

# Koraljno-rudistni facijesi kampanskih transgresivnih sedimenata sjeveroistočne Slovenije, sjeverne Hrvatske i sjeverozapadne Bosne

---

Veble, Vatroslav

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:030708>

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

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



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO – MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK**

**KORALJNO-RUDISTNI FACIJESI KAMPANSKIH  
TRANSGRESIVNIH SEDIMENATA SJEVEROISTOČNE  
SLOVENIJE, SJEVERNE HRVATSKE I SJEVEROZAPADNE  
BOSNE**

**CORAL-RUDIST FACIES OF CAMPANIAN TRANSGRESSIVE  
DEPOSITS FROM NORTHEASTERN SLOVENIA, NORTHERN  
CROATIA AND NORTHWESTERN BOSNIA**

**SEMINARSKI RAD**

Vatroslav Veble  
Preddiplomski studij znanosti o okolišu  
(Undergraduate Study of Environmental Sciences)  
Mentor: prof. dr. sc. Alan Moro

Zagreb, 2016.

## **SADRŽAJ**

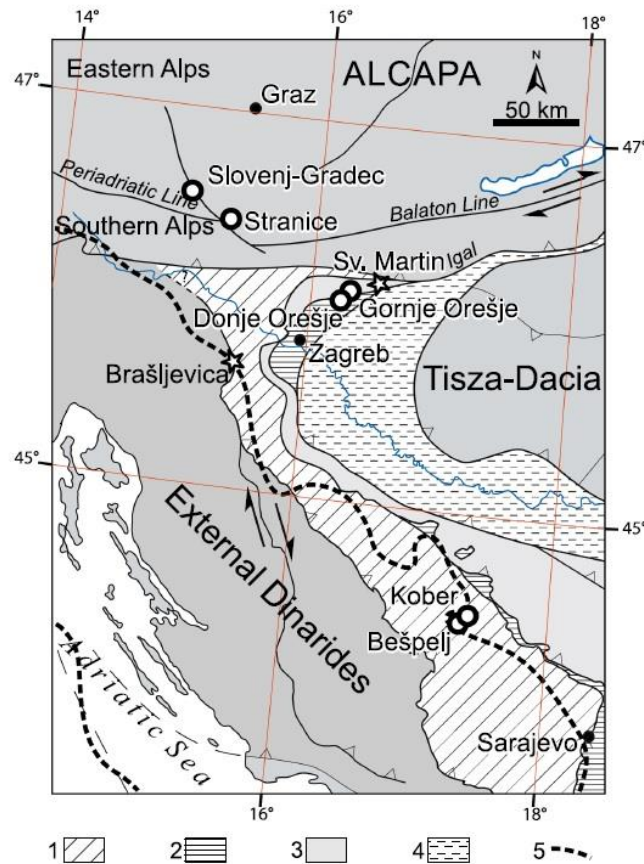
|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 1. Uvod                                                      | 1  |
| 2. Geološke karakteristike proučenih lokacija                | 4  |
| 3. Metode                                                    | 5  |
| 4. Litologija i biostratigrafija transgresivne sukcesije     | 5  |
| 4.1. Lokalitet Slovenj Gradec, Slovenija                     | 7  |
| 4.2. Lokalitet Stranice, Slovenija                           | 8  |
| 4.3. Lokalitet Donje Orešje, Hrvatska                        | 11 |
| 4.4. Lokalitet Gornje Orešje, Hrvatska                       | 11 |
| 4.5. Lokalitet Bešpelj, Bosna                                | 13 |
| 4.6. Lokalitet Kober, Bosna                                  | 18 |
| 5. Kronostratigrafija                                        | 18 |
| 6. Promjena razine mora i taložni okoliši                    | 22 |
| 7. Paleoekologija transgresivnih sukcesija rudista i koralja | 25 |
| 8. Zaključak                                                 | 31 |
| 9. Literatura                                                | 32 |
| 10. Sažetak                                                  | 41 |
| 11. Summary                                                  | 41 |

## 1. Uvod

Rudisti su najčešći makrofosili u naslagama gornje krede u paleookolišima Tethys oceana. Živjeli su kao epibentos (Skelton 1978) unutar sedimenta (Skelton i sur. 1995) te su mogli lokalno stvoriti biostromalne zajednice unutar podplimskog okoliša (Moro i sur. 2002, 2008) sa ili bez koralja (Moro i sur. 2010), koje predstavljaju tzv. koraljno rudistne formacije (Masse i Philip 1981, Ross i Skelton 1993; Gili i sur. 1995) i fosilno su sačuvane kao biostrome (Götz 2003). Mješoviti rudistno-koraljni facijesi su karakteristika unutarnjih Dinarida (Herak 1986, 1991) i područja Austro-Alpinskih plitkovodnih sedimenata (Turnšek 1997).

Gornjojurska-donjokredna navlačna tektonika koja je rezultat konvergencije između JZ Apulijske i SZ Tisza ploče (Tari 2002) rezultira emerzijom velikog dijela orogenskog pojasa (Ratschbacher i sur. 1989; Herak 1991; Schlagintweit i sur. 2013) (Sl. 1), pri čemu su SZ dijelovi transgresivno prekriveni tijekom gornje krede (Herak 1991; Lužar Oberiter i sur. 2012). Emergirani prostori karakterizirani su reljefom izdiferenciranim u trijasku (Basch 1983), kredne (Marinković i Ahac 1979) ili perm-trijasku stijene (Mioč i Žnidarčić 1976). Od turona do senona, na emergiranim područjima, transgresija je dovela do taloženja debelog slijeda sedimenata tijekom gornje krede i eocena u područjima koja su vjerojatno nastala ekstenzijskom tektonikom (Sanders i Höfling 2000).

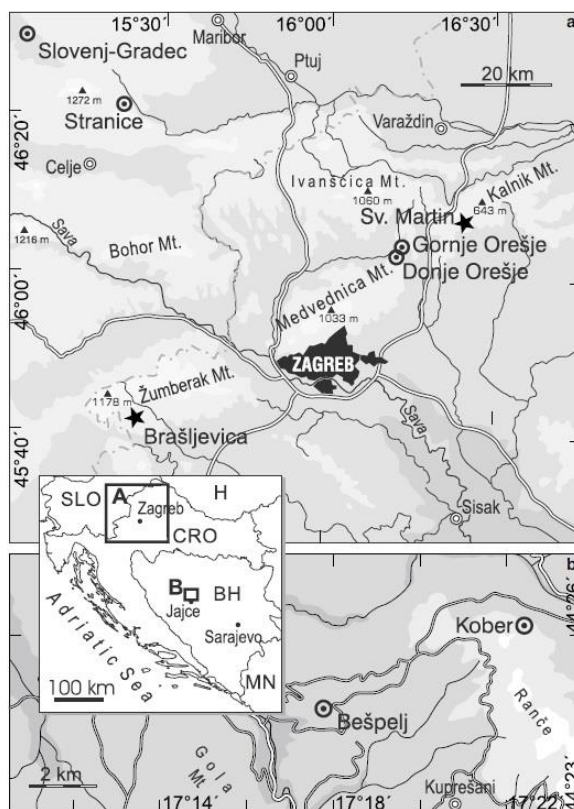
U ovom radu prikazani su podaci o transgresivnim slijedovima sedimenata otkrivenima na lokalitetima u sjeverozapadnoj Sloveniji, Hrvatskoj i Bosni (Sl. 2): Stranice, Slovenj Gradec (Slovenija), Donje Orešje, Gornje Orešje (Hrvatska) te Kober i Bešpelj (Bosna). Ovi izdanci se nalaze na području veličine od otprilike 20 000 km<sup>2</sup>. Udaljenost između hrvatskih i slovenskih lokaliteta je otprilike 78 km (Stranice) i 104 km (Slovenj Gradec), a između hrvatskih i bosanskih lokaliteta 186 km. Izdanci iz gornje krede na području Austro-Alpinskog razvoja, unutrašnjih Dinarida i graničnog područja Jadranske karbonatne platforme su većinom predstavljeni dubokovodnom sedimentacijom (Lužar Oberiter i sur. 2012), dok su plitkovodne sukcesije rijetke te se pojavljuju na nasumičnim usjecima cesta (Slovenj Gradec), kamenoloma (Donje Orešje, Gornje Orešje i Stranice) i ležištima boksita (Bešpelj i Kober).



