela GKP (Bučegi planine), i opisali kako izgleda donji deo novog intervala sa hemipelaškom depozicijom. Ovaj tip sedimentacije je trajao i tokom barema (Lazăr et al., 2017), a biostratigrafske karakteristike su određene na osnovu bogate asocijacije amonita (Patrulius & Avram, 2004). U odnosu na ceo sistem GKP istražni prostor okoline Dimitrovgrada se nalazio u plićem delu složenog karbonatnog sistema.

#### *Helvetska platforma*

Föllmi et al. (1994) su definisali tri režima sedimentacije tokom berijas–apta: 1) koralno-oolitne karbonatne produkcije, 2) krinoidno-briozojske karbonatne produkcije i 3) režim platformne retrogradacije i destrukcije, kondenzacije i fosfatizacije. Ova tri režima su se tokom rane krede smenjivala i ponavljala. Prvi režim odgovara jedinici I, drugi režim odgovara jedinicama III-V, i režim platformne destrukcije odgovara jedinici II istražnog područja. Isti autori navode da su režimi 2) i 3) povezani, što je prepoznato i u južnom delu GKP. Režim 2) karakterišu filtratori: krinoidi, briozoe, crvi, silicijski ježevi, epibentoske školjke i brahiopode. U sinhronim sedimentima okoline Dimitrovgrada prepoznata je ista fosilna asocijacija. Föllmi & Godet (2013) smatraju da je nedostatak sprudotvornih organizama tokom krinoidno-briozojske produkcije (heterozoanska karbonatna fabrika) uslovalo morfologiju karbonatne platforme u vidu rampe. Ipak, južni deo GPK je najverovatnije bio izložen aktivnoj tektonici pa je morfološke karakteristike depozicionog sistema teško odrediti.

#### *Argentina – Nequen basen*

Na prostoru aktivne zapadne margine Južne Amerike tokom perioda kasni trijas–rana kreda formiran je Nequen basen (Howell et al., 2005). U ovom basenskom sistemu odvijala se mešovita siliciklastično-karbonatna morska sedimentacija od rane jure do kasne krede (Schwarz et al., 2022). Ovaj sedimentacioni sistem je poslužio kao analog za sprovedeno istraživanje na prostoru Dimitrovgrada. Morski basen je predstavljao glavni depo-centar ovog dela Južne Amerike i karakterističan je po prinosu terigenog materijala koji je bio fluvijalnog karaktera, uz periode dominantne plitkovodne karbonatne sedimentacije tokom koje su nastajali karakteristični slojevi bogati ooidima. Ove facije bogate ooidima, a zatim skeletnim fragmentima, sa finim do vrlo finim zrnima kvarca su nastali u tajdalnim poljima (Schwarz et al., 2022). Školjke, tipa ostriga, koje predstavljaju značajne fosilne komponente kolonizuju dobro oksidovanu vodu, niske energije (Rubilar & Lazo, 2009). Lazo et al. (2015) navode da je manji prinos siliciklastičnog materijala omogućio razviće ooida u unutrašnjoj rampi. Takođe, kao i u jedinicama III-V brojnost suspensora ukazuje na povećane nutrijente i razviće heterozoanske karbonatne platforme. Na prostoru Dimitrovgrada prepoznate ooidalne facije (Ft7a-c) sadrže ooida koji su nastali upravo u uslovima niske do srednje energije ali su dalje transportovani u dublje delove basena. Slično, velike školjke su redeponovane iz plitkovodnih sredina. Pretpostavka je da je južni deo GKP predstavljao plitkovodniji prostor u domenu fluvijalnih uticaja.

#### 7.2.4. Organska materija

Prisustvo organske materije u intervalu valendin–otriv? dokazano je standardnom metodom Rock-Eval pirolize. Količina generisanih ugljovodonika je mala i time dobijene vrednosti Tmax i TOC se sa oprezom interpretiraju. Određeno je da organska materija identifikovana u ovom intervalu odgovara kerogenu tip III koji nastaje u priobalim sredinama.

### 7.3. Barem-apt – jedinice VI-VII

#### 7.3.1. Depozicione sredine

Baremsko-aptski stratigrafski nivo je na osnovu facijalnih karakteristika podeljen na dve jedinice (VI i VII). Donja granica ove stratigrafske celine nije otkrivena, pa ona počinje subtajdalnom facijom, nastalom ispod „fair-weather“ zone talasa bogatom graditeljima sprudova (korali, krečnjački sunđer) i rudistima – Fs1a. Ova facija je ekvivalentna faciji F1 (jedinice I i II) što ukazuje na oporavak fotozoanske karbonatne platforme posle potapanja i heterozoanskog režima sedimentacije. Obavijena zrna i peloidi predstavljaju materijal koji se nalazio oko pač sprudova sačinjenih od korala i krečnjačkih sunđera (Slika 7.5.). Ujedno, udeo rudistnih školjki je veći nego tokom berijas-valendina. Ove facije bogate rudistima pripadaju urgonskom tipu (poglavlje 7.3.3.), a značajnu komponentu predstavljaju i velike bentoske foraminifere (Arnaud-Vanneau et al., 1976). Rudisti su se pojavili krajem jure, ali značajnu bioekološku ulogu dobijaju tokom apta i alba, kada preuzimaju primat od koralno-stromatoporoidnih asocijacija (Pomar & Hallock, 2008).

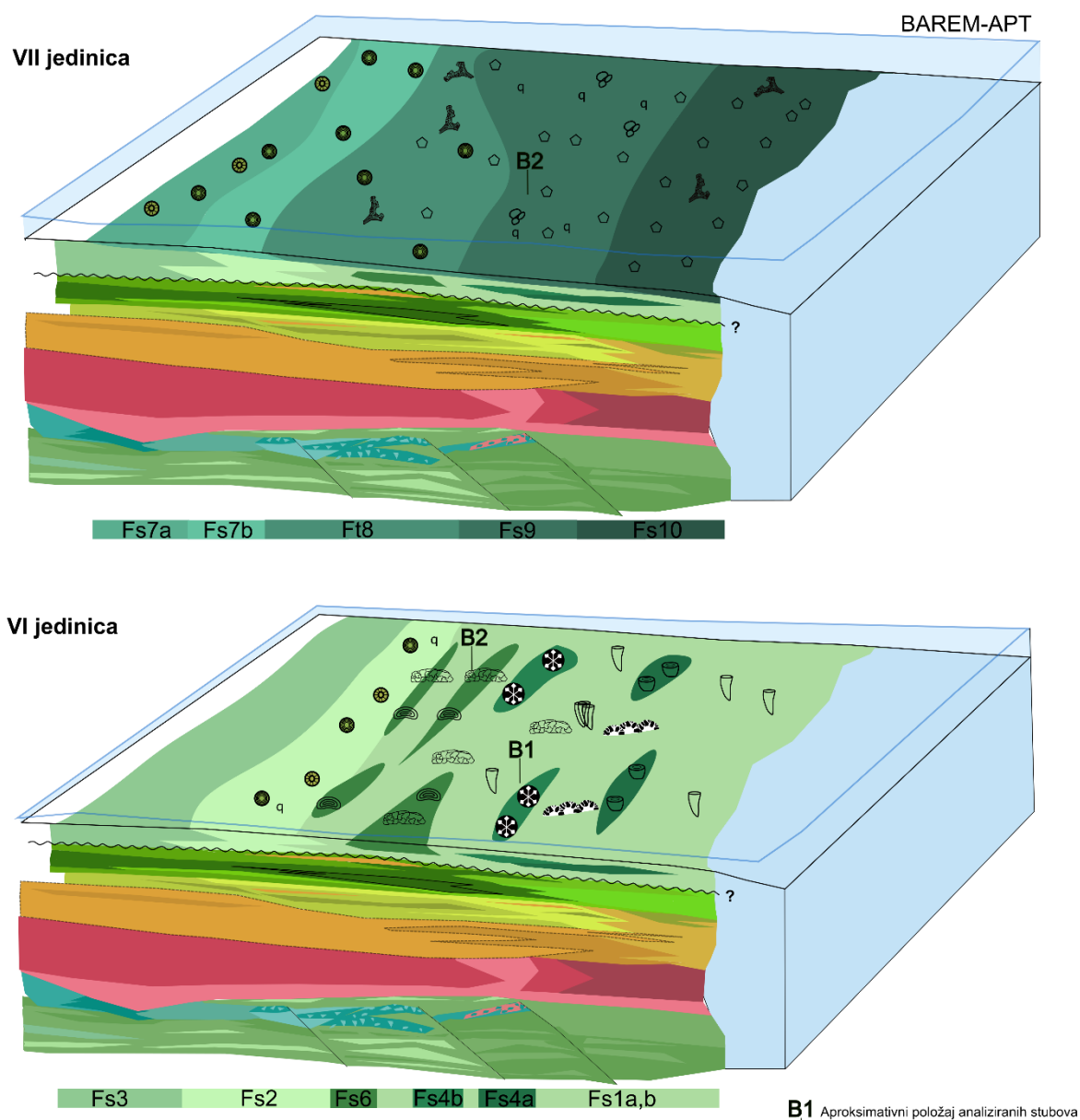
Značajnu ulogu u faciji Fs1a imaju i mikroproblematikumi *Bacinella* i *Lithocodium*, koji obavijaju različite fosilne fragmente (rudiste i korale) i vrše bioeroziju. U faciji Fs1b, koja sadrži slične fosilne fragmente kao Fs1a, *Bacinella* i *Lithocodium* su zastupljeni u obliku onkoida tip 3. Onkoidi, zajedno sa retkim ooidima ukazuje na sedimentaciju u otvorenoj laguni (Sequero et al., 2020) pri niskoj energiji vode (Vedrine et al., 2007). Pojave *Bacinella*-e i *Lithocodium*-a u vidu velikih nagomilanja (slično sprudovima) karakteristične su za period gornjeg barema-donjeg apta. Velike koncentracije ovih organizama su tumačene i u kontekstu AOE događaja (poglavlje 2.3.) (istočna Španija – Bover-Arnal et al., 2011; Oman, Hrvatska, Portugal – Immenhauser et al., 2009).

Fs2 i Fs3 facije bogate obavijenim zrnima su nastale u sredinama stalne vodene agitacije (Flügel, 2010). Identifikovana eroziona površ u faciji Fs1a (stubovi E1 i E2), preko koje leži facija Fs2, karakteristična je po obavijenim zrnima crvenkaste boje koja ukazuje na oksidacione uslove. Ovakva površ, gde je u gornjim delovima skoncentrisan grubozrniji materijal, naziva se transgresivni lag i odgovara erozionoj površi (Posamentier & Allen, 1999). Takođe, ova površ prepoznata u oba stuba E1 i E2, omogućila je njihovu korelaciju. Kako se facija Fs2 nalazi u stalnoj vertikalnoj i lateralnoj smeni sa facijom Fs1a,b najverovatnije Fs2 predstavlja sedimentni matriks u kome su se formirale manje sprudne strukture – pač sprudovi. Prisustvo rodova dazikladacee *Salpingoporella* u faciji Fs1a-b i Fs2 može ukazivati na restriktivnije uslove unutrašnje platforme, dok pojave primeraka većih rodova udoteacea *Arabicodium*-a ukazuje na spoljašnji deo platforme (Bucur, 2008). Ipak, u facijama Fs1a,b, kao i Fs2 ove jedinice se javljaju zajedno pa je konkretne zaključke spram asocijacije zelenih algi teško doneti.

U oba stuba su otkriveni slojevi sa krečnjačkim sunđerima, a u stubu E2 i sa koralima. Obe facije su zastupljene u vidu boundston facija promenljivih debljina slojeva i predstavljaju ostatke sprudova većih dimenzija, ali i dalje u vidu pač sprudova. Nedostatak tragova drugih organizama, kao i bioerozije, ukazuje na niske koncentracije nutrijenata i prinosa terigenog materijala, kao što su npr. Bover-Arnal et al. (2012) prepoznali u aptskim sedimentima istočne Španije. Dokaza za postojanje složenog sprudnog sistema u vidu grebena ne postoji, i najverovatnije tokom rane krede na istražnom prostoru sedimenti su se taložili u okviru karbonatne rampe sa pač sprudovima. Iznad boundston nivoa u stubu E2 nalazi se facija bogata puževima i briozoama. Puževi su tokom rane krede doživeli diverzifikaciju i naročito se u oblasti Tetisa vezuju za lagunske uslove (Sohl, 1987).

Intervale od 2-5 m u stubu E1, i čak 15 m u stubu E2 sačinjava facija Fs6 onkoidalnog pekston-grejstona. Onkoidi tipa 4, sastavljeni od *Bacinella*-e sa skeletnim fragmentima, karakteristični su za uslove intertadajala ili uslove zaštićene lagune (Védrine et al., 2007).

Najverovatnije su u okviru plitkovodnog dela subtajdala postojale zaštićene zone u kojima se *Bacinella* razvijala, ali usled dejstva vode formiraju se onkoidi a ne nagomilanja u vidu sprudova (Slika 7.5.).



**Slika 7.5.** Evolucija južnog dela GKP tokom gornjeg barema–donjeg apta. Oznake i boje facija odgovaraju predstavljanim na slici 5.18.

Jedinica VII je prepoznata samo u stubu E2 gde preko subtajdálnih facija bogatih skeletnim sadržajem leže facije bogate ooidima. Faciju Fs7a odlikuju dobro sortirani radijalni ooidi tip 3 koji su nastali u lagunskim uslovima srednje do niske energije vode prema Strasseru (1986). U ovom slučaju laguna je bila izolovana, na šta ukazuje siromašan fosilni sadržaj, osim retkih fragmenata briozoa koje se nalaze u nukleusu ooida ili takođe imaju nekoliko generacija kalcitskih opni sa radijalnom organizacijom minerala kalcita. Ipak, prisustvo mešovito tipa ooida ukazuje da su se uslovi sedimentacije menjali, pa su prvobitno ooidi formirani u uslovima više energije vode. Fibrozni cement oko minerala je ranomariniskog porekla. U smeni se Fs7a nalazi sa Fs7b koja predstavlja ooidalni grejnston slabo sortiran i sa većom zastupljenošću skeletnih fragmenata. Na osnovu dominantno zastupljenih tangentnih ooida tipa 3 ova facija je nastala u otvorenoj laguni. A zatim su tangentni ooidi iz ove sredine bivali transportovani ka dubljem subtajdalu i otvorenom moru (facija Fs8). Ujedno, zajedno sa facijom Fs8 povećava se

prisustvo filtratora (crvi, briozoe, krinoidi), što je trend koji se prati i kroz facije u višim stratigrafskim nivoima (Fs9 i Fs10). Pojava filtratora i nestanak fototrofnih organizama, kao i tokom berijas–valendina i valedina–otriva?, ukazuje na povećanu koncentraciju nutrijenata. Ovi ponavljajući procesi nutrifikacije tokom rane krede prepoznati su u oblasti severne margine Tetisa (Slika 2.6.; Follmi et al., 2012). Facije Fs9 i Fs10 su nastale u spoljašnjim delovima platforme ka otvorenom moru.