**Slika 1.** Paleopozicije proučenih lokaliteta (*krugovi*) u mediteranskom Tethysu, nacrtano na karti je dinaridsko-alpsko-panonska regija (prema Lužar Oberiter i sur. 2012). Jedinice unutarnjih Dinarida: 1 pretkrš i bosanska flišna jedinica, 2 zapadnovardarska ofiolitska jedinica, 3 potporni listovi sastavljeni od djelomično metamorforizirane post-Variscan bazen jedinice distalne margine Jadrana, 4 zona Save, 5 Pozicija jadranske karbonatne ploče (ADCP) prema Vlahović i sur. (2005). ALCAPA- tektonska megajedinica koja uključuje austroalpske navlake i centralne i unutarnje zapadne Karpate. Proučeni lokaliteti u *krugovima*, lokaliteti prema Moro i sur. (2010) u *zvijezdama*

Ovih šest izdanaka je izabrano zato što predstavljaju jedine dostupne ostatke transgresivnih sukcesija različitih tektonskih jedinica unutar tektonski aktivnog orogenog sustava iz razdoblja kasne krede (Tari 2002, Schmid i sur. 2008; Lužar Oberiter i sur. 2012). Većina ovih transgresivnih sukcesija je od prije poznata zbog bogatih nalazišta dobro očuvanih makrofosila koji se kreću od koraljnih, preko mješovitih zajednica koralja i rudista do biostroma koje se sastoje od rudista. Ove zajednice makrofosila se pojavljuju unutar različitih litologija (klastičnih i karbonatnih) i u ovom radu se istražuje međusobni odnos između razvoja zajednica i vrste sedimenta. Nadalje, ovi izdanci predstavljaju kronostratigrafski izazov s obzirom na činjenicu da je biostratigrafija temeljena na bentičkim

foraminiferama i rudistima širokog biostratigrafskog vremenskog raspona (santon-kampan). Emerzijska površina s transgresivnim sedimentima kampanske starosti može se regionalno usporediti sa srednjokampanskom emerzijom na Jadranskoj karbonatnoj platformi (Gušić i Jelaska 1990; Moro i sur. 2002; Vlahović i sur. 2005; Steuber i sur. 2005), globalno kao granica taložne sekvencije u borealnom području iz Europe (Niebuhr 1995), južnog ruba Tethys oceana u Egiptu (Lüning i sur. 1998) kao i u sjevernoj Americi (Miller i sur. 2003).



Slika 2. Karta lokacija sa pozicijama proučenih profila, **a** SZ Hrvatska i Slovenija, **b** područje sjeverno od Jajca, SZ Bosna. Lokaliziteti označeni sa zvijezdama prema Moro i sur. (2010).

Rudistno-koraljni facijesi lokaliteta u sjeveroistočnoj Sloveniji su Gozavskog tipa i transgresivno liježu preko različitih dijelova mezozojske i lokalno permsko-trijaske podloge (Sl. 1). Sjevernohrvatski lokaliteti pokazuju facijesne karakteristike unutarnjih Dinarida (Herak 1991; Schmid i sur. 2008; Korbar 2009; Lužar Oberiter i sur. 2012; Marton i sur. 2014). Lokaliteti u sjeverozapadnoj Bosni pokazuju facijesne karakteristike koje predstavljaju rubno područje Jadranske karbonatne platforme (ADCP) (Vlahović i sur. 2005; Korbar 2009) i unutarnjih Dinarida (Schmid i sur. 2008; Lužar Oberiter i sur. 2012) (Sl. 1), gdje plitkovodne

karbonatne sukcesije dominiraju u transgresivnim taložnim sljedovima. Oni su rezultat interakcije između eustatičke promjene razine mora i tektonike, koja je rezultirala krajnjom dezintegracijom ADCP tijekom kasne krede (Vlahović i sur. 2005).

Ciljevi ovog rada su: (1) determinirati fosilne zajednice makrofosila koje se javljaju unutar različitih rudistnih biozona (Steuber i Schüter 2012) koje će uz korištenje izotopne stratigrafije (SIS) dati kronostratigrafski okvir za proučene lokalitete, (2) kronostratigrafske podatke usporediti sa relativnim promjenama razine mora vidljivim unutar litofacijsnih sukcesija, te utvrditi prirodu transgresije s obzirom na eustazijske i tektonske utjecaje; (3) determinirati paleoekološke i paleoekolišne karakteristike rudistno-koraljnih zajednica i njihov odnos sa vrstom sedimenta, osobito u vezi sa bioprodukcijom karbonata/količinom donosa klastičnog sedimenta.

## **2. Geološke karakteristike proučenih lokacija**

Svi lokaliteti (Sl. 2) sa transgresivnim naslagama gornje krede, osim lokaliteta Slovenj Gradec i Gornje Orešje su istraživani ranije od više autora, prvenstveno s obzirom na makrofosile. Lokalitet Stranice su istraživali Pleničar (1971, 1993, 1994, 2005), Pleničar i Šribar (1992) te Chaffau (2002) te determinirali rudiste, Turnšek (1978, 1994, 1997) je odredila koralje u istim naslagama, koje su sada nedostupne i uništene zbog širenja kamenoloma. Prema nalazima mikrofosila, Pleničar i Šribar (1992) determinirali su biostratigrafsku starost ovog lokaliteta kao santonsko-kampansku.

Rudiste i koralje iz santonsko-donjokampanskih naslaga Donjeg Orešja su opisali Turnšek i Polšak (1978) te Polšak (1979). Prema mikrofosilima iz pelagičkih vapnenaca i nanofosila iz klastita (Polšak i sur. 1978, Korolija i sur. 1995) su odredili donju do srednje kampansku starost transgresivne sukcesije. Također su utvrdili lateralnu tranziciju između klastičnih i karbonatnih sedimenata. Prema izotopnoj stratigrafiji (SIS) temeljenoj na zajednici rudista, Moro i sur. (2010) odredili su kronostratigrafsku starost kao gornji dio donjeg kampana.

U sjeverozapadnoj Bosni na lokalitetima Bešpelj i Kober, Devidé-Nedela i Polšak (1961) te Polšak (1964) su odredili rudiste, te bentičke i pelagičke foraminifere, te na temelju njih odredili mastrihtsku starost naslaga. Tomić (1985) je za perigrebenski litofacijs utvrdio

santonsko-donjomastrihtsku starost, dok Polšak i sur. (1982) i Dragičević (1987) definiraju paleogeografiju Bešpelja i okolnog područja kao marginalnu zonu ADCP. Vrijedno je spomenuti da navedene vrste rudista (Tablica 1) koje su determinirali Polšak (1979) i Pleničar (1971, 1993, 1994) su korigirane za sinonime prema Steuber (1999, 2002), Moro i sur. (2010) i Steuber & Schüter (2012), posebno *Vaccinites braciensis* i *Pironaea praeslavonica*.

### **3. Metode**

Za biostrome koji se sastoje dominantno od koralja, korištena je deskriptivna klasifikacija prema Insalaco (1998). Determinacija kronostratigrafske starosti temelji se na SIS podacima dobivenim iz ljuštura rudista koje su uspoređene sa rudistnim biozonama prema Steuber i Schüter (2012). Također, biostratigrafski istraživane naslage su uspoređene s rasponima bentičkih foraminifera za ADCP (Velić 2007) i južnu Italiju (Frijia i sur. 2015), pri čemu je upotrebljena klasifikacija foraminifera prema Loeblich i Tappan (1988).

Omjeri izotopa stroncija dobiveni iz uzoraka su uspoređeni s 0,710247 NBS 987 standardom da bi se dobila brojčana starost iz "Look-up" tablice (verzija 4:08/03) koju su napravili Horwath i McArthur (1997) i McArthur i sur. (2001). Uzorci su također analizirani radi kemijskog sastava koristeći proceduru koju su predložili Steuber i Rauch (2005).