### 7.3.2. Biostratigrafija

Fosilna asocijacija bentoskih foraminifera i zelenih algi pronađenih u ovoj stratigrafskoj sekciji ukazuje na gornjobaremsko–donjoaptsku starost. Prisustvo dazikladacea *Salpingoporella pygmaea* ukazuje na baremsko–donjoaptsku starost, zajedno sa *Neomeris cretacea*, *Deloffrea* *quercifoliipora* i *Triploporella* sp. (Bucur, 2008; Bucur & Săsăran, 2011). Zajedno sa ovom asocijacijom dazikladacea pronađen je rod halimedae *Arabicodium* sp. što je tipično za urgonske krečnjake nastale u eksternim delovima platforme (Bucur, 2008). Najznačajniji biostratigrafski markeri bentoskih foraminifera su vrste *Neotrocholina aptiensis*, *N. fribourgensis*, *Mayncina bulgarica* (Arnaud-Vaneau et al., 1991; Arnand-Vaneau & Sliter, 1995; Sudar et al., 2008; Bucur & Săsăran, 2011). *Akcaya minuta* je karakteristična za kredne sedimente valendinsko–cenomanske starosti u oblasti Tetisa, dok pronalazak *Neotrocholina fribourgensis* ukazuje na barem–donjoaptsku starost u istoj paleo-oblasti (Arnand-Vaneau & Sliter, 1995; Bonvallet et al., 2019). *Mayncina bulgarica* je tipična za aptsko–albske sedimentne stene (Sudar et al., 2008 i prateće reference). Ipak, nedvosmisleno na gornjobaremsko–donjoaptsku starost ovog stratigrafskog odeljka (stubovi E1 i E2) ukazuje prisustvo forme *Neotrocholina aptiensis* (Arnand-Vaneau et al., 1991; Sudar et al., 2008). Sličnu asocijaciju zelenih algi i bentoskih foraminifera identifikovao je Bucur (2008) u krečnjacima urgonske starosti u različitim delovima Apuzena, Istočnih i Južnih Karpata.

### 7.3.3. Korelacija sa sinhronim sistemima

Severna margina Tetisa tokom barem–apta je poznata po široko razvijenim karbonatnim platformama, zauzimajući 2500 km<sup>2</sup> (Arnaud-Vanneau et al., 1976; Ager, 1981; Masse, 1993; Godet et al., 2024). Kao i na istražnom prostoru platforme severne margine Tetisa odlikuju dve faze fotozoanske karbonatne produkcije (berijas; barem–apt), zatim dve faze heterozoanske produkcije sa fazama potapanja karbonatne platforme (valendin–donji barem; apt). Poslednja faza fotozoanske produkcije rezultirala je formiranjem urgonskih krečnjaka odnosno facijama bogatih rudistima (D'Orbigny, 1847). Ove facije se smatraju važnim činiocima plitkovodne tropske i subtropske sredine tokom starije krede, usled regionalnog rasprostranjenja. Funk et al. (1993), kao i Föllmi et al. (1994, 2006), smatraju da je topla, prozirna voda, oligotrofskih karakteristika odgovorna za njihovo široko rasprostranjenje.

#### *Jura platforma*

Sumirajući brojne publikovane radove (npr. Arnaud-Vanneau & Arnaud, 1990; Clavel et al., 1995, 2007) Godet et al. (2010) navode da su se tokom otriva taložili laporci sa proslojcima oolitčnih krečnjaka sa briozoama i krinoidima, kao i nivoima glaukonita. Dok su tokom kasnog otriva–ranog barema nastali krečnjaci sa ooidima, ekstraklastima, velikim briozoama i krinoidima, sa laporcima sa redeponovanim materijalom i glaukonitom u bazalnim delovima. Tek su u kasnom baremu identifikovane facije sa rudistima, stromatoporoidima, orbitolinama, dazikladaceama i ooidima.

Na prostoru Švajcarske Jure i Helvetikuma dokazan je trend opadanja koncentracije nutrijenata tokom gornjeg barema–donjeg apta. Ujedno, na osnovu analize minerala gline dokazano je da je tokom ovog perioda klima postala vlažnija (Godet et al., 2024).

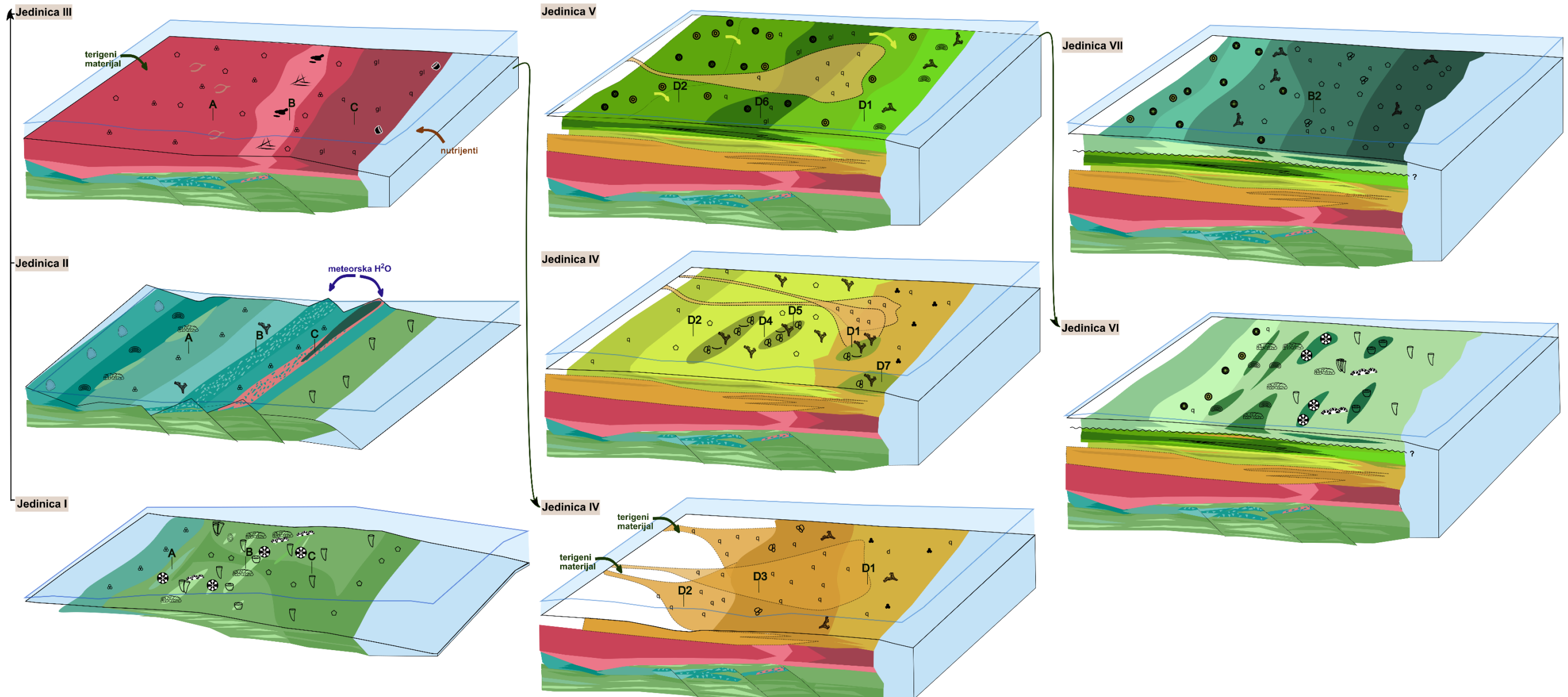
#### 7.3.4. Organska materija

Na osnovu Rock-Eval pirolize potvrđeno je prisustvo organske materije, koja je identifikovana i mikroskopskim putem. Materija je prepoznata u inter- i intragranularnom prostoru, a često je pratilac stilolita i kalcitskih žica. Sve dobijene vrednosti odgovaraju kerogenu tip II i deo merenih vrednosti (tri) odgovara nezreloj nafti dok veći broj vrednosti pada u polje zrele nafte (pet) (Slika 6.4.).

Na osnovu organskih metoda sprovedenih nad uzorkom F-0 utvrđeno je da dobijeni ekstrakt predstavlja migrirane ugljovodonike dobijene transformacijom najverovatnije mezozojske matične stene u drugoj polovini naftnog prozora (dubine verovatno više od 3000 m). Izvorna matična stena je nastala taloženjem mešovite organske materije, uz dominaciju akvatičnih organizama, u marinskoj do priobalnoj sredini. Uslovi taloženja su bili suboksični do redukcion, uz povišen salinitet (mezosalina sredina). Izvorni kerogen je bio tip II, sa naftno-gasnim potencijalom.

#### 7.4. Model južnog dela Getske karbonatne platforme

Tokom starije krede istražno područje južnog dela Getske karbonatne platforme je prošlo kroz fazu plitkovodne sedimentacije u fotozoanskom režimu (jedinica I), fazu meteorskog dejstva tokom gornjeg berijasa–donjeg valendina (jedinica II) predhodeći potapanju karbonatne platforme (jedinica III). Obnovljena sedimentacija odvijala se u heterozoanskom režimu (jedinice IV i V), praćena povećanim prinosom terigenog materijala (jedinice IV i V) tokom valendin-otriva?. Fotozoanski plitkovodni režim sedimentacije je u ovom delu GKP karakterističan i za interval barem–apt. Na osnovu definisanih facija i njihovih karakteristika, morfologija ovog dela platforme najverovatnije odgovara rampi. Uzimajući u obzir morfologiju i stratigrafske jedinice pojednostavljen prikaz evolucije južnog dela GKP je predstavljen na slici 7.6.



Berijas-donji valendin

Valendin-otriv?

Gornji barem-donji apt

Jedinica:	I	II	III	IV	V	VI	VII	
Facijske jedinice:	<p><b>F1a-c</b> Peloidni peckston/grejnston do rudston sa rudistima i boundstonom</p> <p><b>F2</b> Peloidni peckston/grejnston sa obavijenim zrnima i krinoidima</p> <p><b>F3</b> Peloidni-krinoidni peckston</p> <p><b>F4</b> Peloidni vekston/floatston sa rudistima</p> <p><b>F5</b> Boundston facije sa koralima, mrvičastim mikritom i <i>Bacifella</i>-om</p> <p><b>F6</b> Peloidni peckston sa bentoskim foraminiferama i fenestrama</p>	<p><b>F7a</b> Monomiktina breča</p> <p><b>F7b</b> Monomiktina breča sa crvenim, gvoždjevitim matricom</p> <p><b>dol</b> Nivo dolomita</p> <p><b>F8</b> Peloidni vekston/floatston sa briozoama</p> <p><b>F9</b> Peckston do rudston sa mikritizovanim zrnima i pisoidima</p> <p><b>F10</b> Silicijski spikulitni vekston do peckston sa pisoidima i fenestrama</p>	<p><b>F11</b> Peloidni-skeletni peckston do grejnston</p> <p><b>F12</b> Peloidni-onkoidni peckston do grejnston sa fenestrama</p> <p><b>F13</b> Peloidni vekston do peckston sa bentoskim foraminiferama</p>	<p><b>F14</b> Spikulitni peckston sa rožnacija</p> <p><b>F15</b> Peloidni-krinoidni peckston sa retkim briozoama</p> <p><b>F16</b> Crveni krinoidni peckston sa bentoskim foraminiferama i retkim zrnima glaukonita i kvarca</p> <p><b>F17</b> Peloidni peckston/rudston sa litoklastima cm-veičine i zrnima glaukonita i kvarca</p>	<p><b>F11</b> Alevrit sa karbonatnim cementom</p> <p><b>F12</b> Peloidni peckston sa zrnima kvarca, do sitnozrni peščar</p> <p><b>F13</b> Vekston sa planktonskim foraminiferama i zrnima kvarca</p> <p><b>F14</b> Peloidni peckston-rudston sa crvima i zrnima kvarca</p> <p><b>F15</b> Peloidno-briozojki peckston sa zrnima kvarca</p> <p><b>F16</b> Briozojki peckston</p>	<p><b>F17a-c</b> Ooidalni grejnston</p> <p><b>F18</b> Peckston-grejnston sa obavijenim zrnima, ooidima, briozoama i glaukonitom</p> <p><b>F19</b> Gusto zbijeni briozojki peckston-boundston sa ooidima</p> <p><b>F110</b> Peloidno-ooidalni grejnston-peckston</p> <p><b>F111</b> Onkoidalni peckston-rudston, do peščar</p>	<p><b>Fs1</b> Peloidni peckston-grejnston/rudston sa obavijenim zrnima, rudistima i boundstonom</p> <p><b>Fs2</b> Ooidalni peckston-rudston sa obavijenim zrnima</p> <p><b>Fs3</b> Dobro sortirani grejnston sa obavijenim zrnima i marinskim cementom</p> <p><b>Fs4</b> Boundston sa krečnjačkim sunderima i koralima</p> <p><b>Fs5</b> Skeletni peckston/rudston sa puževima i briozoama</p> <p><b>Fs6</b> Onkoidalni peckston-grejnston</p>	<p><b>Fs7a</b> (Tangentno-radijalno) ooidalni grejnston</p> <p><b>Fs7b</b> (Tangentno) ooidalni grejnston</p> <p><b>Fs8</b> Ooidalno-skeletni peckston</p> <p><b>Fs9</b> Peloidni peckston-rudston sa zrnima kvarca</p> <p><b>Fs10</b> Krinoidalni grejnston-pakston</p>
Rezim:	Fotozoanski		Heterozoanski	Heterozoanski		Fotozoanski	Fotozoanski-heterozanski	

A Aproximativna pozicija analiziranih stubova

Slika 7.6. Predloženi model evolucije južnog dela GKP tokom rane krede.

## 8. Zaključak

Karbonatne stene južnog dela Getske karbonatne platforme (GKP) donjokredne starosti detaljno su istražene u oblasti Dimitrovgrada u cilju rekonstrukcije njihove sedimentološke, facijalne i paleoekološke evolucije. Na osnovu jasno definisanih stratigrafskih odnosa, litoloških i biostratigrafskih karakteristika, kao i geohemijskih indikatora, proučena sekvenca je podeljena u tri glavne stratigrafske celine: berijas–valendin, valendin–otriv? i barem–apt. Unutar ovih celina identifikovane su pojedinačne stratigrafske jedinice koje odražavaju faze razvoja karbonatne platforme, kontrolisane tektonskim, eustatskim, klimatskim i ekološkim promenama, kao i promenama u prinosu nutrijenata i terigenog materijala.

Najstarija celina, berijas–valendinske starosti, obuhvata 17 litofacija organizovanih u tri jedinice (I–III). Jedinica I predstavlja dominantno subtajdalnu sedimentaciju u fotozoanskom režimu. Facija F1, bogata rudistima, koralima, stromatoporoidima i mikroproblematikumima (*Bacinella*, *Lithocodium*), ukazuje na niskoenergetske uslove subtajdalnih laguna ispod baze talasa povoljne za kolonizaciju inkrustatora i graditelja sprudova. Facije F2–F4 dokumentuju međusprudne i normalne subtajdalne sredine, dok facije F5a-b odražavaju lokalno razvijene pač sprudove. Lateralna i vertikalna smena facija svedoči o dinamičnom akomodacionom prostoru, visokoj biološkoj produktivnosti i prilagodljivosti ekosistema u plitkovodnom sistemu.

Jedinica II odražava fazu oplićavanja platforme, praćenu epizodama subaerske erozije i formiranjem karstnih breča (F7a-b), naročito izraženih u stubovima B i C. Facije F8–F12 dokumentuju prelazak u intertajdalno-supratajdalne sredine, dok geohemijske analize  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{18}\text{O}$  potvrđuju uticaj meteorske i potpovršinske dijageneze. Pojava litoklastičnih breča, disolucionih šupljina, vadoznih pisoida i sinsedimentacionog nivoa dolomita osvetljava lokalnu tektonsku kontrolu kroz formiranje normalnih raseda i kolaps povlatnih blokova. Viši delovi jedinice II odražavaju obnovu subtajdalnih facija, što potvrđuje ponovnu aktivnost fotozoanske karbonatne fabrike.

Donja granica jedinice III markira nivo pekstona sa rožnacima (F14). Ova facija, otkrivena u svim stubovima, poslužila je kao korelacioni marker, a označava potapanje karbonatne platforme. Povećane vrednosti nutrijenata, koji su izdizanjem hladnijih voda iz dubljih delova basena doneti, pospešile su uslove za nastanak skoro jednolične sredine povoljne samo za silicijske sundere. Facije F15–F16, bogate krinoidima i briozoama ukazuju na dominaciju suspenzora u mezotrofnim uslovima, i dalje pri povećanom prinosu nutrijenata. Facija F16, crvenog krinoidnog pekstona, sadrži mineraloške i bioteksturane dokaze o biogenom porekla oksida gvožđa, verovatno inicirane bakterijskom aktivnošću, što je u skladu sa opažanjima u drugim mezozojskim platformama. Facija F17, prisutna samo u stubu C, reflektuje niske stope sedimentacije i dominaciju heterozoanskih organizama u distalnim delovima platforme, dokumentujući transgresivnu transformaciju depozicione sredine. Na osnovu fosilne asocijacije starost jedinica I–III je određena kao berijasko–donjovalendinska.

Stratigrafska celina valendin–otriv? obuhvata 11 litofacija u jedinicama IV i V. Donji delovi jedinice IV su bogati kvarcom i liskunima (Ft1–Ft3), dok više delove odlikuju heterozoanske facije sa crvima, briozoama i krinoidima (Ft4–Ft6). Facije ooida u jedinici V (Ft7a-c) interpretirane su kao rezultat snažnog fluvijalnog uticaja i povećanih koncentracija  $\text{CO}_2$ , naglašavajući ulogu lokalnih prinosa u evoluciji platforme. Subtajdalne facije sa povremenim prinosom terigenog materijala i sinsedimentacionim redeponovanjem karbonatnog materijala u okviru platforme (Ft8–Ft11) su karakteristične za završne faze valendinsko–otrivske? sekcije.

Najmlađa stratigrafska sekvenca, barem–apt (VI–VII), dokumentuje povratak fotozoanskog režima sedimentacije sa facijama bogatim rudistima, graditeljima sprudova i mikroproblematikumima (*Bacinella*, *Lithocodium*), koji dostižu veliku facijalnu raznolikost (Fs1-Fs6), kao i velike debljine. Pri ovakvim povoljnim uslovima koralni pač sprudovi i sprudovi krečnjačkih sunđerā, dostižu debljine nekoliko m (Fs4a-b). Pojava ooidnih facija (Fs7-Fs8) u jedinici VII označava novu fazu promena sedimentacionih uslova koji odgovaraju organizmima filtratorima (Fs9-Fs10). Generalno bogata asocijacija bentoskih foraminifera i zelenih algi potvrđuje gornjobaremsku–donjoaptsku starost. Prisustvo kerogena tipa III (pretežno terigenog porekla, karakterističnog za priobalne i sredine blizu kopna) u valendin–otriv? sekvenci, kao i kerogena tipa II (marinskog porekla) u barem–apt sekvenci, dodatno osvetljava evoluciju ovog prostora tokom mezozoika.

Sveukupno, južni deo GKP tokom rane krede pokazuje dinamičnu višefaznu evoluciju karbonatne platforme, sa smenama fotozoanskog i heterozoanskog režima sedimentacije, epizodama potapanja i obnove platforme, kao i varijabilnim prinosom terigenog materijala. Tektonski faktori, eustatske oscilacije, klimatske promene, prinos nutrijenata i terigenog materijala zajedno su kontrolisali lokalnu heterogenost facija, dok se globalni događaji mogu korelisati sa lokalnim sedimentacionim promenama. Proučena sekvenca predstavlja izuzetan primer sinergije lokalnih i globalnih kontrolnih faktora u razvoju karbonatnih platformi, naglašavajući univerzalne trendove i regionalne specifičnosti koje su oblikovale mezozojsku evoluciju Getske karbonatne platforme i šireg Tetisa.

Ovim istraživanjem prvi put je izvršena integrisana sedimentološka, facijalna, biostratigrafska i geohemijska analiza donjokrednih karbonatnih sekvenci južnog dela Getske karbonatne platforme na prostoru istočne Srbije. Definisani su detaljni facijalni modeli i stratigrafske jedinice koje omogućavaju pouzdanije stratigrafsko određivanje berijas–valendinskih, valendin–otrivskih? i barem–aptskih sedimentnih stena. Poseban doprinos predstavlja prepoznavanje višefazne evolucije karbonatne platforme, sa jasnim smenama fotozoanskog i heterozoanskog režima sedimentacije, kao i identifikacija lokalne tektonske kontrole u razvoju akomodacionog prostora i prekidima sedimentacije.

Rezultati rada imaju značajne implikacije za regionalnu korelaciju donjokrednih karbonatnih sistema Tetisa, naročito u okviru Getske karbonatne platforme u Srbiji, Bugarskoj i Rumuniji. Predloženi depozicioni modeli i facijalni obrasci mogu se primeniti u reinterpretaciji postojećih geoloških karata i stratigrafskih šema, kao i u budućim regionalnim i uporednim studijama karbonatnih platformi. Dobijeni rezultati doprinose širem razumevanju odnosa između lokalnih tektonskih procesa i globalnih eustatskih i klimatskih promena u kontroli evolucije mezozojskih karbonatnih sistema.

## Literatura

- Ager D.V. (1981) - The Nature of the Stratigraphical Record, 2nd edn. Macmillan Press, London, 122 pp.
- Allan J.R. & Matthews R.K. (1982) - Isotope signatures associated with early meteoric diagenesis. *Sedimentology*, v. 29: 797-817.
- Amorosi A. (1997) - Detecting compositional, spatial, and temporal attributes of glaucony: a tool for provenance research. *Sedimentary Geology*, 109(1-2): 135-153.
- Amorosi A., Guidi R., Mas R. & Falanga E. (2012) - Glaucony from the Cretaceous of the Sierra de Guadarrama (Central Spain) and its application in a sequence-stratigraphic context. *International Journal of Earth Sciences*, 1: 415-427.
- Anđelković J., Krstić B., Bogdanović P., Jadranin D., Milenković P., Milošaković, R., Urošević D., Dimitrijević M., Dolić D., Rakić M.O., Jovanović Lj., Maslarević Lj., Marković B., Divljan M. & Đorđević M. (1969) - Explanatory booklet for sheet PIROT, K 34-34 and BREZNIK, K 34-46 Basic Geological Map of SFRY, 1:100,000. Federal Geological Survey, Beograd, 69 pp.
- Anđelković J., Krstić B., Bogdanović P., Jadranin D., Milošaković R., Milenković P., Fotić V. & Jovanović L. (1975) - Basic Geological Map of SFRY, 1:100,000, Sheet Breznik (K 34-46). Federal Geological Survey, Beograd.
- Angelov V., Marinova R., Grozdev V., Antonov M., Sinyovski D., Ivanova D., Petrov I., Metodiev L., Milovanov P., Popov A., Valev V. & Aydanliyski G. (2010) - Geological Map of the Republic of Bulgaria. Scale 1:50 000. Dragoman Map Sheet, Ministry of Environment and Water and Bulgarian National Geological Survey.
- Arnaud-Vanneau A. & Arnaud H. (1990) - Hauterivian to Lower Aptian carbonate shelf sedimentation and sequence stratigraphy in the Jura and northern Subalpine chains (southeastern France and Swiss Jura). In: Carbonate Platforms: Facies, Sequences and Evolution (Tucker M.E., Wilson J.L., Crevello P.D., Sarg J.R. and Read J.F. (Eds)), IAS Spec. Publ., 9: 203–233.
- Arnaud-Vanneau A., Arnaud H. & Thieuloy J.-P. (1976) - Bases nouvelles pour la stratigraphie des calcaires urgoniens du Vercors. *Newsl. Stratigr.*, 2: 143–159.
- Arnaud-Vanneau A., Decrouez D., Longo-Salvador G., Luperto-Sinni E., Masse J.P., Peybernes B., Pirini-Ra Drizzani C., Pugliese N., Radoičić R., Sartorio D., Skousis-Coroneau V. & Velić I. (1991) - IGCP Project 262 Tethyan Cretaceous Correlation; Working Group on Platform Benthic Foraminifera: Distribution of the Lower Cretaceous Benthic Foraminifera on the Adriatic Area and Northern Margin of the Tethys. Second International Symposium on the Adriatic Carbonate Platform, relation with adjacent regions, Zadar, May 12–18. 1991, Abstracts: p. 22.
- Arthur M. A. & Fischer A. G. (1977) - Upper Cretaceous–Paleocene magnetic stratigraphy at Gubbio, Italy. Lithostratigraphy and sedimentology. *Geological Society of America Bulletin*, 88(3): 367-371.
- Arthur M.A. & Premoli-Silva I. (1982) - Development of widespread organic carbon-rich strata in the Mediterranean Tethys. In: Schlanger, S.O., Cita, M.B. (Eds.), Nature and Origin of Cretaceous Carbon-rich Facies. Academic Press, London, pp. 7-54.

- Azeredo A.C., Wright V. P., Mendonça-Filho J., Cabral M.C. & Duarte L.V. (2015) - Deciphering the history of hydrologic and climatic changes on carbonate lowstand surfaces: calcrite and organic-matter/evaporite facies association on a palimpsest Middle Jurassic landscape from Portugal., *Sedimentary Geology*, 323: 66-91.
- Bádenas B. & Aurell M. (2010) - Facies models of a shallow-water carbonate ramp based on distribution of non-skeletal grains (Kimmeridgian, Spain). *Facies*, 56: 89-110.
- Banner F.T., Finch E.M. & Simmons M.D. (1990) - On *Lithocodium* ELLIOTT (calcareous algae); its paleobiological and stratigraphical significance. *Journal of Micropalaeontology*, London, vol. 9, no. 1: 21-36.
- Barbu V. & Melinte-Dobrinescu M.C. (2008) - Latest Jurassic to Earliest Cretaceous paleoenvironmental changes in the Southern Carpathians (Romania): regional record of the Late Valanginian nutrification event. *Cretaceous Research*, 29: 790-802.
- Barbu V. (2013) - Valanginian isotopic and palaeoecological signals from the Bucegi Mountains, Southern Carpathians, Romania. Geological Society London Special Publications 382: 5-29.
- Bertling M. & Insalaco E. (1998) - Late Jurassic coral/microbial reefs from the northern Paris Basin—facies, palaeoecology and palaeobiogeography. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 139(3-4): 139-175.
- Bonvallet L., Arnaud-Vanneau A., Arnaud H., Adatte T., Spangenberg J. E., Stein M., Godet A. & Föllmi K.B. (2019) - Evolution of the Urgonian shallow-water carbonate platform on the Helvetic shelf during the late Early Cretaceous. *Sedimentary Geology*, 387: 18-56.
- Boucot A.J., Xu Chen & Scotese C.R. (2013) - Phanerozoic Paleoclimate: An Atlas of Lithologic Indicators of Climate, SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology, (Print-on-Demand Version), No. 11, 478 pp., ISBN 978-1-56576-289-3, October 2013. Society for Sedimentary Geology, Tulsa, OK.
- Boulvain F., De Ridder C., Mamet B., Prétat A. & Gillan D. (2001) - Iron microbial communities in Belgian Frasnians carbonate mounds. *Facies*, 44 (1): 47-59.
- Bover-Arnal T., Löser H., Moreno-Bedmar J. A., Salas R. & Strasser A. (2012) - Corals on the slope (Aptian, Maestrat Basin, Spain). *Cretaceous Research*, 37: 43-64.
- Bover-Arnal T., Salas R., Martin-Closas C., Schlagintweit F. & Moreno-Bedmar J.A. (2011) - Expression of an oceanic anoxic event in a neritic setting: Lower Aptian coral rubble deposits from the western Maestrat Basin (Iberian Chain, Spain). *Palaios*, 26(1): 18-32.
- Bown P.R., Rutledge D.C., Crux J.A. & Gallagher L.T. (1998) - Lower Cretaceous. In Bown P. R. (Eds) - Calcareous Nannofossil Biostratigraphy: 86-131. British Micropalaeontological Society Publication Series.
- Bubík M., Cígler V., Mikuláš R., Rabrenović D., Reháková D., Skupien P., Švábenická L., Svobodová A. & Svobodová M. (2024) - The integrated biostratigraphy and palaeoenvironments across the Jurassic–Cretaceous boundary in the Dedina section (eastern Serbian Carpathians). *Cretaceous Research*, 158: 105817.
- Bucur I.I. & Săsăran E. (2005) - Relationship between algae and environment: an Early Cretaceous case study, Trascău Mountains, Romania. *Facies*, 51: 275-287.