Granulometrijska analiza klastičnih sedimenata sa lokaliteta Stranice izvedena je na Biotehnološkom fakultetu, Sveučilište u Ljubljani i prilagođena prema Trefethen (1950). XRD analiza klastičnih sedimenata iz Gornjeg Orešja je završena u Mineraloškom i petrološkom laboratoriju, na PMF-u, Sveučilište u Zagrebu.

### **4. Litologija i biostratigrafija transgresivne sukcesije**

Na svim proučenim lokalitetima, sukcesije iz gornje krede predstavljaju transgresivne naslage koje prekrivaju erodirane sedimentne stijene perm-trijasa (Stranice), trijasa (Donje Orešje) ili gornje krede (Bešpelj i Kober). Početak slijeda naslaga na lokalitetima Slovenj Gradec i Gornje Orešje je tektonski (Slika 3).

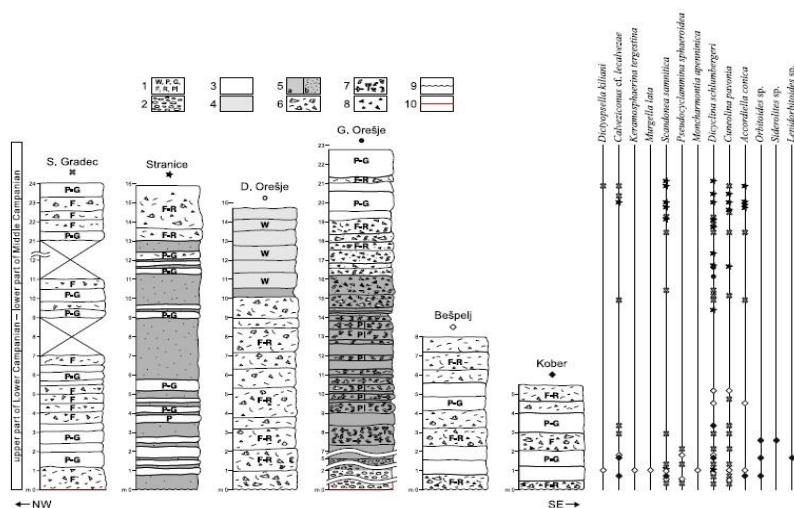
Tablica 1. Popis determiniranih rudista sa proučenih lokaliteta

| Vrsta                                                  | Lokalitet     | Vrsta                                              | Lokalitet |
|--------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------|-----------|
| Hippuritidae                                           |               | Radiolitidae                                       |           |
| <i>Hippuritella castroi</i> (Vidal, 1874)              | S, Ko         | <i>Bystrickyia</i> sp.                             | S         |
| <i>Ha. lapeirousei</i> (Goldfuss 1840)                 | S, Ko         | <i>Bournonia excavata</i> (d'Orbigny 1842)         | S         |
| <i>Ha. sulcatissima</i> (Douvillé 1894)                | DO            | <i>B. retrolata</i> (Astre, 1929)                  | Be        |
| <i>Ha. toucasi</i> (d'Orbigny 1847)                    | DO            | <i>Durania martelli</i> Parona 1911                | DO        |
| <i>Ha. variabilis</i> (Munier-Chalmas, in Gaudry 1867) | S, DO, GO, Ko | <i>Gorjanovicia endrissi</i> (Boehm 1927)          | Be        |
| <i>Hippurites colliciatu</i> s (Woodward, 1855)        | S             | <i>Joufia reticulata</i> Boehm 1879                | Ko        |
| <i>H. canaliculatus</i> (Rolan du Roquan 1841)         | DO            | <i>Lapeirouseia jouanneti</i> (Des Moulins 1826)   | S         |
| <i>H. cornucopiae</i> Defrance 1821                    | Ko            | <i>L. laskarevi</i> Milovanović 1938               | S         |
| <i>H. heritschi</i> Pejović and Kühn 1960              | S             | <i>L. pervinquieri</i> (Toucas 1908)               | S         |
| <i>H. lamarcki</i> (Douvillé 1893)                     | Ko            | <i>L. plana</i> Milovanović 1937                   | S         |
| <i>H. matheroni</i> (Douvillé 1893)                    | DO            | <i>L. zitteli</i> Douvillé 1913                    | S         |
| <i>H. nabrasiensis</i> Futterer 1893                   | DO, Ko        | <i>Praelapeirouseia bjelusensis</i> Slišković 1984 | S         |
| <i>H. radiosus</i> Des Moulins, 1826                   | S             | <i>P. kossmati</i> Wiontzek, 1934                  | S         |
| <i>H. socialis irregularis</i> (Toucas 1903)           | DO            | <i>P. pajtleri</i> Pleničar 1993                   | S         |
| <i>H. striatus</i> (Defrance 1821)                     | DO            | <i>P. wiontzeki</i> Slišković 1975                 | S         |
| <i>H. sulcatoides</i> Douvillé 1892                    | DO            | <i>Praeradiolites sinuatus</i> (d'Orbigny 1850)    | Be        |
| <i>H. vidali</i> Matheron 1878–81                      | DO            | <i>Pseudosabinia</i> sp.                           | GO        |
| <i>Pironea polystyla</i> Pirona 1868                   | Ko            | <i>Radiolites</i> sp.                              | Ko        |
| <i>V. archiaci</i> (Douvillé 1892)                     | S, DO, GO     | <i>R. angeoides</i> (Lapeirouse 1781)              | S         |
| <i>Vaccinites chaperi</i> (Douvillé 1879)              | S, DO         | <i>R. aurigerensis</i> Toucas 1908                 | S         |
| <i>V. oppeli</i> (Douvillé 1892)                       | S, DO, GO     | <i>R. galloprovincialis</i> Mathron 1842           | Be        |
| <i>V. oppeli santoniensis</i> (Kühn 1948)              | DO            | <i>R. mammillaris</i> Matheron 1842                | DO        |
| <i>V. pleniacari</i> Polšak and Sliškovic 1989         | DO            | <i>Sauvagesia meneghiniana</i> (Pirona 1869)       | S, DO     |
| <i>V. robustus</i> (Toucas 1904)                       | S             | <i>S. slovenica</i> Pleničar 1973                  | S         |
| <i>V. sulcatus</i> (Defrance 1821)                     | S, DO         | <i>Sauvagesia</i> sp.                              | S         |
| <i>V. ultimus</i> (Milovanović, 1935)                  | S, DO         | <i>Sphaerulites</i> sp.                            | Ko        |
| <i>V. vesiculosus</i> (Woodward, 1855)                 | S, DO, GO, Ko | <i>Pseudopolyconites</i> sp.                       | GO, Ko    |
| <i>V. vredenburgi</i> (Kühn 1933)                      | DO            | <i>Plagioptychidae</i>                             |           |
| Radiolitidae                                           |               | <i>Mitrocaprina bayani</i> (Douvillé 1888)         | Be        |
| <i>Biradiolites bipriminter</i> Astre 1954             | S             | <i>Plagioptychus</i> sp.                           | DO, GO    |
| <i>B. leychertensis</i> Toucas 1908                    | S             | <i>P. paradoxus</i> Matheron 1842                  | DO        |
|                                                        |               | <i>Trechmannellidae</i>                            |           |
|                                                        |               | <i>Dictyoptycyus morgani</i> (Douvillé 1904)       | S         |

GO-Gornje Orešje, DO-Donje Orešje, S-Stranice, Ko-Kober, Be-Bešpelj. Prema Pleničar (1971, 1993, 1994, 2005), Chaffau (2002), Turnšek i Polšak (1978), Polšak (1979) i Polšak i sur. (1982) osim za Gornje Orešje. Ispravljeno za više takse prema Skelton (2011) i za sinonime prema Bilotte (1985), Laviano i Gallo Maresca (1992), Vicens (1992) (prema Steuber 2002)

## 4.1. Lokalitet Slovenj Gradec, Slovenija

Sukcesija Slovenj Gradec (Sl. 2 i 3) je debela 24 m, u potpunosti karbonatna, debljine slojeva od 30 do 120 cm. Slojevi pokazuju sličnu strukturu i nedostatak tekstura kroz cijeli izdanak koji je lateralno širok 1 do 5 m. Početak sukcesije je označen rasjedom (Mioč i Žnidarčič 1976). Karbonatni sedimenti su packstone-grainstone i floatstone-rudstone tipa te su oba nasumično prisutni kroz vertikalnu sukcesiju. Potpuno očuvanih makrofosila ima malo i sastoje se od malih radiolitida do 4 cm visine i promjera 0.8 cm u nižem dijelu sukcesije (Sl. 4a). Preparati packstone-grainstone tipa (Sl. 4b) sadrže plitkovodne neskeletne i skeletne čestice poput peloida, bentičkih foraminifera i rijetkih malih fragmenata makrofosila. Fosilni nalazi sastoje se od sljedećih aglutiniranih i porcelanskih foraminiferskih vrsta (Sl. 5a-e): *Accordiella conica* Farinacci, *Calveziconus* cf. *lecaezae* Caus & Cornella, *Scandonea samnitica* De Castro, *Dicyclina schlumbergeri* Munier-Chalmas, *Dictyopsella killani* Munier-Chalmas, *Cuneolina pavonia* d'Orbigny i *Pseudocyclammina sphaeroidea* Gendrot. Bentičke foraminifere determinirane u Slovenj Gradec sukcesiji ukazuju na *Calveziconus* cf. *lecaezae* subzonu (Frijić i sur. 2015.) gornjeg dijela donjeg kampana do najnižeg dijela srednjeg kampana. Prema bentičkim fosilnim zajednicama i strukturama, taložni okoliš se može odrediti kao plitki podplimski sa umjerenom energijom vode.



**Slika 3.** Biostratigrafija i litologija sa mikrofosilnim zajednicama proučenih sekcija. 1 Klasifikacija prema taložnoj teksturi i Insalaco (1998) opisu koralja: W wackesone, P packstone, G grainstone, F floatstone, R rudstone, Pl pillarstone, 2 konglomerati, 3 plitkovodni karbonati, 4 pelagički karbonati, 5 klastični (a) mulj i (b) pjeskoviti mulj, 6 ljuštore i fragmenti rudista, 7 koralji, cjeloviti i fragmetni, 8 litoklasti, 9 transgresija, 10 tektonski kontakt (rasjed)

## 4.2. Lokalitet Stranice, Slovenija

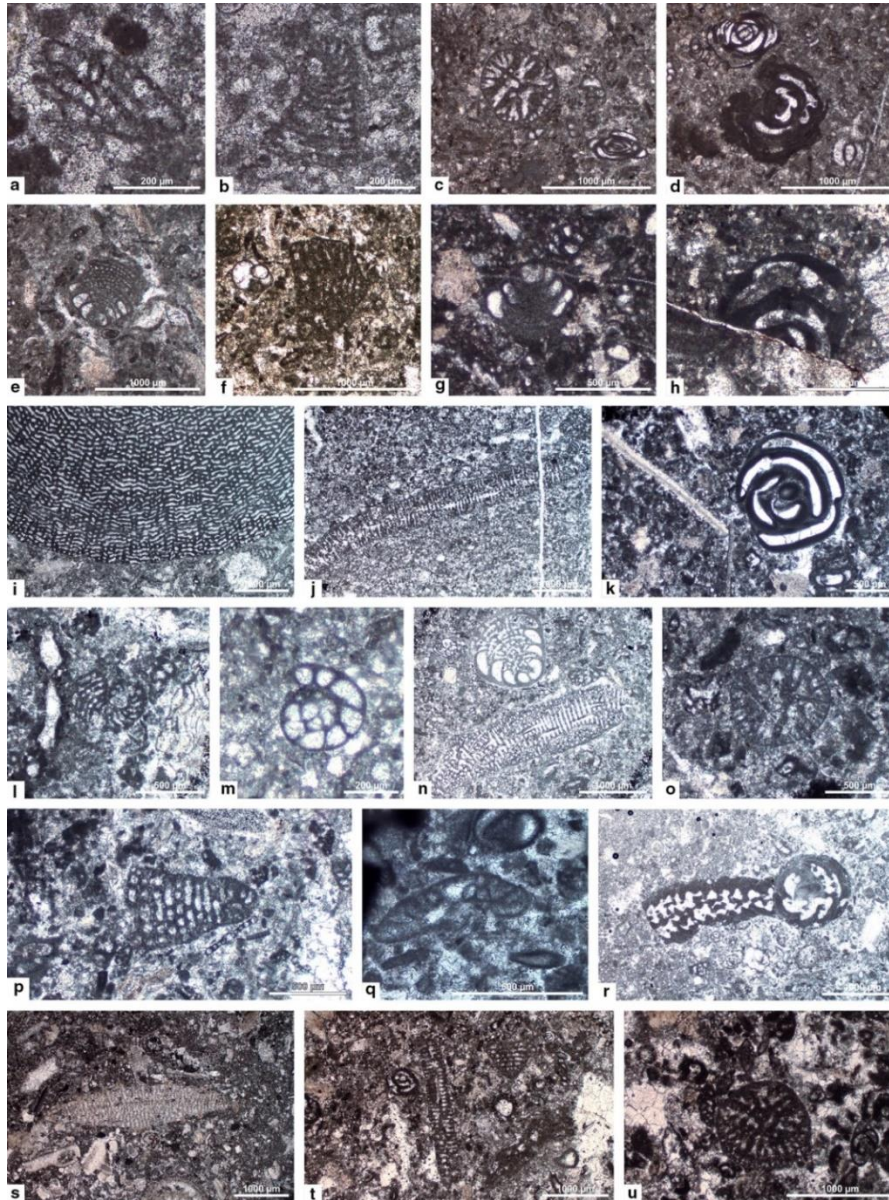
Najveća ukupna debljina proučavanog profila u Stranicama je 15,80 m (Sl. 3, 6). Debljina slojeva je od 10 do 220 cm. Sukcesija se može podijeliti na niži 13.60 m debeli klastični dio sa interkalacijama karbonatnog sedimenta, i gornji 2.20 m debeli karbonatni dio. Slojevi imaju slične karakteristike struktura kroz cijeli izdanak sa nedostatkom sedimentacijskih tekstura. Klastični sedimenti su glineni silt u nižem dijelu i pjeskovito-glineni silt do pjeskoviti silt prema vrhu klastičnog dijela. Lateralno unutar klastičnog sedimenta prisutna je bogata koraljna zajednica (Turnšek 1994; Pleničar i Šribar 1992) mixstone tipa (Turnšek 1994, 1997; prema Insalaco 1998) gdje prevladavaju gomoljasto-inkrustirajući primjerci roda *Columactinastranea* i cilindrični oblici roda *Dimorphastraea* (Turnšek 1994) (Tablica 2). Koralji su 2-9 cm visoki i 3,5-6 cm široki (Turnšek 1994, 1997) (Sl. 7). Karbonati su bioklastični floatstone-rudstone (Sl 4c) do packstone-grainstone tip (Sl. 4d), ovisno o prisutnosti makrofosilnih fragmenata. Od čestica u preparatima su prisutni peloidi, bentičke foraminifere i mali bioklasti. Iznad opisanih vapnenaca, Pleničar (1971, 1994) je utvrdio bogatu zajednicu rudista rodova *Vaccinites*, *Hippurites* i *Hippuritella*, a iznad klastičnih sedimenata radiolitida i rijetke jedinke roda *Dictyoptycus* (Tablica 1). Te naslage su uništene radom kamenoloma. Dimenzije jedinki roda *Vaccinites* su 8 do 9 cm u promjeru, rijetko 16 cm i visine 16 do 30 cm. Primjerci roda *Hippurites* su 2 do 8 cm široki i 12 cm visoki, a primjerci roda *Hippuritella* su 1 do 4.5 cm u promjeru. Radiolitidi su 2-6 cm dugi i 1-6 cm u promjeru, a diktioptihidi su 12 cm dugi i promjera od 13 cm (Pleničar 1971, 2005). Ljuštore vakcinita koji su određeni unutar karbonata su najviše (Sl. 7), što je slično utvrđenim dimenzijama na lokalitetima Donje Orešje i Gornje Orešje gdje također visinom nadmašuju granate koralje.