- Bucur I.I. & Săsăran E. (2011) - Calcareous algae from Romanian Carpathians. Field Trip Guidebook, 10th International Symposium on Fossil Algae, Cluj-Napoca. pp. 97-114.
- Bucur I.I. & Schlagintweit F. (2018) - *Moulladella jourdanensis* (Foury & Moullade, 1966) n. gen., n. comb.: Valanginian-early late Barremian larger benthic foraminifera from the northern Neotethyan margin. *Acta Palaeontologica Romaniae*, 14(2): 45-59.
- Bucur I.I. (1997) - Mesozoic formations of the Reșița-Moldova Nouă zone. Cluj University Press, Cluj-Napoca, 214 p. (in Romanian with English Summary).
- Bucur I.I. (2008) -Barremian-Aptian calcareous algae from Romania: an overview. *Bull Soc Geol Ital (Ital J Geosci)*, 127: 245-255.
- Bucur I.I., Conrad M.A. & Radoičić R. (1995) - Foraminifers and calcareous algae from Valanginian limestones in the Jerma River Canyon, Eastern Serbia. *Rev. Paléobiol.*, 14(2): 349-377.
- Bucur I.I., Jovanović D., Radoičić R., Sudar M. & Mircescu C.V. (2021) - Lower Cretaceous carbonate deposits from the Derezna borehole (Carpatho-Balkanides, eastern Serbia) and remarks on some dasycladalean algae. *Acta Palaeontologica Romaniae*, 17(1): 3-14.
- Bucur I.I., Sudar M., Schlagintweit F., Pleș G., Săsăran E., Jovanović D., Polavder S. & Radoičić R. (2020) - Lowermost Cretaceous limestones from the Kučaj zone (Carpatho–Balkanides, Eastern Serbia): new data on their age assignment, *Cretaceous Research*, 116: 104575. [20 pp.]
- Caratelli M., Archuby F.M., Fürsich F. & Pignatti J. (2021) - Macrooids from mixed siliciclastic-carbonate high-frequency sequences of the Agrio Formation (Lower Cretaceous), Neuquén Basin: Palaeoecological and palaeoenvironmental constraints. *Cretaceous Research*, 123: 104778.
- Carević I. (2011) - Geologija zapadnog krečnjačkog pojasa istočne Srbije između Dunava i Mlave. Doktorska disertacija, Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, 147 str.
- Carević I., Abad M.T.K., Ljubović-Obradović D., Vaziri S.H., Mirković M., Aryaei A.A., Stejić P. & Ashouri A.R. (2013) - Comparisons between the Urganian platform carbonates from eastern Serbia (Carpatho-Balkanides) and northeast Iran (Kopet-Dagh Basin): Depositional facies, microfacies, biostratigraphy, palaeoenvironments and palaeoecology. *Cretaceous Research*, 40: 110-130.
- Carpenter K. & Ishida Y. (2010) - Early and „Middle“ Cretaceous Iguanodonts in Time and Space. *Journal of Iberian Geology*. 36: 145-164.
- Cavalheiro L., Wagner T., Steinig S., Bottini C., Dumann W., Esegbe O, Gambacorta G., Giraldo-Gómez V., Farnsworth A., Flögel S., Hofmann P., Lunt D.J., Rethemeyer J., Torricelli S. & Erba E. (2021) - Impact of global cooling on Early Cretaceous high p CO<sub>2</sub> world during the Weissert Event. *Nature communications*, 12(1): 5411.
- Celestino R.S., Wohlwend D., Rehakova & H. Weissert (2017) - Carbon isotope stratigraphy, biostratigraphy and sedimentology of the Upper Jurassic–Lower Cretaceous Rayda Formation, Central Oman Mountains, *Newsl. Stratigr.*, 50(1): 91-109.

- Chatalov A., Bonev N. & Ivanova D. (2015) - Depositional characteristics and constraints on the mid-Valanginian demise of a carbonate platform in the intra-Tethyan domain, Circum Rhodope belt, northern Greece. *Cretaceous Research*, 78: 55-115.
- Clavel B., Charollais J., Conrad M.A., Jan du Chene R., Busnardo R., Gardin S., Erba E., Schroeder R., Cherchi A., Decrouez D., Granier B., Sauvagnat J. & Weidmann M. (2007) - Dating the progradation of the Urgonian limestone from the Swiss Jura to South East France. *Z. D. Ges. Geow.*, 158: 1025–1062.
- Clavel B., Charollais J., Schroeder R. & Busnardo R. (1995) - Réflexions sur la biostratigraphie du Crétacé inférieur et sur sa complémentarité avec l'analyse séquentielle: ex emple de l'Urgonien jurassien et subalpin. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 166: 663–680.
- Conrad M.A. & Clavel B. (2008) - A *Lithocodium* and *Bacinella* signature of a late Hauterivian, local microbial event: the Urgonian limestone in south-east France. *Geologia Croatica*, 61(2-3): 239-250.
- Cvetković V., Prelević D. & Schmid S. (2016) - Geology of south-eastern Europe. In: Papić P., ed. Mineral and thermal waters of south-eastern Europe. *Env Earth Sci Springer International Publishing*, Switzerland 1–29.
- D'Orbigny (1847) - Paléontologie Française. Terrains Crétacés IV. Brachiopodes. Paris.
- Dahanayake K. (1977) - Classification of oncoids from the Upper Jurassic carbonates of the French Jura. *Sedimentary Geology*, 18: 337-353.
- Delecat S. & Reitner J. (2005) - Sponge communities from the Lower Liassic of Adnet (Northern Calcareous Alps, Austria). *Facies*, 51: 385-404.
- Delecat S., Arp G. & Reitner J. (2011) - Aftermath of the Triassic–Jurassic Boundary Crisis: Spiculite Formation on Drowned Triassic Steinplatte Reef-Slope by Communities of Hexactinellid Sponges (Northern Calcareous Alps, Austria). In: Reitner J., Quéric N. V., & Arp G. (Eds) - *Advances in Stromatolite Geobiology, Lecture Notes in Earth Sciences*: 355-390. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Della Porta G., Kenter J. A. M., Bahamonde J. R., Immenhauser A. & Villa E. (2003a) - Microbial boundstone dominated carbonate slope (Upper Carboniferous, N Spain): microfacies, lithofacies distribution and stratal geometry. *Facies*, 49: 175-208.
- Della Porta G., Mamet B. & Prétat A. (2003b) - Microbial mediation in the formation of red limestones, Upper Carboniferous, Cantabrian Mountains, Spain. *Proceedings of the XVth International Congress on Carboniferous and Permian Stratigraphy*. Utrecht, the Netherlands, 10-16 August 2003.
- Della Porta G., Merino-Tomé O., Kenter J.A., & Verwer K. (2014) - Lower Jurassic microbial and skeletal carbonate factories and platform geometry (Djebel Bou Dahar, High Atlas, Morocco). In: Verwer K., Playton T.E. & Harris P.M. (Eds) - *Deposits, Architecture and Controls of Carbonate Margin, Slope and Basinal Settings*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Tulsa, Special Publications, 105.
- Dercourt J., Gaetani M., Vrielynck B., Barrier E., Biju-Duval B., Bruet M.F., Cadet J.P., Crasquin S. & Sandulescu M. (2000) - Atlas Peri-Tethys, Palaeogeographical Maps. 24 maps and explanatory notes. CCGM/CGMW, Paris, 269 pp.

- Desrochers A. & James N.P. (1988) - Early Paleozoic surface and subsurface paleokarst: Middle Ordovician carbonates, Mingan Islands, Quebec. In: James N. P. & Choquette P. W. (Eds) - Paleokarst: 183-210. New York, NY: Springer New York.
- Dickson J.A.D. (1966) - Carbonate identification and genesis as revealed by staining. *Journal of Sedimentary Research*, 36(2): 491-505.
- Dimitrijević M.D. (1997) - Geology of Yugoslavia. Geological institute GEMINI special publication, Belgrade, 187 pp.
- Dragastan O.N. (2010) - Platforma Carbonatica Getica. Stratigrafia Jurasicului i Cretacicului inferior, reconstituiri paleogeografice, provincii si biodiversitate. Editura Universitatii Bucuresti, 621 pp.
- Duchamp-Alphonse S., Fiet N., Adatte T. & Maurice, P. (2011) - Climate and sea-level variations along the northwestern Tethyan margin during the Valanginian C-isotope excursion: mineralogical evidence from the Vocontian Basin (SE France). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 302: 243-254.
- Dunham R.J. (1962) - Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W.E. (Eds) - Classification of carbonate rocks: 108-121. AAPG Memoir 1.
- Dupraz C. & Strasser A. (1999) - Microbialites and micro-encrusts in shallow coral bioherms (Middle to Late Oxfordian, Swiss Jura Mountains). *Facies*, 40: 101-129.
- Embry A.F. & Klovan J.E. (1971) - A late Devonian reef tract on northeastern Banks Island. N.W.T. - *Bull. Canadian Petrol. Geol.*, 19: 730-781.
- Erba E., Bartolini A. & Larson R.L. (2004) - Valanginian Weissert oceanic anoxic event. *Geology*, 32: 149-152.
- Esteban M. & Pray L.C. (1983) - Pisoids and pisolite facies (Permian), Guadalupe Mountains, New Mexico and West Texas. In: Peryt M.T. - Coated grains: 503-537. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Esteban M. (1976) Vadose pisolite and caliche. *AAPG Bulletin*, 60(11): 2048-2057.
- Falces-Delgado S., García-Martínez N., Giannetti A. & Baeza-Carratal J.F. (2022) - Reef-associated depositional environments in the lowermost Cretaceous facies (Berriasian) from the Eastern Prebetic domain (South-Iberian Palaeomargin, SE Spain). *Cretaceous Research*, 137: 105225. 19 pp.
- Flügel E. (2004) - Microfacies of carbonate rocks. Springer, Berlin.
- Flügel E. (2010) - Microfacies of carbonate rocks. Analysis, Interpretation and Application. 2nd Edition. Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, 984 pp.
- Föllmi K.B., Bodin S., Godet A., Linder P. & Van De Schootbrugge B. (2007) - Unlocking paleo-environmental information from Early Cretaceous shelf sediments in the Helvetic Alps: stratigraphy is the key!. *Swiss journal of geosciences*, 100: 349-369.
- Föllmi K.B. & Godet A. (2013) - Palaeoceanography of Lower Cretaceous Alpine platform carbonates. *Sedimentology*, 60: 131-151.

- Föllmi K.B. (2012) - Early Cretaceous life, environment and anoxia. *Cretaceous Research*, 35: 230-257.
- Föllmi K.B., Godet A., Bodin S. & Linder P. (2006) - Interactions between environmental change and shallow-water carbonate build-up along the northern Tethyan margin and their impact on the early Cretaceous carbon-isotope record. *Paleoceanography*, 21: 1-16.
- Föllmi K.B., Weissert H., Bisping M. & Funk H. (1994) - Phosphogenesis, carbon isotope stratigraphy, and carbonate-platform evolution along the Lower Cretaceous northern Tethyan margin. *Geological Society of America Bulletin*, 106: 729-746.
- Frakes L. A., Francis J.E. & Syktus J.I. (1992) - Climate modes of the Phanerozoic: The History of the Earth's Climate over the Past 600 Million Years. Cambridge University Press, 274 pp.
- Funk H., Föllmi K.B. & Mohr H. (1993) - Evolution of the Tithonian–Aptian carbonate platform along the northern Tethyan margin, eastern Helvetic Alps. *AAPG Memoirs*. 46: 387-407.
- Gaetani M., Dercourt J. & Vrielynck B. (2003) - The Peri-Tethys programme: achievements and results. *Episodes Journal of International Geoscience*, 26(2): 79-93.
- Gawlick H.J. & Schlagintweit F. (2006) - Berriasian drowning of the Plassen carbonate platform at the type-locality and its bearing on the early Eoalpine orogenic dynamics in the Northern Calcareous Alps (Austria). *International Journal of Earth Sciences*, 95: 451-462.
- Georgiev G., Dabovski C. & Stanisheva-Vassileva. G. (2001) - East Srednogorie-Balkan Rift Zone. In: Ziegler P.A. et al., (Eds): Peri-Tethys Memoir 6: Alps-Carpathians-Dinarides 177 Peri-Tethyan Rift/Wrench Basins and Passive Margins. Mémoires Musée Histoire Naturelle Paris 186: 259–293.
- Gillan D. & Ridder De Ch. (1997) - Morphology of ferric ironencrusted biofilm forming on the shell of a burrowing bivalve (Mollusca). *Aquatic Microbial Ecology*, 12: 1-10.
- Godet A., Adatte T., Arnaud-Vanneau A., Bonvallet L., De Kaenel E. & Mojon P.O. (2024) - Rise and demise of the Urgonian platform in Switzerland. *Geological Society, London, Special Publications*, 545(1): 117-135.
- Godet A., Foellmi K. B., Bodin S., de Kaenel E., Matera V. & Adatte T. (2010) - Stratigraphic, sedimentological and palaeoenvironmental constraints on the rise of the Urgonian platform in the western Swiss Jura. *Sedimentology*, 57(4): 1088-1125.
- Godet A., Föllmi K.B., Spangenberg J.E., Bodin S., Vermeulen J., Adatte T., Bonvallet L. & Arnaud H. (2013) - Deciphering the message of Early Cretaceous drowning surfaces from the Helvetic Alps: What can be learnt from platform to basin correlations?. *Sedimentology*, 60(1): 152-173.
- Gonzalez-Donoso J.M., Linares D., Martin-Algarra A., Rebollo M., Serrano F. & Vera J.A. (1983) - Discontinuidades estratigraficas durante el Cretacico en el Penibetico (Cordillera Betica): *Estudios Geologica*: 39: 71-116.
- Grădinaru M., Lazăr I., Bucur, I.I., Grădinaru E., Săsăran E., Ducea M.N. & Andrașanu A. (2016) - The Valanginian history of the eastern part of the Getic Carbonate Platform (Southern Carpathians, Romania): evidence for emergence and drowning of the platform. *Cretaceous Research*, 66(1): 11-42.

- Granier B.R. (2021) - *Bacinella*, a discrete type of Mesozoic calcimicrobial structure. *Carnets Geol.*, 21(01): 1-25.
- Gréselle B. & Pittet B. (2010) - Sea-level reconstructions from the Peri-Vocontian Zone (South-east France) point to Valanginian glacio-eustasy. *Sedimentology*, 57(7): 1640-1684.
- Grover G. & Read J.F. (1978) - Fenestral and associated vadose diagenetic fabrics of tidal flat carbonates, Middle Ordovician New Market Limestone, southwestern Virginia. *Journal of Sedimentary Research*, 48(2): 453-473.
- Hallam A. (1985) - A review of Mesozoic climates. *Journal of the Geological Society*, London 142: 433-445.
- Hallock P. & Schlager W. (1986) - Nutrient excess and the demise of coral reefs and carbonate platforms. *Palaios*: 389-398.
- Haq B.U. (2014) - Cretaceous eustasy revisited. *Global and Planetary Change*, 113: 44-58.
- Henrich R., Hartmann M., Reitner J., Schäfer P., Freiwald A., Steinmentz S., Dietrich P. & Theide J. (1992) - Facies belts and communities of the Arctic Vesterisbanken Seamount (Central Greenland Sea). *Facies*, 27: 71-104.
- Hesse R. (1988) - Diagenesis 13. Origin of chert: Diagenesis of biogenic siliceous sediments. *Geoscience Canada*, 15(3): 171-192.
- Hesse R. (1989) - Silica diagenesis: origin of inorganic and replacement cherts. *Earth-Science Reviews*, 26(1): 253-284.
- Hillgärtner H. (1998) - Discontinuity surface on the shallow-marine platform (Berriasian-Valanginian, France and Switzerland). *Journal of Sedimentary Research*, 68: 1093-1108.
- Höfling R. & Scott R.W. (2002) - Early and mid-Cretaceous buildups. In: Kiessling W., Flügel E. & Golonka J. - Phanerozoic Reef Patterns. Spec. Publ. Soc. SEPM Sediment. Geol., 72: 521-548.
- Howell J.A., Schwarz E., Spalletti L.A. & Veiga G.D. (2005) - The Neuquén Basin: an Overview. In: Veiga, G.D., Spalletti, L.A., Howell, J.A., Schwarz, E. (Eds.), *The Neuquén Basin, Argentina: a case study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics*, Geological Society of London Special Publication 252: 1–14.
- Hu X., Scott R.W., Cai Y., Wang C. & Melinte-Dobrinescu M.C. (2012) - Cretaceous oceanic red beds (CORBs): Different time scales and models of origin. *Earth-Science Reviews*, 115(4): 217-248.
- Immenhauser A., Huck S., Rameil N., Heimhofer U., Wiczorek D. & Kunkel C. (2009) - Tethys-wide occurrence of Lower Aptian Lithocodium-Bacinella facies: shoalwater expression of basinal OAE1a black shales. In *Goldschmidt2009, Challenges to Our Volatile Planet* (pp. 568).
- Immenhauser A., Hillgärtner H. & Van Betum E. (2005) - Microbial-foraminiferal episodes in the Early Aptian of the southern Tethyan margin: ecological significance and possible relation to oceanic anoxic event 1a. *Sedimentology*, 52: 77-99.

- Ivanov Z. (1988) - Aperçu général sur l'évolution géologique et structurale du massif des Rhodopes dans le cadre des Balkanides. *Bulletin de la Société Géologique de France* 84/2: 227–240.
- Ivanova D. & Chatalov A. (2022) - New Stratigraphical and Sedimentological Data on the Lower Cretaceous Rocks in Section Kalotina, Western Bulgaria. In *Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences*, 75, 12: 1785-1795.
- Ivanova D. & Koleva-Rekalova E. (2004) - Agglutinated foraminifers in the framework of Southwestern Bulgarian palaeoenvironmental evolution during the Late Jurassic and Early Cretaceous. In: Bubík, M. & Kaminski M. A. - Proc. 6th Int. Workshop on Agglutinated Foraminifera, Grzyb. Found. Spec. Publ., 8: 217-227.
- Ivanova D., Kołodziej B., Koleva-Rekalova E. & Roniewicz E. (2008) - Oxfordian to Valanginian palaeoenvironmental evolution on the western Moesian Carbonate Platform: a case study from SW Bulgaria. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 78: 65-90.
- Ivanova D., Stoykova K. & Lakova I. (2000) - New microfossil data on the age relationship between Slivnitsa and Salash Formations in Dragoman region, Western Bulgaria. *C. R. Acad. Bulg. Sci.*, 53(4): 71-74.
- Jach R. (2002) - Lower Jurassic spiculite series from the Križna Unit in the Western Tatra Mts, Western Carpathians, Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 72 (2): 131-144.
- James N.P. & Choquette P.W. (1984) - Diagenesis 9. Limestones-the meteoric diagenetic environment. *Geoscience Canada*, 11(4): 161-194.
- James N.P. (1997) - The cool-water carbonate depositional realm. In: James N.P. & Clarke J.A.D. (Eds) - Cool-Water Carbonates: 1-20. SEPM Spec. Publ., 56.
- Jankičević J. (1996) - Urganian of the Carpatho-Balkanides of Serbia in the light of formation analysis. *Geološki anali Balkanskoga poluostrva*, 60 (2): 29–40 (in Serbian and English).
- Jankičević J. (1978) - Barremien et Aptien des parties moyennes des Carpatho-Balkanides dans la Serbie orientale au point de vue du développement d'Urganien. *Geološki anali Balkanskoga poluostrva*, 42: 103-194 (in Serbo-Croatian, French summary).
- Jenkyns H.C. (1991) - Origin of red nodular limestones (Ammonitico Rosso, Knollenkalke) in the Mediterranean Jurassic: a diagenetic model. In: Pelagic Sediments: on Land and Under the Sea. IAS Special Publication 1: 249- 271.
- Jenkyns H.C. (1999) - Mesozoic anoxic events and palaeoclimate. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie* 7-9: 943-949.
- Karamata S. (2006) - The geological development of the Balkan Peninsula related to the approach, collision and compression of Gondwana and Eurasian units. In: Robertson, A.H.F. & Mountrakis, D. (Eds.): Tectonic Development of the Eastern Mediterranean Region. Geological Society London Special Publications 260: 155–178.
- Krstić N. & Karamata S. (1992) - Terani u Karpato-balkanidima istočne Srbije. *Zapisnici Srpskog geološkog društva jubilarna knjiga (1891-1991)*: 57-69.
- Kaya M. & Altiner D. (2015) - Microencrusters from the Upper Jurassic – Lower Cretaceous İnalti Formation (Central Pontides, Turkey): remarks on the development of reefal/peri-reefal facies. *Facies*: 61.

- Kenter J.A., Harris P.M.M. & Della Porta G. (2005) - Steep microbial boundstone-dominated platform margins—examples and implications. *Sedimentary Geology*, 178(1-2): 5-30.
- Kiessling W., Flügel E. & Golonka J. (1999) - Paleoreef maps: evaluation of a comprehensive database on Phanerozoic reefs. *AAPG bulletin*, 83(10): 1552-1587.
- Kiessling W., Flügel E. & Golonka J.A.N. (2003) - Patterns of Phanerozoic carbonate platform sedimentation. *Lethaia*, 36(3): 195-225.
- Kołodziej B. & Ivanova D. (2021) - Microencruster-microbial-cement framework of the Upper Jurassic reef developed on the slope of the intra-Tethyan carbonate platform (Bulgaria). *Proceedings of the Geologists' Association*, 132.
- Kounov A. (2002) - Thermotectonic evolution of Kraishite, Western Bulgaria. Unpublished PhD ETH Nr. 14946, ETH Zürich, 219 pp.
- Kounov A., Seward D., Bernoulli D., Burg J.-P. & Ivanov Z. (2004) – Thermo-tectonic evolution of an extensional dome: the Cenozoic Osogovo-Listes core complex (Kraishte zone, western Bulgaria). *International Journal of Earth Sciences* 93: 1008–1024.
- Krätner H.G. & Krstić B. (2006) - Geological map of the Carpatho-Balkanides between Mehadia, Oravita, Nis and Sofia. CD-version provided at the 18th Congress of the Carpathian-Balkan Geological Association, Belgrade 2006.
- Krätner H.G. & Krstić B.P. (2003) - Geological map of the Carpatho-Balkanides between Mehadia, Oravita, Niš and Sofia. Geoinstitut, Belgrade, 1 p.
- Krstekanić N., Matenco L., Toljić M., Mandić O., Stojadinović U. & Willingshofer E. (2020) - Understanding partitioning of deformation in highly arcuate orogenic systems: Inferences from the evolution of the Serbian Carpathians. *Global and Planetary Change*, 195: 103361.
- Krstekanić N., Willingshofer E., Broerse T., Matenco L., Toljić M. & Stojadinović U. (2021) - Analogue modelling of strain partitioning along a curved strike-slip fault system during backarc-convex orocline formation: Implications for the Cerna-Timok fault system of the Carpatho-Balkanides. *Journal of Structural Geology*, 149: 104386.
- Kump L.R., Bralower T.J. & Ridgwell A. (2009) - Ocean acidification in deep time. *Oceanography* 22: 94–107.
- Lackschewitz K. S., Grützmacher U. & Henrich R. (1991) - Paleooceanography and rotational block faulting in the Jurassic carbonate series of the Chiemgau Alps (Bavaria). *Facies*, 24: 1-24.
- Lafargue E., Marquis F. & Pillot D. (1998) - Rock-Eval 6 applications in hydrocarbon exploration, production, and soil contamination studies. *Revue de l'institut français du pétrole*, 53(4): 421-437.
- Lajoie J. & Chagnon A. (1973) - Origin of red beds in a Cambrian flysch sequence, Canadian Appalachians, Quebec. *Sedimentology*, 20 (1): 91-103.
- Lazăr I., Grădinaru M. & Petrescu L. (2013) - Ferruginous microstromatolites related to Middle Jurassic condensed sequences and hardgrounds (Bucegi Mountains, Southern Carpathians, Romania). *Facies* 59(2): 359-390.

- Lazăr I., Grădinaru M., Andrașanu A., Bucur I.I., Săsăran E. & Stoica, M. (2017) - Jurassic to Cretaceous Evolution of the Eastern Getic Domain, Rucăr-Bran Zone. *Field Trip Guide Book. Editura Universității din București.*
- Lazo D.G., Cichowolski M., Rodríguez D.L. & Aguirre-Urreta M.B. (2005) - Lithofacies, palaeoecology and palaeoenvironments of the Agrio Formation, lower cretaceous of the Neuquén Basin, Argentina In: Veiga G.D., Spalletti L. A., Howell J. A. & Schwarz E. (eds) 2005. The Neuquén Basin, Argentina: A Case Study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics. Geological Society, London, Special Publications, 252: 295-315.
- Lees A. & Buller A. T. (1972) - Modern temperate-water and warm-water shelf carbonate sediments contrasted. *Marine Geology*, 13(5): M67-M73.
- Leinfelder R.R., Nose M., Schmid D. & Werner M. (1993a) - Microbial crusts of the Late Jurassic: composition, palaeoecological significance and importance in reef construction. *Facies*, 29: 195-230.
- Leinfelder R.R., Krautter M., Nose M., Ramalho M.M. & Werner W., (1993b) - Siliceous sponge facies from the Upper Jurassic of Portugal., *N. Jb. Geol. Paläont.*, 189: 199-245.
- Leinfelder R.R., Schlagintweit F., Werner W., Ebli O., Nose M., Schmid D.U. & Hughes G.W. (2005) - Significance of stromatoporoids in Jurassic reefs and carbonate platforms-concepts and implications. *Facies*, 51: 287-325.
- Leinfelder R.R., Werner W., Nose M., Schmid D.U., Krautter M., Laternser R., Takacs M. & Hartmann, D. (1996) - Palaeoecology, growth parameters, and dynamics of coral, sponge, and microbolite reefs from the Late Jurassic. *Gottinger Arb Geol. Palaont.*, SB2: 227-248
- Lini A., Weissert H. & Erba E. (1992) - The Valanginian carbon isotope event: a first episode of greenhouse conditions during the Cretaceous. *Terra Nova*, 4: 374-384.
- Lohmann K.C. (1988) - Geochemical patterns of meteoric diagenetic systems and their application to studies of paleokarst. In PALEOKARST, New York, NY: Springer New York. (pp. 58-80).
- Longman M.W. (1980) - Carbonate diagenetic textures from nearsurface diagenetic environments. *AAPG bulletin*, 64(4): 461-487.
- Lowenstam H.A. & Weiner S. (1989) - On Biomineralization: New York, Oxford University Press, 324p.
- Mamet B. & Prétat A. (2006) - Iron-bacterial mediation in Phanerozoic red limestones: state of the art. *Sedimentary Geology*, 185 (3-4): 147-157.
- Mandov G. & Nikolov T. (2001) - Stratigraphy of the Lower Cretaceous in the region between Dragoman and Kalotina villages, Sofia district (Western Bulgaria), Ann. Univ. Sofia St. Kl. Ohridski, *Fac. Geol. Geogr.*, 91(1): 5-26 (in Bulgarian with English abstract).
- Masse J. P., Villeneuve M., Leonforte E. & Nizou J. (2009) - Block tilting of the North Provence early Cretaceous carbonate margin: stratigraphic, sedimentologic and tectonic data. *Bulletin de la Société géologique de France*, 180(2): 105-115.