Nalazi mikrofosila sastoje se od aglutiniranih i porculanskih vrsta foraminifera (Sl. 5f-h): *Accordiella conica* Farinacci, *Calveziconus* cf. *lecalvezae* Caus & Cornella, *Scandonea samnitica* De Castro, *Dicyclina schlumbergeri* Munier-Chalmas, *Cuneolina pavonia* d'Orbigny. Makrofosili unutar floatstone-rudstone varijeteta tvore bogatu zajednicu poleglih radiolitida i rijetkih hipuritida. Određene foraminiferske vrste (Pleničar i Šribar 1992; Velić 2007; Frija i sur. 2015), rudisti (Pleničar 2005; Steuber i Schüter 2012) i koralji (Turnšek

1997) ukazuju na kronostratigrafski raspon gornjeg dijela donjeg kampana do najnižeg dijela srednjeg kampana. Facijesi ukazuju na plitkomorski okoliš umjerene energije vode.



**Slika 4.** Fotografije preparata iz karbonatnih (**a-f, j-o**) i klastičnih (**g-l**) sedimenata. Lokaliteti **a, b** Slovenj Gradec, **c, d** Stranice, **e, f** Donje Orešje, **g-k** Gornje Orešje, **l, m** Bešpelj, **n, o** Kober. **a** mali radiolitid unutar floatstone, **b** packstone-grainstone sa malim fragmentima makrofosila, **c** floatstone-rudstone sa fragmentima makrofosila, **d** packstone (*lijevo*) i packstone-grainstone (*desno*), **e** bioklastični floatstone, **f** wackestone sa pelagičkim česticama, **g** glina sa bioerodiranim fragmentima koralja, **h** glina sa peloidima i bioerodiranim fragmentima koralja, **i** litoklastičko-bioklastičko pjeskovito blato sa bioerodiranim fragmentima koralja, **j** floatstone sa fragmentima koralja i rudista, **k** packstone-grainstone sa *Dicyclina schlumbergeri* Munier-Chalmas, **l** floatstone-rudstone sa fragmentima makrofosila i radiolitidima, **m** packstone-grainstone sa malim fragmentima makrofosila, peloida i bentičkih foraminifera, **n** packstone-grainstone sa *Calveziconus* cf. *lecalvezae* Caus & Cornella, **o** bioklastičko-litoklastički floatstone-rudstone sa *Orbitoides* sp. i *Siderolites* sp.



**Slika 5.** Mikrofosili sa proučenih lokaliteta, korišteni u biostratigrafskoj analizi. Lokaliteti **a-e** Slovenj Gradec, **f-h** Stranice, **i-r** Bešpelj, **s-u** Kober. **a** *Dictyopsella kiliani* Munier-Chalmas, **b** *Pseudocyclammna sphaeroidea* Gendrot, **c** *Calveziconus* cf. *Lecalvezae* Caus & Cornella, **d** *Scandonea samnitica* De Castro, **e** *Accordiella conica* Farinacci, **f** *Calveziconus* cf. *lecalvezae* Caus & Cornella, **g** *Accordiella conica* Farinacci, **h** *Scandonea samnitica* De Castro, **i** *Keramosphaerina tergestina* Stache, **j** *Dicyclina schlumbergeri* Munier-Chalmas, **k** *Scandonea samnitica* De Castro, **l** *Pseudocyclammna sphaeroidea* Gendrot, **m** *Moncharmontia appeninica* (De Castro), **n** *Accordiella conica* Farinacci i *Dicyclina schlumbergeri* Munier-Chalmas, **o**, **p** *Calveziconus* cf. *lecalvezae* Caus & Cornella, **q** *Dictyopsella kiliani* Munier-Chalmas, **r** *Murgella lata* (Luperto Sini), **s** *Lepidorbitides* sp., **t** *Calveziconus* cf. *lecalvezae* Caus & Cornella i *Dicyclina schlumbergeri* Munier-Chalmas, **u** *Calveziconus* cf. *lecalvezae* Caus & Cornella

### 4.3. Lokalitet Donje Orešje, Hrvatska

Nalazište u Donjem Orešju je 14,75 m debeli slijed naslaga sa debljinom slojeva od 55 do 155 cm. Prisutna su dva tipa karbonata: floatstone-rudstone u donjem dijelu sukcesije 10 m i mudstone-wackestone tip u gornja 4 m. Utvrđen je jedan sloj lapora na 10 m od početka slijeda sedimenata. Slojevi imaju sličnu strukturu. Sedimentacijske teksture nisu prisutne. U floatstone-rudstone tipu, najčešća zrna su gusto pakirani bioklasti u pretežito muljevitom matriksu (Sl. 4e). Mikrofosili se sastoje od miliolida u donjem dijelu i kalcisfera u gornjem pelagičkom mudston-wackestonu (Sl. 4f). Unutar sloja lapora određeni su nanofosili (Polšak i sur. 1978). Ne postoje biostratigrafski značajne odredbe mikrofosila. U floatstone-rudstone tipu vapnenaca određeni su hipuritidi i vakciniti (Polšak 1979, Moro i sur. 2010) sa rijetkim fragmentima koralja (Tablica 1, Sl. 4e) u donjem dijelu. Rijetki primjerci roda *Hippurites* su do 7,5 cm visoki, a primjerci roda *Vaccinites* variraju 16-23 cm. Promjer primjeraka je 3,7-8,8 cm za rod *Vaccinites*, 1,9-4,6 cm za rod *Hippurites* i 1,3-4,5 cm za primjerke roda *Hippuritella*. U lateralnim ekvivalentnim klastičnim sedimentima u neposrednoj blizini, Polšak (1979.) i Turnšek i Polšak (1978.) opisali su koraljnu zajednicu (Tablica 2) u stijenama mixstone tipa sa gomoljastim koraljnim formama rasta različitih koraljnih vrsta (Turnšek i Polšak 1978). Gomoljaste i cilindrične forme rasta su 3-9 cm visoke i 2,5-6 cm široke. Iznimka je granasta *Actinastaea ramosa* sa visinom od 16 cm i širinom od 12 cm (Turnšek i Polšak 1978) što je i dalje manje u usporedbi sa vakcinitima nađenim u karbonatnim sedimentima (Sl. 7). Koralji (Turnšek 1997), SIS podaci (Moro i sur. 2010; Steuber i Schüter 2012), nanofosili (Polšak 1979) i pelagičke foraminifere (Korolija i sur. 1995) ukazuju na gornji dio donjeg kampana. Taložni okoliš je plitkomorski umjerene energije vode u nižem dijelu sukcesije i dubljevodni u gornjem dijelu slijeda naslaga (Sl. 3).

### 4.4. Lokalitet Gornje Orešje, Hrvatska

Maksimalna debljina izdanka na lokalitetu Gornje Orešje je 22,80 m (Sl. 3, 8) sa debljinom slojeva od 10 do 500 cm i sličnim strukturnim karakteristikama kroz cijeli slijed naslage. Sukcesija se sastoji od nižeg dijela sa klastičnim sedimentom i gornjeg karbonatnog dijela. Početak klastične sukcesije je karakteriziran 5 m debelim slojem konglomerata. Matriks u prva 2 m je karbonatni litoklastični floatstone, a u gornja 3 m klastični pjeskovit

mulj (Sl. 9). Između ova dva varijeteta ne postoji oštri prijelaz koji bi se mogao uzeti za slojnu plohu. Dobro zaobljeni klasti do 9 cm dugački i 4 cm široki su serpentinški. Oni su nastali trošenjem iz peridotitne emergirane podloge i pokazuju različite stupnjeve alteracije. Klasti imaju generalno preferiranu orijentaciju paralelnu sa slojevitošću. Nakon konglomerata slijedi 9,5 m debela sukcesija muljnog klastita (Sl. 4g, h) bogatog sa koraljima (Sl. 10) i s rijetkim rudistima, pri čemu su i jedni i drugi poredili. Koralji tvore unutar muljnog klastita pillarstone (Insalaco 1998) sa dominantno poredilim granatim formama rasta rodove *Columactinastraea*, *Astraea*, *Actinastraea* i *Actinacis* (Sl. 10 c, h-k, m) i podređeno cilindričnim, gomoljastim i solitarnim oblicima rasta (Sl. 10a, b, d-g, n-o), koji su zastupljeni sa šest primjeraka. Koralji su 5-11,5 cm visine i 4-7 cm širine. Granati oblici rasta, većinom poredili i fragmentirani zbog bioerozije su 7,5 (Sl. 10c) do 22 cm visine i do 16 cm širine. Gustoća granatih koralja je 4000 do 5400 grana/m<sup>2</sup>. Makrobušaći prisutni u granatim koraljima su anelidi i litofagidi (Sl. 10g, h). Debljina pillarstona je od 35 do 55 cm. Rudisti su rijetki i prisutni s nekoliko jedinki hipuritida 2,5 cm promjera i plagiopthida (10,5 cm visoki i 6,5 cm promjera, Sl. 10c1, 11b, f), koji su živjeli unutar granatih koralja (Sl. 10c1, c2). Od 14,5 do 16,30 m klastična sukcesija je litoklastično-bioklastični pjeskoviti mulj (Slika 4i) sa poredilim i fragmentiranim, većinom granatim i rijetko gomoljastim i cilindričnim koraljnim formama rasta, čestim niskokupolastim primjercima rudistnog roda *Pseudopolyconites* (do 21 cm visoki i 22 cm u promjeru, Sl. 11a, c, 12d), rijetkim vakcinitima zastupljenim sa dva primjerka (do 28 cm visoki i promjera 9,5 cm, Sl. 11e, 12a, c) te jednim primjerkom roda *Pseudosabinia* (7 cm u promjeru, Sl. 12b). Rijetke ljuštore vakcinita mogu imati bušotine litofagidnih i klinoidnih spužvi. Slično kao i u Donjem Orešju, vakciniti su viši od granatih koraljnih forma rasta (Sl. 7).

Karbonati su zastupljeni plitkovodnim floatstone-rudstone (Sl. 4j) i packstone-grainstone tipom (Sl. 4k) sa bentičkim foraminiferama, bioklastima, peloidima i rijetkim malim litoklastima (Sl. 4k). Fragmenti koralja prisutni su u nižem dijelu, a rudistni kroz cijeli karbonatni slijed sa rijetkim čitavim primjercima vakcinita (Sl. 11d). I u klastičnim i karbonatnim dijelovima sukcesije nedostaju sedimentacijske tekture.

Mikrofosili su rijetki i zastupljeni sa miliolidima i primjercima vrste *Dicyclina schlumbergeri* Munier-Chalmas (Sl. 4k). Sukcesija Gornjeg Orešja kronostratigrafski pripada

gornjem dijelu donjeg kampana temeljem nalaza mikrofosila (Velić 2007.) i zajednica rudista (Steuber i Schüter 2012). Karakteristike gore opisanog taložnog okoliša odgovaraju plitkomorskom niske energije vode u donjem klastičnom dijelu sukcesije, te plitkomorskom umjerene energije vode u gornjem karbonatnom dijelu.



Slika 6. Fotografija sa nalazišta u Stranicama. Početak transgresivne sukcesije označen strelicama

#### 4.5. Lokalitet Bešpelj, Bosna

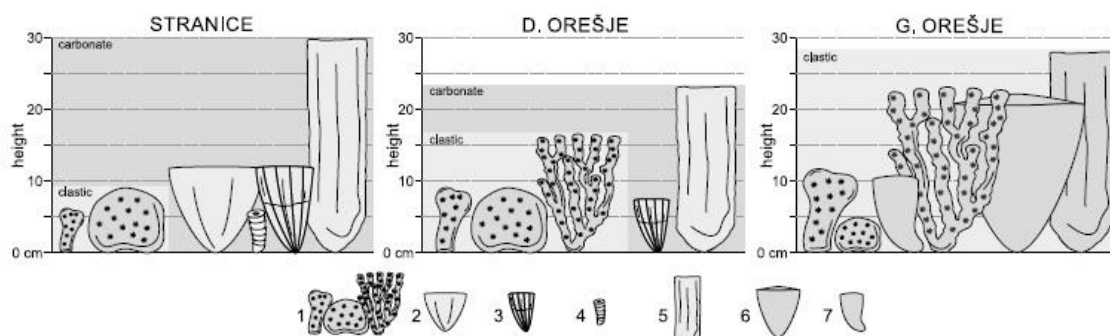
Ukupna debljina proučavanog profila Bešpelj je 8 m (Sl. 3) sa debljinom slojeva od 70 do 100 cm. Sukcesija se sastoji od plitkomorskog packstone-grainstone i floatstone-rudstone tipa vapnenaca. Radiolitidi su većinom poredili ili stvaraju rijetke kongregacije 2-3 m široke i 60 cm visoke u gornjem dijelu debljih slojeva (90-100 cm). Sedimentacijske teksture nisu prisutne. Floatstone-rudstoni (Sl. 4l) od čestica sadrže uglavnom bioklaste, litoklaste i peloide te plitkomorske mikrofosile. Packstone-grainstone tip (Sl. 4m) sadrži peloide, bioklaste i bentičke foraminifere. Bogati nalazi mikrofosila sastoje se od aglutinirano-porculanskih bentičkih foraminifera (Sl. 5i-r): *Accordiella conica* Farinacci, *Calveziconus* cf. *lecalvezae* Caus & Cornella, *Scandonea samnitica* De Castro, *Moncharmontia appeninica* (De Castro), *Dicyclina schlumbergeri* Munier-Chalmas, *Dictyopsella killani* Munier-Chalmas, *Cuneolina pavonia* d'Orbigny, *Peudocyclammina sphaeroidea* Gendrot, *Murgella lata* (Luperto Sini) i *Keramosphaerina tergestina* Stache. Alga *Thaumatoporella parvovesiculifera* (Raineri) je također prisutna. Makrofosili uključuju fragmente radiolitida (Tablica 1) unutar floatstone-rudstone. Pojedini primjerci radiolitida su 4-7 cm visine i promjena 1-2 cm. Prema nalazima bentičkih foraminifera, sukcesija u Bešpelju pripada *Calveziconus* cf. *lecalvezae* subzoni (Frijia i sur. 2015) koja kronostratigrafski odgovara gornjem dijelu donjeg kampana do

najnižem dijelu srednjeg kampana. Strukturne karakteristike i fosilna zajednica ukazuju na plitkovodni okoliš umjerene energije vode.

**Tablica 2.** Popis koraljnih vrsta, njihove forme rasta i polyparia aranžman iz Stranica (S), Donje Orešje (DO) [prema Turnšek (1978, 1994, 1997)] i Turnšek i Polšak (1978) i Gornje Orešje (GO)