- Masse J.-P. (1993) - Valanginian–Early Aptian carbonate platform from Provence, southeastern France. In: TONI SIMO, J.A., SCOTT, R.W. & MASSE, J.-P. (eds.), *Cretaceous Carbonate Platforms*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 56: 363–374.
- Merino-Tomé O., Della Porta G., Kenter J.A.M., Verwer K., Harris P.M., Adams E., Playton T. & Corrochano D. (2012) - Sequence development in an isolated carbonate platform (Lower Jurassic, Djebel Bou Dahar, High Atlas, Morocco): influence of tectonics, eustasy and carbonate production. *Sedimentology* 59: 118-155.
- Merten S. (2011) - Thermo-Tectonic Evolution of a Convergent Orogen with Low Topographic Build-up: Exhumation and Kinematic Patterns in the Romanian Carpathians Derived from Thermochronology. Vrije Universiteit Amsterdam.
- Michalík J., Lintnerová O., Reháková D., Boorová D. & Šimo V. (2012) - Early Cretaceous sedimentary evolution of a pelagic basin margin (the Manín Unit, central Western Carpathians, Slovakia). *Cretaceous Research*, 38: 68-79.
- Minero C. J. (1988) - Sedimentation and diagenesis along an island-sheltered platform margin, El Abra Formation, Cretaceous of Mexico. In: James N. P. & Choquette P. W. (Eds) - *Paleokarst*: 385-405. New York, NY: Springer New York.
- Minkovska V., Peybernès B., Nikolov T. & Ivanov M. (2002) - Paleogeographic reconstruction of a segment of the North-Tethyan margin in Bulgaria from Barremian to Albian. *Eclogae Geologicae Helveticae*, 95(2): 183-195.
- Mircescu C.V., Bucur I.I. & Săsăran E. (2014) - Dasycladalean algae from Upper Jurassic–Lower Cretaceous limestones of Piatra Craiului Massif (South Carpathians, Romania) and their relationship to paleoenvironment. *Studia UBB Geologia*, 59(1): 5-27.
- Mircescu C.V., Bucur I.I., Săsăran E., Pleş G., Ungureanu R. & Oprişa A. (2019) - Facies evolution of the Jurassic-Cretaceous transition in the Eastern Getic Carbonate Platform, Romania: Integration of sequence stratigraphy, biostratigraphy and isotope stratigraphy. *Cretaceous Research*, 99: 71-95.
- Mitrović-Petrović J. (2004) - *Paleoekološki rečnik*. Rudarsko-geološki fakultet, Beograd. 108 str.
- Morales C., Gardin S., Schnyder J., Spangenberg J., Arnaud-Vanneau A., Arnaud H., Adatte T. & Föllmi K. (2013) - Berriasian and early Valanginian environmental change along a transect from the Jura Platform to the Vocontian Basin. *Sedimentology*, 60: 36-63.
- Morales C., Spangenberg J.E., Arnaud-Vanneau A., Adatte T. & Föllmi K.B. (2016) - Evolution of the northern Tethyan Helvetic Platform during the late Berriasian and early Valanginian. *The Depositional Record*, 2(1): 47-73.
- Mount J. (1985) - Mixed siliciclastic and carbonate sediments: a proposed first-order textural and compositional classification. *Sedimentology*, 32(3): 435-442.
- Mullins H.T., Thompson J.B., McDougall K. & Vercoutere T.L. (1985) - Oxygen-minimum zone edge effects: evidence from the central California coastal upwelling system. *Geology*, 13(7): 491-494.

- Năstăseanu S., Bercia I., Iancu V., Vlad S. & Hartopanu I. (1981) - The Structure of the South Carpathians. Guide to Excursion B2 of the 12th Carpatho-Balkan Geological Association Congress, Bucharest, Romania.
- Nembrini M., Della Porta G. & Berra F. (2021) - Development of coral-sponge-microbialite reefs in a coated grain-dominated carbonate ramp (Upper Jurassic, eastern Sardinia, Italy). *Facies*, 67 (1): 1-32.
- Nikolov T. & Minkovska V. (2012) - the Lower cretaceous in Bulgaria: a review. *Revue de Paléobiologie, Volume Spécial*, 11: 77-87.
- Nikolov T. & Ruskova N. (1999) - Bulgaria during the Early Cretaceous-a review. *Geologica Balcanica*, 29(1/2): 3-18.
- Obasi C.C., Terry D.O., Jr., Myer G.H. & Grandstaff D.E. (2011) - Glauconite composition and morphology, shocked quartz, and the origin of the Cretaceous(?) main fossiliferous layer (MFL) in Southern New Jersey, U.S.A. *Journal of Sedimentary Research*. 81: 479-494.
- Patrulus D. & Avram, E. (2004) - The Lower Cretaceous ammonite assemblages and fossiliferous sites in the Dâmbovicioara region. *Acta Palaeontologica Romaniae*, 4: 331-341.
- Patrulus D. (1976) - Upper Jurassic – Lower Cretaceous carbonate rocks in the eastern part of the Getic Carbonate Platform and the adjacent flysch troughs. In: Patrulus D., Draganescu A., Baltres A., Popescu B., Radan S. (Eds) - Carbonates Rocks and Evaporites-Guidebook: 71-82. International Colloquium on Carbonates Rocks and Evaporites, Guidebook Series 15. Institute of Geology and Geophysics, Bucharest.
- Peryt T.M. (1983) - Vadoids. In: Peryt M.T. - Coated grains: 437-449. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Petrova S. (2010) - Calpionellid data on berriasian age of the Sarbenitsa Wedge, Cherni osam formation (Western Balkan Mountains, Bulgaria). *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences*, 63(5): 733-740.
- Petrova S., Andreeva P., Metodiev L., Rehakova D., Jozef M. & Iskra L. (2017) - Calpionellid biostratigraphy and microfacies analysis of a Tithonian-Berriasian carbonate succession in the Western Srednogorie (Bulgaria). *Geologica Balcanica*, 46: 65-92.
- Pleș G., Oprea A., Bucur I.I., Săsăran E., Mircescu C.V., Oltean G. & Iacob, R. (2019) - The central-western Getic Carbonate Platform: Upper Jurassic to Lower Cretaceous biostratigraphy and sedimentary evolution of the Cioclovina–Banita sector (Southern Carpathians, Romania). *Facies*, 65: 32.
- Pleș G., Schlagintweit F., Kołodziej B., Bucur I. I., Gawlick H. J., Mircescu C. V., & Lazăr I. (2024) - Upper Jurassic–lowermost Cretaceous hybrid build-ups of the Western Tethys Realm: Cement-rich microencruster-microbialite-calcified sponge framework. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 639: 112035.
- Pomar L. & Hallock P. (2008) - Carbonate factories: a conundrum in sedimentary geology. *Earth-Science Reviews*, 87(3-4): 134-169.
- Pomar L. (2001) - Types of carbonate platforms: a genetic approach. *Basin research*, 13(3), 313-334.

- Posamentier H.W. & Allen G.P. (1999) - Siliciclastic sequence stratigraphy. *Concepts and Applications: SEPM, Concepts in Sedimentology and Paleontology*, 7: 210.
- Préat A., Mamet B., Bernard A. & Gillan D. (1999) - Bacterial mediation, red matrices diagenesis, Devonian, Montagne Noire (southern France). *Sedimentary Geology*, 126: 223 - 242.
- Prelević D., Sokol K., Mladenović A., Gajić V. & Cvetković V. (2024) - Reconstruction of the Tethys' Waning in the Balkans (No. alpshop 2024-38). Copernicus Meetings. 16-18 September, Siena, Italy.
- Price G.D. (1999) - The evidence and implications of polar ice during the Mesozoic. *Earth Sci. Rev.* 48: 183–210.
- Radoičić R. (1978) - On distribution of dasycladalean in the Lower Cretaceous of Kurilovo, East Serbia. *Bulletin du Museum d'Histoire naturelle Beograd*, Series A 33: 183-197 (in Serbio-Croatian, with English summary).
- Reolid J., Betzler C., Singler V., Stange C. & Lindhorst S. (2017) - Facies variability in mixed carbonate–siliciclastic platform slopes (Miocene). *Facies*, 63(2): 11.
- Ricci C., Rusciadelli G., Della Porta G., Lanfranchi A., Jadoul, F., & Lathuilière B. (2018) - Sedimentary evolution of a coral-, microbialites- and debris-rich Upper Jurassic reef (upper Tithonian, eastern Sardinia, Italy). *Sedimentary Geology*, 376: 113-135.
- Riding R. (2000) - Microbial carbonates: the geological record of calcified bacterial–algal mats and biofilms. *Sedimentology*, 47: 179-214.
- Ritterbush K. (2019) - Sponge meadows and glass ramps: State shifts and regime change. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 513: 116-131.
- Roniewicz E. (2008) - Kimmeridgian-Valanginian reef corals from the Moesian platform from Bulgaria. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 78, 2: 91-134.
- Ross D. & Skelton P.W. (1993) - Rudist formations of Cretaceous A palaeoecological, sedimentological and stratigraphical review. In: Wright V.P. (Eds) - *Sedimentology Review 1*: 73-91. Oxford, UK, Blackwell Scientific Publications.
- Rubilar A.E. & Lazo D.G. (2009) - Description of *Aetostreon pilmatuegrossum* sp. nov. from the Lower Cretaceous of Argentina (Neuquén Basin), and significance of the conservative left valve morphology in oysters of the genus *Aetostreon* Bayle. *Cretaceous Research*, 30(3): 727-748.
- Săndulescu M. (1984) - *Geotectonica României* (translated title: Geotectonics of Romania). Ed. Tehnică, Bucharest, 450 pp.
- Sapunov I., Tchoumatchenco P., Dodekova L. & Bakalova D. (1985) - Stratigraphy of the Callovian and Upper Jurassic rocks in Southwestern Bulgaria. *Geologica Balcanica*, 15: 3-61.
- Săsăran E., Bucur I.I., Mircescu C.V. & Ungur G.C. (2017) - Microfacies analysis and depositional environments of the Tithonian-Valanginian limestones from Dambovicioara Gorges (Cheile Dambovicioarei), Getic Carbonate Platform, ^Romania. *Acta Paleontologica Romaniaae*, 13 (1): 25-48.

- Schlager W. (1981) - The paradox of drowned reefs and carbonate platforms: *Geological Society of America Bulletin*, 92: 197-211.
- Schlager W. (1989) - Drowning unconformities on carbonate platforms. In: Crevello, P.D., Wilson, J.L., Sarg, J.F., Read, J.F. (Eds.), *Controls on Carbonate Platform and Basin Development*, SEPM, Special Publication 44: 15-25.
- Schlager W. (1999a) - Scaling of sedimentation rates and drowning of reefs and carbonate platforms. *Geology*, 27(2): 183-186.
- Schlager W. (1999b) - Type 3 Sequence Boundaries. In *Advances in Carbonate Sequence Stratigraphy: Application to Reservoirs, Outcrops and Models*. SEPM (Society for Sedimentary Geology) Special Publication, 63: 35-45.
- Schlager W. (2000) - Sedimentation rates and growth potential of tropical, cool-water and mud-mound carbonate systems. In: Insalaco E., Skelton P.W. & Palmer T.J. (Eds) - *Carbonate Platform Systems: Components and Interactions*, Geol. Soc. London Spec. Publ., 178: 217-227.
- Schlager W. (2003) - Benthic carbonate factories of the Phanerozoic. *International Journal of Earth Sciences*, 92(4): 445-464.
- Schlager W. (2005) - Carbonate sedimentology and sequence stratigraphy (No. 8). SEPM Soc for Sed Geology. 204p.
- Schlager W. & Camber O. (1986) - Submarine slope angles, drowning unconformities, and self-erosion of limestone escarpments: *Geology*, v. 14: 762-765.
- Schlager S.O. & Jenkyns H. (1976) - Cretaceous oceanic anoxic events: causes and consequences. *Geologie en mijnbouw*, 55(3-4).
- Schlagintweit F. (2012) - New insights into *Troglotella incrustans* Wernli & Fookes, 1992, a fascinating Upper Jurassic-Upper Cretaceous foraminifer, *Studia UBB Geologia*, 57(2): 17-26.
- Schlagintweit F. & Bover-Arnal T. (2013) - Remarks on *Bačínella* RADOIČIĆ, 1959 (type species *B. irregularis*) and its representatives. *Facies*, 59, 1: 59-73.
- Schlagintweit F. & Krajewski M. (2015) - *Sarmentofascis? digitatus* n. sp., a new cladocoropsid stromatoporoid from the Tithonian-early Berriasian (Late Jurassic – Early Cretaceous) of the Ay-Petri massif (Crimea Peninsula). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen*, 277 (2): 141-151.
- 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 J. Geosci.*, 101: 139-183.
- Schmid S.M., Fügenschuh B., Kounov A., Matenco L., Nievergelt P., Oberhänsli R., Pleuger J., Schefer S., Schuster R., Tomljenović B., Ustaszewski K. & van Hinsbergen D.J.J. (2020) - Tectonic units of the Alpine collision zone between Eastern Alps and western Turkey. *Gondwana Research*, 78: 308-374.

- Schwarz E., Finzel E.S., Veiga G.D., Rapela C.W., Echevarria C. & Spalletti L.A. (2022) - U-Pb geochronology and paleogeography of the Valanginian–Hauterivian Neuquén Basin: implications for Gondwana-scale source areas. *Geosphere* 17 (1): 244–270.
- Scotese C.R. (2021) - An atlas of Phanerozoic paleogeographic maps: the seas come in and the seas go out. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 49(1): 679-728.
- Scotese C.R., Song H., Mills B.J. & van der Meer D.G. (2021) - Phanerozoic paleotemperatures: The earth's changing climate during the last 540 million years. *Earth-Science Reviews*, 215, 103503.
- Sequero L.C., Aurell M. & Bádenas B. (2020) - Oncoid distribution in the shallow domains of a Kimmeridgian carbonate ramp (Late Jurassic, NE Spain). *Sedimentary Geology*, 398: 1-20.
- Sladen C.P. (1983) - Trends in Early Cretaceous clay mineralogy in NW Europe. *Zitteliana*, 10: 349-357.
- Sohl N. F. (1987) - Cretaceous gastropods: contrasts between Tethys and the temperate provinces. *Journal of Paleontology*, 61(6): 1085-1111.
- Stampfli G. & Hochard C. (2009) - Plate tectonics of the Alpine realm. *Geol. Soc., Lond. Spec. Publ.*, 327: 89–111.
- Stampfli G.M. & Borel G.D. (2002) - A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrons. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 196: 17–33.
- Ștefănescu M. (1995) - Stratigraphy and structure of Cretaceous and Palaeogene flysch deposits between Prahova and Ialomita valleys. *Romanian Journal of Tectonics and Regional Geology* 76: 1–49.
- Stefanović J., Della Porta G., Bucur I.I. & Radivojević D. (2025a) - Late Berriasian–Early Valanginian Evolution and Drowning of the Getic Carbonate Platform (se Serbia). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 131(2): 353-381.
- Stefanović J., Della Porta G. & Radivojević D. (2025b) - Mixed siliciclastic-carbonate drowning and recovery of the Getic Carbonate Platform (Lower Cretaceous; south-eastern Serbia). 38th IAS Meeting, Huelva (Spain), June 26-28, 2025. 199.
- Stefanović J., Della Porta G. & Radivojević D. (2022) - Evidence of a depositional change on the Getic Carbonate Platform during the Early Cretaceous (Eastern Serbia). Abstract book. XXII Conference of the Carpathian-Balkan Geological Association (Plovdiv), September 06-11, 2022. pp 81.
- Strasser A. (1986) - Ooids in Purbeck limestones (lowermost Cretaceous) of the Swiss and French Jura. *Sedimentology*, 33: 711-727.
- Sudar M., Jovanović D., Maran A. & Polavder S. (2008) - Late Barremian-Early Aptian Urgonian Limestones from the south-eastern Kučaj Mountains (Carpatho-Balkanides, eastern Serbia). *Geološki anali Balkanskoga poluostrva*, 69: 13-30.
- Tišljar J. (2001) - Sedimentologija karbonata i evaporita.– Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 375 p.