| Vrsta, solitarna ili kolonijalna                        | Forma rasta                       | Aranžman polipa          | Lokalitet |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------|
| <i>Actinacis martiniana</i> d'Orbigny, 1850             | Okorjeli                          | Plokoidni                | S, DO, GO |
| <i>A. reussi</i> Oppenheim, 1930                        | Okorjeli, granati                 | Plokoidni                | S, GO     |
| <i>Actinastraea elongata</i> Alloiteau, 1954            | Gomoljast                         | Ceroidni                 | GO        |
| <i>A. octolamellosa</i> (Michelin, 1846)                | Granati, gomoljast                | Ceroidni                 | S, DO     |
| <i>A. ramosa</i> (Michelin, 1847)                       | Granati                           | Ceroidni, ramozni        | S, DO, GO |
| <i>Acrosmilina conica</i> d'Orbigny, 1850               | Solitaran                         | Flabelatni               | S         |
| <i>Acrosmilina</i> sp.                                  | Solitaran                         | Flabelatni               | GO        |
| <i>Astraraea media</i> (Sowerby, 1832)                  | Masivni, gomoljast                | Tamnasteroidni           | DO        |
| <i>Astraraea</i> sp.                                    | Granati                           | Tamnasteroidni           | GO        |
| <i>Aulosmilina aspera</i> (Sowerby, 1831)               | Solitaran                         | Flabelatni               | S         |
| <i>A. cuneiformis</i> (Milne Edwards and Haime, 1849)   | Solitaran                         | Flabelatni, kompresirani | S         |
| <i>Columactinastraea pygmaea</i> (Felix, 1903)          | Gomoljast, granati, okorjeli      | Ceroidni                 | S, DO, GO |
| <i>Columnastraea formosa</i> (Goldfuss, 1826)           | Gomoljast, cilindrički            | Plokoidni                | DO        |
| <i>C. striata</i> (Goldfuss, 1826)                      | Gomoljast, okorjeli               | Plokoidni                | DO        |
| <i>Conicosmilotrochus dentatus</i> Turnšek, 1978        | Solitaran                         | Ceroidni                 | S         |
| <i>C. stranicensis</i> Turnšek, 1978                    | Solitaran                         | Ceroidni                 | S         |
| <i>C. strictus</i> Turnšek, 1978                        | Solitaran                         | Ceroidni, kompresirani   | S         |
| <i>Cunolites (Cunolites) reussi</i> (Fromentel, 1870)   | Solitaran                         | Diskoidalni              | S         |
| <i>C. (Cunolites) stellata</i> (Quenstedt, 1880)        | Solitaran                         | Diskoidalni              | S         |
| <i>C. (Paracunolites) scutellum</i> (Reuss, 1854)       | Solitaran                         | Diskoidalni              | S         |
| <i>C. (Pleisocunolites) cycloides</i> (Felix, 1903)     | Solitaran                         | Diskoidalni              | S         |
| <i>C. (Pleisocunolites) depresa</i> (Reuss, 1854)       | Solitaran                         | Diskoidalni              | S         |
| <i>C. Pleisocunolites) dispar</i> (Quenstedt, 1880)     | Solitaran                         | Diskoidalni              | S         |
| <i>C. (Pleisocunolites) faecata</i> (Stoliczka, 1873)   | Solitaran                         | Diskoidalni              | S         |
| <i>C. (Pleisocunolites) gosavicus</i> (Oppenheim, 1930) | Solitaran                         | Diskoidalni              | S         |
| <i>C. (Plesiocunolites) orbigny</i> (Fromentel, 1864)   | Solitaran                         | Diskoidalni              | S         |
| <i>C. (Pleisocunolites) undulata</i> (Goldfuss, 1826)   | Solitaran                         | Diskoidalni              | S         |
| <i>C. (Plesiocunolites) robusta</i> (Quenstedt, 1880)   | Solitaran                         | Diskoidalni              | S         |
| <i>Cunolites</i> sp.                                    | Solitaran                         | Diskoidalni              | GO        |
| <i>Dasmiopsis lamellicostatus</i> (Reuss, 1854)         | Solitaran                         | Trohoidni                | S         |
| <i>Dermosmiliopsis orbigny</i> Alloiteau, 1957          | Zaobljen                          | Faceloidni               | DO        |
| <i>D. tenuicosta</i> (Reuss, 1854)                      | Zaobljen                          | Faceloidni               | DO, GO    |
| <i>Dimorphastraea composite</i> (Sowerby, 1835)         | Cilindrički, gomoljast, fungifor. | Tamnasteroidni           | S         |
| <i>D. leptophyllia</i> (Felix, 1903)                    | Fungiformni do cilindrički        | Tamnasteroidni           | S, GO     |
| <i>Elasmophyllia deformis</i> (Reuss, 1854)             | Zaobljen                          | Faceloidni               | S, DO     |
| <i>Ellipsosmilina</i> sp.                               | Solitaran                         | Trohoidni                | DO        |
| <i>Enallocoenia salisburgensis</i> Beauvis, 1982        | Gomoljast                         | Subceroidni              | S         |
| <i>Hydnopora ataciana</i> d'Orbigny, 1850               | Cilindrički                       | Hidnoporoidni            | S         |

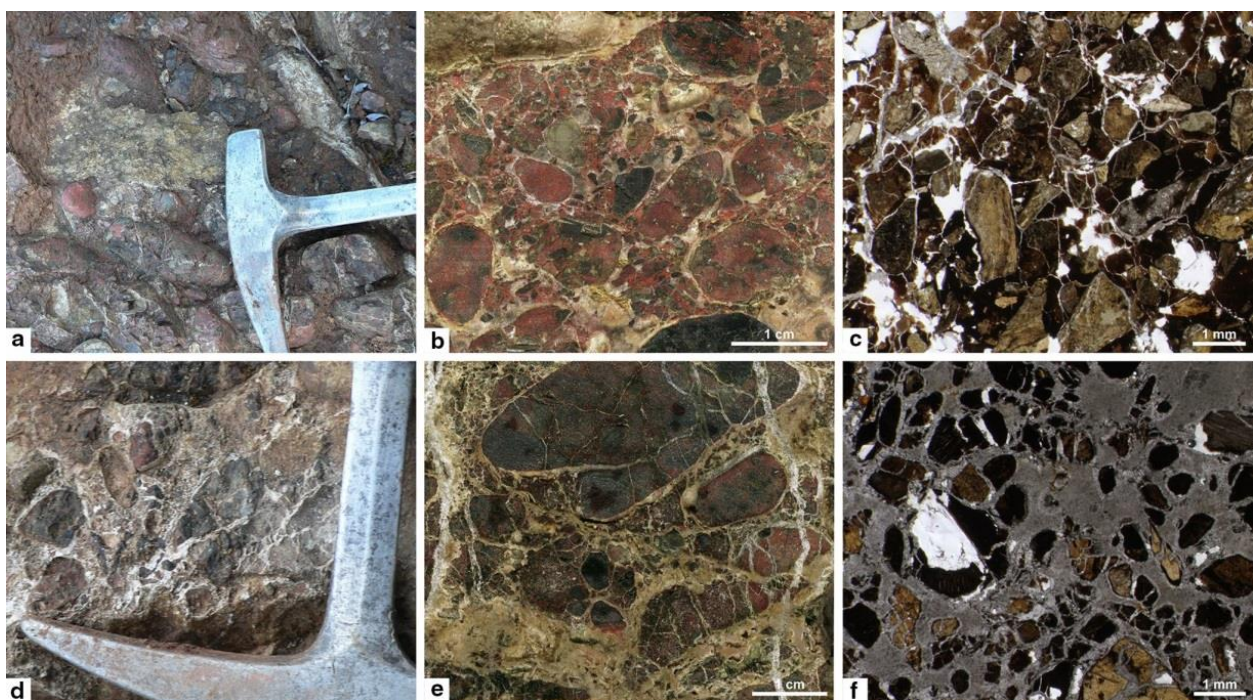
| Vrsta, solitarna ili kolonijalna                    | Forma rasta                  | Aranžman polipa          | Lokalitet |
|-----------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------|
| <i>H. multilamellosa</i> Reuss, 1854                | Cilindrički                  | Hidnoporoidni            | S, GO     |
| <i>Mycetophylliopsos antiqua</i> (Reuss, 1854)      | Masivni                      | Meandroidni              | DO        |
| <i>Neocaeniopsis corollaris</i> (Reuss, 1854)       | Gomoljast                    | Plokoidni                | S         |
| <i>N. excelsa</i> (Fromentel, 1867)                 | Masivni, prstolik            | Plokoidni                | S, GO     |
| <i>Neocoenia lepida</i> (Reuss, 1854)               | Masivni                      | Plokoidni                | DO        |
| <i>Orbignygyra daedalea</i> (Reuss, 1854)           | Masivni                      | Meandroidni              | S         |
| <i>Phragmosmilia</i> sp.                            | Solitaran                    | Trohoidni                | S         |
| <i>Phyllocoeniopsis pediculate</i> (Deshayes, 1831) | Masivni                      | Plokoidni                | DO        |
| <i>Phyllocoeniopsis</i> sp.                         | Masivni                      | Plokoidni                | DO        |
| <i>Phyllosmilia</i> sp.                             | Solitaran                    | Trohoidni, kompresirani  | S         |
| <i>Placosmilia gracilis</i> (Felix, 1903)           | Uniserijalan                 | Meandroidni              | S         |
| <i>Pleurocora crassa</i> (Reuss, 1854)              | Granat                       | Dendroidni               | DO        |
| <i>P. haueri</i> Milne-Edwards and Haime, 1848      | Granat                       | Dendroidni               | DO        |
| <i>Polytremacis</i> sp.                             | Okorjeli                     | Plokoidni                | S         |
| <i>Procadocora simonyi</i> (Reuss, 1854)            | Zaobljeno granat             | Faceloidno-dendroidni    | S, DO     |
| <i>P. tenuis</i> (Reuss, 1854)                      | Zaobljeno granat             | Faceloidno-dendroidni    | S, DO     |
| <i>Rennensismilia chondrophora</i> (Felix, 1903)    | Solitaran                    | Flabelatni               | S, DO     |
| <i>R. complanata</i> (Goldfuss, 1826)               | Solitaran                    | Flabelatni, kompresirani | S, DO     |
| <i>R. subinduta</i> (Reuss, 1854)                   | Solitaran                    | Urbinatni                | S, DO     |
| <i>Stephanosmilia polydectes</i> Kolosváry, 1954    | Solitaran                    | Urbinatni                | S         |
| <i>Synastraea procera</i> (Reuss, 1854)             | Okorjeli                     | Tamnasteroidni           | S, DO     |
| <i>Thamnoseris hoernesii</i> (Reuss, 1854)          | Gomoljast, masivni, Okorjeli | Ceroidni                 | DO        |