- Toljić M., Matenco L., Stojadinović U., Willingshofer E. & Ljubović-Obradović D. (2018) - Understanding fossil fore-arc basins: Inferences from the Cretaceous Adria-Europe convergence in the NE Dinarides. *Global and Planetary Change*, 171: 167-184.
- Trecalli A., Spangenberg J., Adatte T., Föllmi K. B. & Parente M. (2012) - Carbonate platform evidence of ocean acidification at the onset of the early Toarcian oceanic anoxic event. *Earth and Planetary Science Letters*, 357: 214-225.
- Tucker M.E. & Wright V.P. (1990) - Carbonate Sedimentology. Wiley-Blackwell, Oxford, 482 pp.
- Ungureanu R., Săsară E., Bucur I.I., Ungur C.G. & Mircescu C.V. (2015) - The Berriasian-Valanginian and Aptian deposits from the north-western part of the Piatra Craiului Massif: Stratigraphic relationships, facies and depositional environments. *Acta Palaeontologica Romaniae*, 11(2): 59-74.
- van Hinsbergen D., Schmid S., Maţenco L., Maffione M., Vissers R., Gürer D. & Spakman W. (2020) - Orogenic architecture of the Mediterranean region and kinematic reconstruction of its tectonic evolution since the Triassic. *Gondwana Research*, 81: 79-229.
- Védrine S., Strasser A. & Hug W. (2007) - Oncoid growth and distribution controlled by sea-level fluctuations and climate (Late Oxfordian, Swiss Jura Mountains). *Facies*, 53: 535-552.
- Veizer J., Ala D., Azmy K., Bruckschen P., Buhl D., Bruhn F., Carden G.A.F., Diener A., Ebner S., Godderis Y., Jasper T., Korte C., Pawellek F., Podlaha O.G. & Strauss H. (1999) -  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  evolution of Phanerozoic seawater. *Chemical Geology*, 161: 59-88.
- Vujisić T., Navala M., Kalenić M., Krstić B., Maslarević Lj., Marković B. i Buković J. (1971) - Tumac - osnovna geolos ka karta SFRJ, 1:100000, list Bela Palanka. Zavod za geolos ka i geofizic ka istraz ivanja, Beograd. OGK SFRJ Savezni geolos ki zavod, Beograd: 1-69.
- Walter B. (1989) - Au Valanginien superieur, une crise de la faune de bryozoaires: indication d'un important refroidissement dans le Jura. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 74: 255-263.
- Weissert H. & Erba E. (2004) - Volcanism, CO<sub>2</sub> and palaeoclimate: a Late Jurassic – Early Cretaceous carbon and oxygen isotope record. *Journal of the Geological Society*, 161(4): 695-702.
- Weissert H. & Lini A. (1991) - Ice Age interludes during the time of Cretaceous greenhouse climate? In: Müller, D.W., McKenzie, J.A. & Weissert, H. (eds) *Controversies in Modern Geology*. Academic Press, London, 173–191.
- Weissert H., Lini A., Föllmi K.B. & Kuhn O. (1998) - Correlation of Early Cretaceous carbon isotope stratigraphy and platform drowning events: a possible link? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 137: 189-203.
- Whitney D.L., Teyssier C., Rey P. & Buck W.R. (2012) - Continental and oceanic core complexes. *Bulletin*, 125(3-4): 273-298.
- Wright V.P. (1994) - Palaeosols in shallow marine carbonate sequences. *Earth-Science Reviews*, 35: 367-395.
- Wright V.P. (2007) - Calcrete. In: Nash, D.J., McLaren, S.J. (Eds) - *Geochemical Sediments and Landscapes*, 10-45. Blackwell, Oxford.

Wright V. P. & Della Porta G. (2021) - Field guides to exceptionally exposed carbonate outcrops.  
In *Field guides to exceptionally exposed carbonate outcrops* (pp. 1-22). IAS International  
Association Sedimentology.

# PRILOZI

## PRILOG 1 Rezultati geohemijskih merenja stabilnih izotopa kiseonika i ugljenika u odabranim uzorcima jedinica I-III

Tabela 1. Izmerene vrednosti stabilnih izotopa ( $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{18}\text{O}$ ) u okviru jedinica (I-III) sva tri stuba (A, B i C).

Stub	Uzorak	Pozicija (m)	Facija	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$	Klacidit (žice ili cement između klasta)	
						$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$
A	BX31.5	111	F16	-1.9	-5.9		
	BX30.5	110	F16	1.1	-1.7		
	BX25.5	105	F16	1.1	-2.7		
	BX23.5	103	F16	2.1	-1.2		
	BX22	101	F16	0.5	-4.7		
	BX21	100	F16	0.6	-3.8		
	BX20	99	F15	1.6	-0.8		
	BX17	96	F15	1.8	-1.2	1.6	-4.6
	BX7	86	F15	1.7	-1.3	1.7	-1.3
	BX	79	F14	1.7	-2.0	2.2	0.1
	302/3	78	F14	2.0	-1.2	2.1	0.2
	101/1	75	F6	2.1	-3.1		
	101/2	71	F13	2.3	-3.1		
	101/3	68	F12	2.4	-3.4		
	101/4	64	F5C	2.3	-1.5		
	101/5	57	F9	2.0	-1.4		
	101/6	52	F8	1.6	-2.4		
	101/7	45	F11	2.2	-2.5		
	101/8	42	F3	1.8	-3.3		
	101/9	36	F3	2.0	-3.6		
101/10	33	F5a	0.8	-2.2			
101/11	27	F2	1.6	-1.7	1.4	-9.4	
101/12	12	F1	1.7	-2.6			
302/2	0	F3	2.6	-3.6			
B	A200	200	F14	1.6	-2.4	1.6	-2.1
	A194	194	F1	0.7	-3.9	-1.6	-6.5
	A189	189	F7a	1.8	-3.7	1.7	-4.8
	A184	184	F2	1.6	-4.6	1.2	-7.7
	A177	177	F10	2.1	-3.8		
	A167	167	F7a	1.6	-3.0	1.3	-6.4
	A160	160	F1	1.5	-1.7		
	305/8	149	F5b	1.4	-4.4		
	305/7	145	F1	1.5	-2.6		
	305/6	139	F1	1.5	-2.8		
	305/5	127	F1	1.7	-2.8		
	305/4	111	F1	1.8	-3.7		
	305/1	105	F4	1.4	-2.9		
	304/4	99	F5a	1.7	-2.4		
	304/3	89	F1	1.1	-3.4		
	304/2	84	F1	0.6	-2.8		
	304/1	74	F2	1.8	-2.2		
	303/3	53	F1	1.9	-1.8		
	A50	50	F1	1.6	-3.2		
	A45	45	F1	1.2	-3.5		
	303/2	38	F1	1.8	-2.1		
	A30	30	F1	1.1	-4.5		
	A25,2	25	F1	1.7	-3.0		
	A18,9	19	F1	1.4	-2.9		
	A17	17	F1	1.7	-2.4		
	A7,4	7	F1	1.5	-3.0		
	A4,5	5	F1	1.7	-2.2		
A0	0	F1	0.6	-3.8			
C	D70	70	F17	1.0	-1.1		
	D63	63	F14	0.6	-3.3		
	D59	59	F14	0.8	-2.2		
	D55	55	F14	1.0	-9.2	1.0	-2.6
	D54	54	F15	1.8	-1.9	-2.2	-6.5
	D48	48	F15	1.9	-1.8		
	D46.5	46.5	F14	0.8	-3.7		
	D46	46	F15	1.7	-1.7		
	D40	40	F3	2.2	-1.8		
	D35.5	35.5	F2	2.1	-3.6		
	D28.5	28.5	dol	2.4	-7.8		
	D25.5	28.5	F11	2.3	-3.4		
	D18.5	18.5	F7B	-2.1	-7.1		
	D11	11	F3	2.0	-3.6		
	D3	3	F2	2.1	-1.7		
	D0	0	F3	2.2	-2.2		

**PRILOG 2 Rezultati SEM-EDS analiza odabranih uzoraka krečnjaka berijasko-valendinske starosti.**

**Tabela 2.** Izabrani uzorci SEM-EDS analiza facija jedinice III (D70 - log C, B22 - log A; B25.5 - log A) i jedinice I (101/10; log A).

Uzorak - Jedinica		Wt%														
		O	Fe	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Mn	Fe
<b>D70 - Jedinica III</b>	1	39.0				0.8	1.5		5.7	0.2	0.1	7.0				37.1
	2	4.8							49.1			1.1				44.8
	3	9.1		1.1	0.3	0.6	0.8		45.6			1.8				40.8
	4	10.7		1.2					48.2			1.3				38.5
	5	27.5			0.3	0.7	2.3	11.7			0.2	1.3				1.1
	6	32.2				0.2	0.6	12.9				1.3				
	7	29.4							31.7			9.5				29.4
	8	54.4		0.9				42.9			0.2	0.3	0.9			
	9	30.3		1.4	0.5	0.7	4.2		0.2	0.5	0.6	1.9				59.7
	10	44.7		1.1		0.5	3.6		0.1	0.4	0.3	19.8				28.8
	11	41.0		1.6		0.2	4.5			0.6	0.3	1.4				50.4
	12	44.0				0.4	2.0			0.3	0.2	1.3				51.8
	13	59.8		0.2	0.4	0.3	8.7	0.3	0.1	0.1		29.1				1.1
	14	40.7			1.1	2.3	2.6			0.1	0.4	1.1	10.5	0.4		40.1
	15	40.2				1.6	2.0			0.2	0.2	1.8	7.0	0.4		46.1
	16	30.7		0.9			1.4	12.1		0.5	0.1	0.9				
	17	4.1							50.6		0.1	0.9				44.3
	18	56.8		0.5	0.5	0.4	0.8		0.1	0.2	0.2	40.0				0.4
	19	34.0				0.1	5.6			0.1	0.1	1.1	38.1	0.4		20.5
	20	3.2		0.7			0.4		42.0	0.5	0.3	2.2				50.8
	21	40.2			1.4	2.6	4.3		1.6	0.3	0.3	5.2				44.1
	22	53.4		0.6	1.2	1.4	3.5		0.2	0.3	0.4	36.7				2.4
	23	52.8		0.7	0.6	1.1	4.4		0.1	0.3	0.5	36.8				2.8
	24	44.8		0.8	3.3	8.6	13.3	1.1	0.1	0.5	1.4	5.9	0.4	0.3		19.5
<b>B25.5 - Jedinica III</b>	1	42.7			0.8	6.0	3.1	0.2		0.3	0.4	1.4		0.2		44.9
	2	42.3			1.0	6.6	3.5	0.2		0.6	0.8	1.6		0.2		43.2
	3	40.6			1.1	6.0	3.7	0.2		0.4	0.5	1.6		0.2		45.9
	4	43.7	6.5	0.6		0.2	0.5	14.8	0.6			32.4				0.8
	5	59.6		0.3	0.7	10.2	11.7			0.4	1.8	13.7	0.1			1.6
	6	50.6					48.8					0.7				
	7	7.1							49.2			1.4				42.3
	8	6.9					0.2		45.7	0.6	0.2	2.8				43.6
	9	35.6				0.6	0.3			0.2		2.4	38.6	2.4		19.7
	10	52.2					47.0			0.1		0.6				0.1
	11	63.6			0.5		0.3					34.8				0.8
	12	39.7	5.7	0.7		0.0	0.2	15.0	0.7	0.1		36.7				1.3
	13	49.5			0.6	0.0	0.3	0.2	0.1	0.1		47.6				1.5
	14	42.0	1.5	0.3	0.5	0.4	0.6	5.0	0.2	0.1	0.2	47.9				1.2
	15	50.5		0.6	0.5	17.0	21.1			0.6	7.1	1.4				1.2
	16	39.6				3.9	2.5	0.3		0.5	0.3	1.1		0.2		51.7
	17	51.1					48.5			0.1		0.3				
	18	34.1				3.1	1.6	0.3		0.3		1.4		0.2		59.0
	19	52.2		0.2			47.3					0.2				0.1
	20	36.2		0.2			0.1			0.1	0.1	1.2	61.8			0.3
	21	30.7	0.0	0.3	0.2	0.7	0.3	10.2	0.5	0.1		45.2				11.8
	22	22.3		0.2	0.2	1.0	1.9				0.9	2.6	68.5	0.7		1.7
	23	43.3			0.5	8.4	8.7	1.3		0.2	1.9	17.4				18.3
	24	47.3			1.1	11.0	13.9	0.5		0.1	2.4	1.9	0.1	0.2		21.6
	25	53.5				0.5	44.4			0.1	0.2	0.5				0.8
	26	40.3				5.0	2.0	0.3		0.1		1.4		0.2		50.8
	27	41.7			0.2	0.0	0.4					56.0				1.8
	28	62.0			0.2	0.0	5.9					31.4				0.5
	29	42.0			0.5	4.8	4.6	3.5	0.1	0.1	0.8	12.2	0.3			31.1
	30	40.8	4.6	0.6		0.4	0.5	13.6	0.5		0.2	34.7				4.2
<b>101-10 - Jedinica I</b>	1	62.0				0.0	0.1				37.6				0.3	
	2	48.7		0.3		2.5	2.9	0.2			0.1	1.9	43.5			
	3	44.3		0.2		2.4	2.6	0.2				2.8	47.5			
	4	58.6			0.2	0.4	0.4					40.5				
	5	24.3		0.3	0.7	12.6	27.5			0.9	6.9	21.1	0.6		5.2	
	6	33.6			0.5	22.9	34.2			0.2	5.1	1.7			1.8	
	7	56.3				20.3	21.7			0.1	0.6	0.7			0.4	
	8	39.9		0.2		2.2	2.7	0.2			0.1	2.7	50.5			
	9	41.5				2.1	2.6	0.3			0.1	2.6	50.8			
	10	20.7				1.7	2.3	0.2			0.2	5.5	69.6			
	11	36.5			0.6	1.4	1.7	0.2		0.1		3.3	0.3		55.9	
	12	39.8				0.4	1.2			0.3	0.1	29.2			28.9	

Uzorak - Jedinica	Wt%														
	O	Fe	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Mn	Fe
13	18.2				0.4	2.0			0.2	0.1	13.0				66.1
14	33.3				0.5	12.8					3.9				
15	54.1		0.4	1.3	11.9	18.2			0.4	5.3	4.1	0.2			4.0
16	60.6		0.6	1.3	11.8	16.7			0.4	3.8	2.6	0.2			2.0
17	48.0		0.4	0.2	2.1	2.8			0.3	0.4	14.8	29.8	0.4		1.0
<b>1</b>	45.3		0.4	0.2	1.4	1.8			0.2	0.3	2.5	44.9	0.5		2.5
2	52.6		1.1	0.5	11.9	14.1			0.6	4.3	12.9	0.5			1.4
3	53.5		1.3	1.0	11.6	16.1			1.1	3.4	8.4	0.2			3.6
4	50.4		1.5	2.2	6.4	9.1	0.1	0.0	1.0	2.2	7.5	0.2			19.5
5	33.1			0.8	4.0	2.1	0.2		0.3	0.2	1.5	0.1	0.2		57.5
6	36.0	2.1	0.3			0.1	18.7		0.2		42.5				0.2
7	46.4	1.7	0.5	0.6	1.9	1.5	9.3	0.3	0.2	0.1	25.1				12.5
8	45.6		0.4	3.9	6.6	11.4	4.8	0.2	0.2	1.0	11.5		0.1		14.3
9	39.1	1.9	0.4	0.2	1.0	0.7	10.9	0.4	0.1		33.3				12.1
10	53.3		0.3	0.6	1.4	32.4	2.1		0.1	0.4	4.6	1.5			3.6
11	49.8					49.2			0.1	0.1	0.8				0.1
12	48.1		0.3			50.1			0.1		1.4				
13	45.4		0.8		1.4	3.8			0.2	0.5	19.2				28.8
14	56.0		0.5	0.3	0.0	0.5			0.4	0.1	39.5				2.9
15	14.6				1.1	4.2			0.4	0.2	3.0	0.2	0.1		76.2
16	55.3		1.3	0.4		0.2			0.5	0.2	40.9				1.4
17	44.9				1.5	3.8	0.2		0.3	0.4	2.7	0.2	0.1		45.9
18	39.0	3.9	0.6	0.4	0.8	1.7	13.8	0.5	0.1	0.4	36.0				3.0
19	52.0			4.9	8.8	11.5			0.2	2.0	6.3			0.4	13.9
20	43.7		0.3		0.0	54.1			0.2	0.2	1.5				
21	32.3		2.5	0.8	0.8	19.4		0.3	1.7	0.7	40.8				0.9
22	36.4		1.4	3.5	8.5	15.0		0.1	1.0	2.4	1.7	1.5	0.2		28.3
23	54.1		0.3		0.0	44.7			0.2	0.1	0.5				0.2
24	57.5			0.1		0.2			0.1		40.2				1.9
25	35.9		1.6		2.1	5.1			0.7	1.0	2.5	0.2			50.9
26	44.3			0.6	18.6	24.0				9.6	1.5				1.3
27	33.2		0.8	3.3	8.2	28.7			0.8	4.8	3.0	0.2	0.1		16.9
28	34.3				1.3	3.9			0.5	0.2	4.0	0.2			55.7
29	31.1	4.1	0.4				17.7	0.6			45.9				0.3
30	44.1		0.2	0.3	0.0	0.6	1.1		0.1	0.2	52.3				1.1
Fe, O	Fe, S, O		Ti, O			Si, O			Ca, O			P, O			

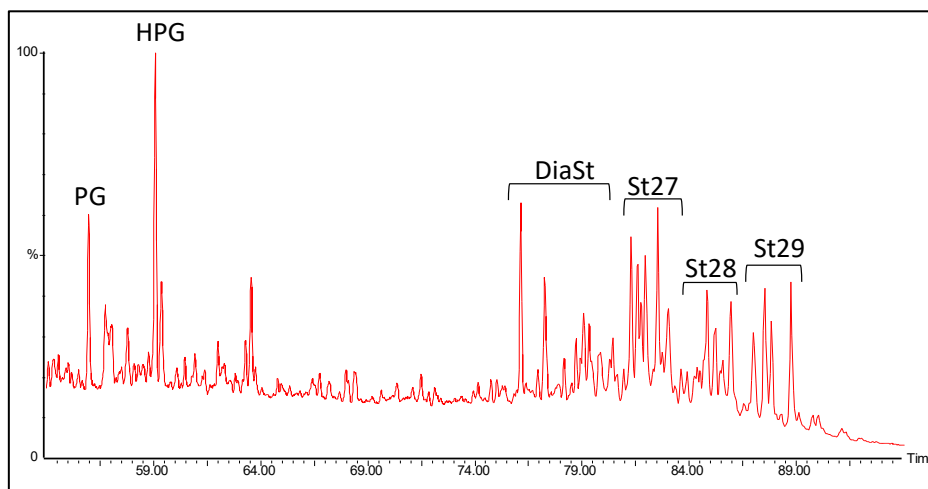
### PRILOG 3 Rezultati organsko-hemijskih analiza uzorka F-0 (stub E1).

Tabela 3. Sadržaj karbonata u uzorcima (barem-apt).

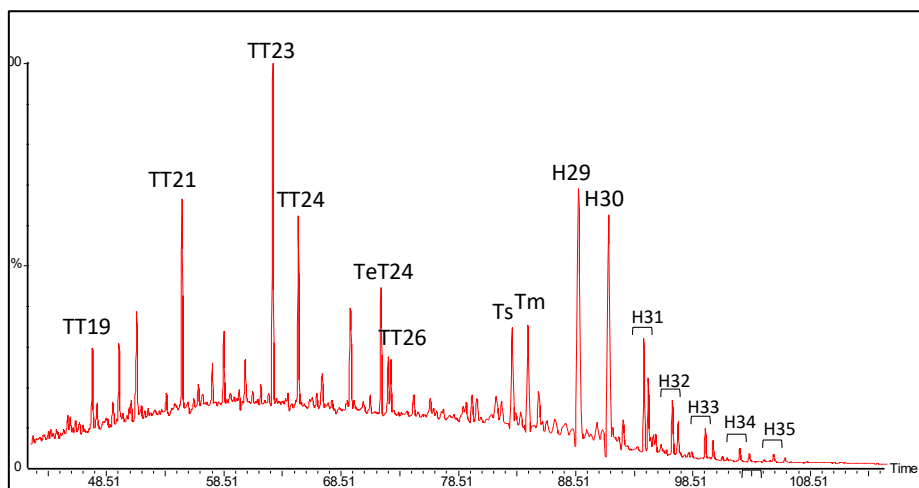
Uzorak	Metoda	MINC (%)	karbonati max (%)	Tip karbonata
F-0_PE	BulkRock	8.45	70.4	kalcit
G-14_3	BulkRock	9.33	77.7	kalcit
G-23	BulkRock	8.77	73.1	kalcit
G-33	BulkRock	8.89	74.1	kalcit
G-57_5	BulkRock	9.91	82.6	kalcit
G-78	BulkRock	9.01	75.1	kalcit
G-96_5	BulkRock	9.44	78.6	kalcit
G-98	BulkRock	9.52	79.3	kalcit
G-111_5	BulkRock	8.86	73.8	kalcit
G-113_5	BulkRock	9.36	78.0	kalcit
G-124	BulkRock	8.86	73.8	kalcit
G-150_8	BulkRock	9.28	77.3	kalcit
G-165	BulkRock	8.61	71.7	kalcit

Tabela 4. Klase identifikovanih specifičnih biomarkerskih jedinjenja.

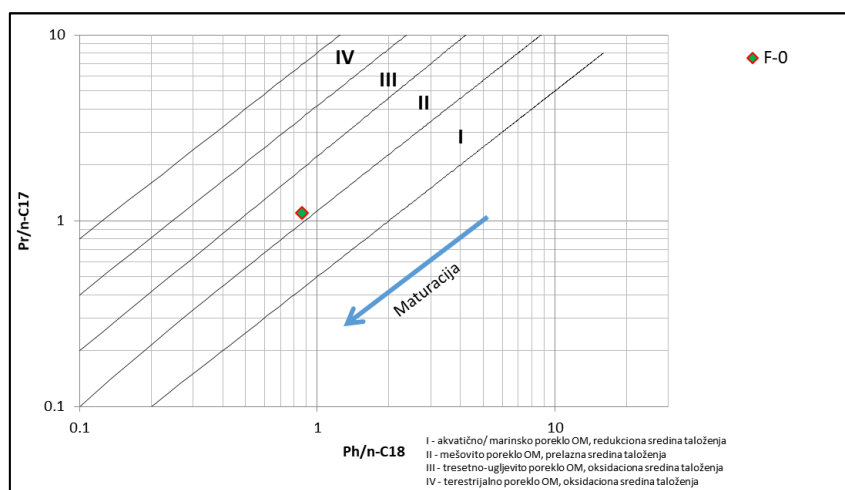
Tehnika	Frakcija (SARA)	Specifična masa (m/z)	Klasa jedinjenja
GC/FID, GC/MS	Zasićena	72	n-alkani
GC/FID, GC/MS	Zasićena	183	Izoprenoidi
GC/MS	Zasićena	191	Terpani (triciklični terpani, hopani)
GC/MS	Zasićena	217	Sterani
GC/MS	Aromatska	178+192+206	Fenantreni
GC/MS	Aromatska	128+142+156+170	Naftaleni
GC/MS	Aromatska	184+198	Dibenzotiofeni
GC/MS	Aromatska	121+135+149	Hromani



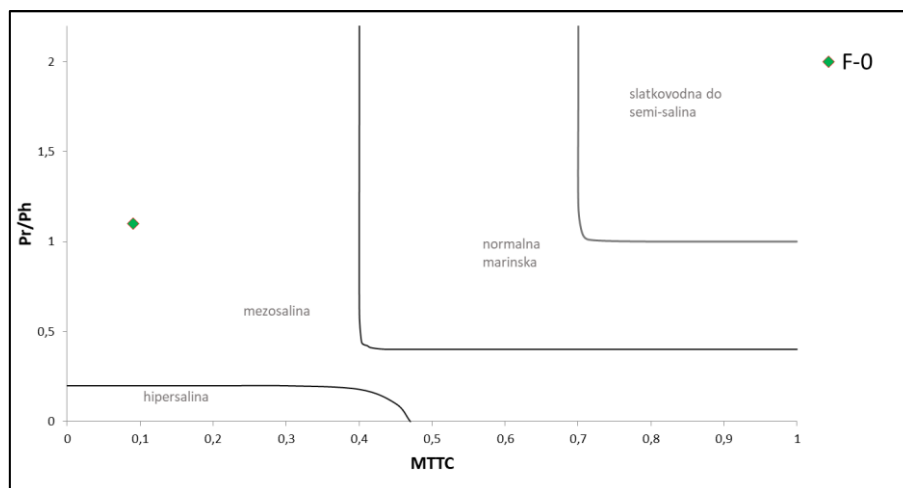
Slika 1. Hromatogram m/z 217 (sterani) zasićene frakcije uzorka ekstrakta F-0.



Slika 2. Hromatogram m/z 191 (terpani – triciklični terpani i hopani) zasićene frakcije uzorka ekstrakta F-0.



Slika 3. Dijagram zavisnosti odnosa Pr/n-C17 i Ph/n-C18.



Slika 4. Dijagram paleosaliniteta tokom depozicije izvorne matične stene (MTTC vs. Pr/Ph).

## Biografija

Jelena Stefanović rođena je 29.12.1995. godine u Kraljevu. Osnovnu školu „Sveti Sava“ završila je 2010. u Popini (opština Trstenik), a prirodno-matematički smer Gimnazije „Vuk Karadžić“ 2014. u Trsteniku. Zvanje geologa stekla je 2017., nakon završenih osnovnih studija na Rudarsko-geološkom fakultetu (smer Regionalna geologija) sa prosekom 9,74. Odbranom teme „Stratigrafska i facijalna analiza miocenskih depozita u bušotini KC-4 (Koceljeva, Zapadna Srbija)“ na Rudarsko-geološkom fakultetu, Univerziteta u Beogradu, 2019. stekla je zvanje Master geolog. Doktorske studije na istom fakultetu upisala je 2019. (studijski program Geologija). Tokom školske 2018/19. bila je zaposlena kao saradnik u nastavi na Katedri za istorijsku geologiju (Departman za regionalnu geologiju), a od 2019. na istoj katedri radi kao asistent. Tokom rada na doktorskoj disertaciji ostvarila je nekoliko perioda boravka na Univerzitetu u Milanu (*University of Milan, Department of Earth Sciences*) zahvaljujući stipendijama Internacionalne asocijacije sedimentologa (IAS Postgraduate Grant) i Ministarstva spoljnih poslova i međunarodne saradnje Republike Italije (MAECI stipendija). Učesnik je projekta „GEODYNAMICS OF BASINS ABOVE SUBDUCTED SLABS: an integrated modelling study of tectonics, sedimentation, and magmatism in the Timok Magmatic Complex – TMCmod“, finansiranog od Fonda za nauku Republike Srbije (7461). Od 2022. učesnik je zajedničkog istraživačkog projekta Srpske akademije nauke i umetnosti i Rumunske Akademije, odsek Kluž: „Istraživanje i upoređivanje mikrofacija i stratigrafije donjokrednih naslaga Južnih Karpata (Rumunija) i Karpato-Balkanida (Srbija)“. Član je Srpskog geološkog društva (SGD), kao i Internacionalne asocijacije sedimentologa (IAS).

## Izjava o autorstvu

Ime i prezime autora Jelena Stefanović

Broj indeksa G806/19

### Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom

Stratigrafska evolucija južnog dela Getske karbonatne platforme tokom donje krede,  
jugoistočna Srbija

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada;
- da disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za sticanje druge diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova;
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio/la autorska prava i koristio/la intelektualnu svojinu drugih lica.

**Potpis autora**

U Beogradu, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora Jelena Stefanović

Broj indeksa G806/19

Studijski program Geologija

Naslov rada Stratigrafska evolucija južnog dela Getske karbonatne platforme tokom donje krede, jugoistočna Srbija

Mentor Dr Dejan Radivojević, vanredni profesor

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao/la radi pohranjivanja u Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog naziva doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

**Potpis autora**

U Beogradu, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

Stratigrafska evolucija južnog dela Getske karbonatne platforme tokom donje krede,  
jugoistočna Srbija

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim priložima predao/la sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu i dostupnu u otvorenom pristupu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučio/la.

1. Autorstvo (CC BY)

2. Autorstvo – nekomercijalno (CC BY-NC)

③ Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada (CC BY-NC-ND)

4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima (CC BY-NC-SA)

5. Autorstvo – bez prerada (CC BY-ND)

6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima (CC BY-SA)

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci.  
Kratak opis licenci je sastavni deo ove izjave).

**Potpis autora**

U Beogradu, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1. **Autorstvo.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.

2. **Autorstvo – nekomercijalno.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.

3. **Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.

4. **Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.

5. **Autorstvo – bez prerada.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.

6. **Autorstvo – deliti pod istim uslovima.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.