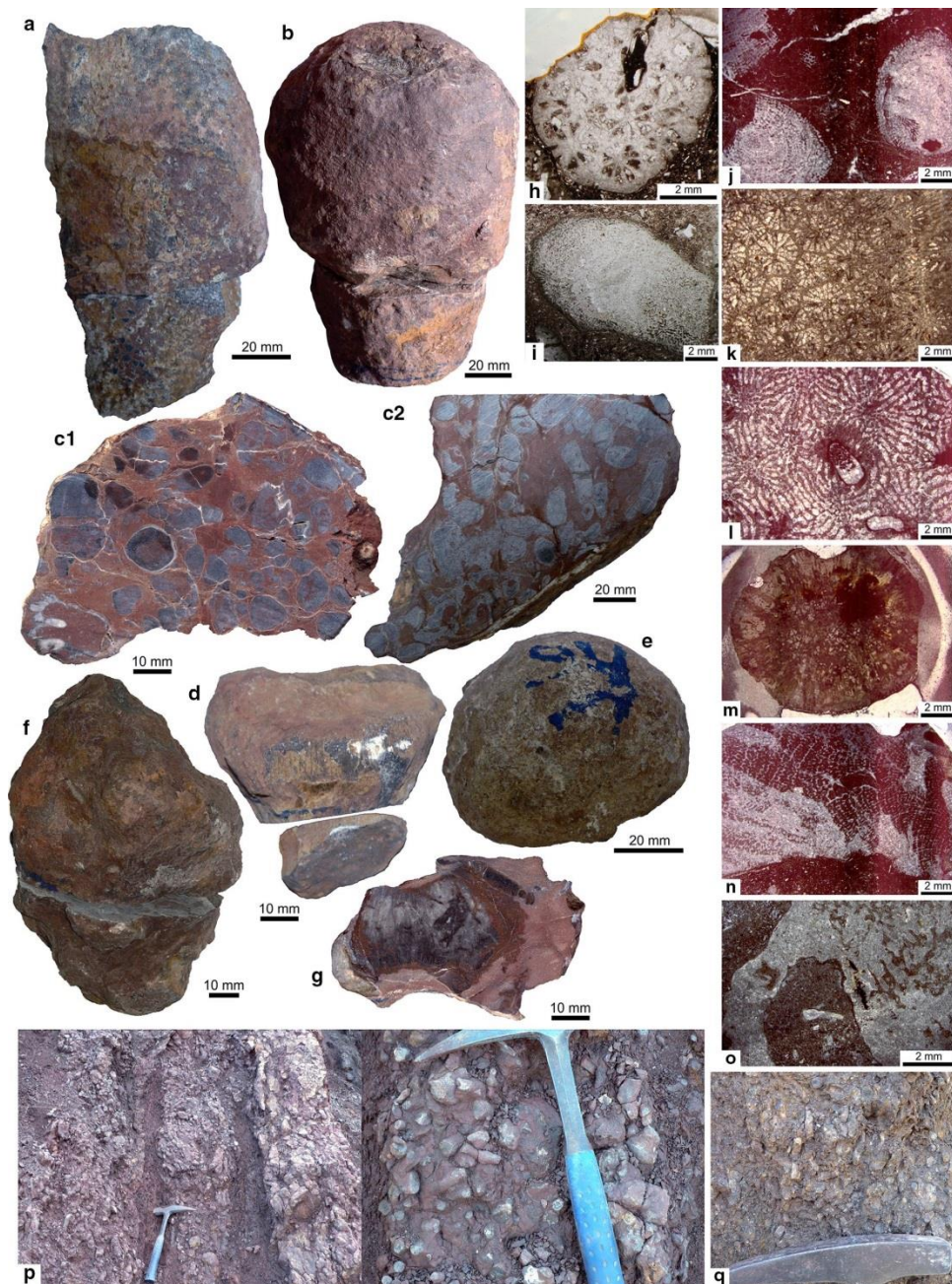
**Slika 7.** Distribucija mjerenih visina koralja i rudista. 1 Koralji (cilindrični, gomoljasti, granati), 2 Diktopitihidi, 3 Hipuritidi, 4 Radiolitidi, 5 Vakcinitidi, 6 Pseudopolikonitidi, 7 Plagioptihidi. Samo primjerci rudista i koralja sa izmjerenim visinama očuvanih ljuštura i koraljnih oblika su predstavljeni. *Horizontalni prerez generalizirane vertikalne sukcesije od lijeva na desno*



Slika 8. Panoramska fotografija terena u Gornjem Orešju. Tektonski početak sukcesije označen sa *strelicama*.



Slika 9. Bazalni konglomerati iz Gornjeg Orešja. Niže karbonatni dio (c-e) i gore klastični dio (a-c). *Od lijeva na desno slika terena (a, d), ispolirane ploče (b, e) i preparati (c, f)*



**Slika 10.** Koralji iz Gornjeg Orešja: cilindrični (a, b), solitarni (d), granati (c, h-j, m), okrugli (e), gomoljasti (f, g, o) i okorjeli (n) oblici rasta sa plokoidni (i, n, o), tamnasteroidni (l) i cerioidni (h, j, k, m) aranžman polipa. a *Hydnophora multilamellosa* Reuss, b *Dimorphastraea leptophyllia* (Felix), c1, 2. *Astranea* sp. sa hipuritidima (dolje lijevo), transverzalna (1) i longitudinalna (2) sekcija, d *Acrosmilia* sp., e *Actinastraea elongate* Alloiteau, f *Dermosmiliopsis tenuicosta* (Reuss), g *Neocoeniopsis excelsa* (Fromentel), h *Actinastraea ramosa* Michelin, i *Actinacris reussi* Oppenheim, j *Astraraea* sp., k *Actinastraea elongate* Alloiteau, l *Dimorphastraea leptophyllia* (Felix), m *Columactinastraea pygmaea* (Felix), n *Actinacis martiniana* d'Orbigny, o *Neocoeniopsis excelsa* (Fromentel), p subvertikalni slojevi pillarstone sa prevrnutim dominantnim granatim koraljima unutar blatnog matriksa. Na lijevo, detalj iz srednjeg sloja. Sukcesija od lijeva na desno, q detalj iz pillarstone sa prevrnutim granatim koraljima unutar pjeskovitog mulja. Sukcesija je od lijeva na desno.

## 4.6. Lokalitet Kober, Bosna

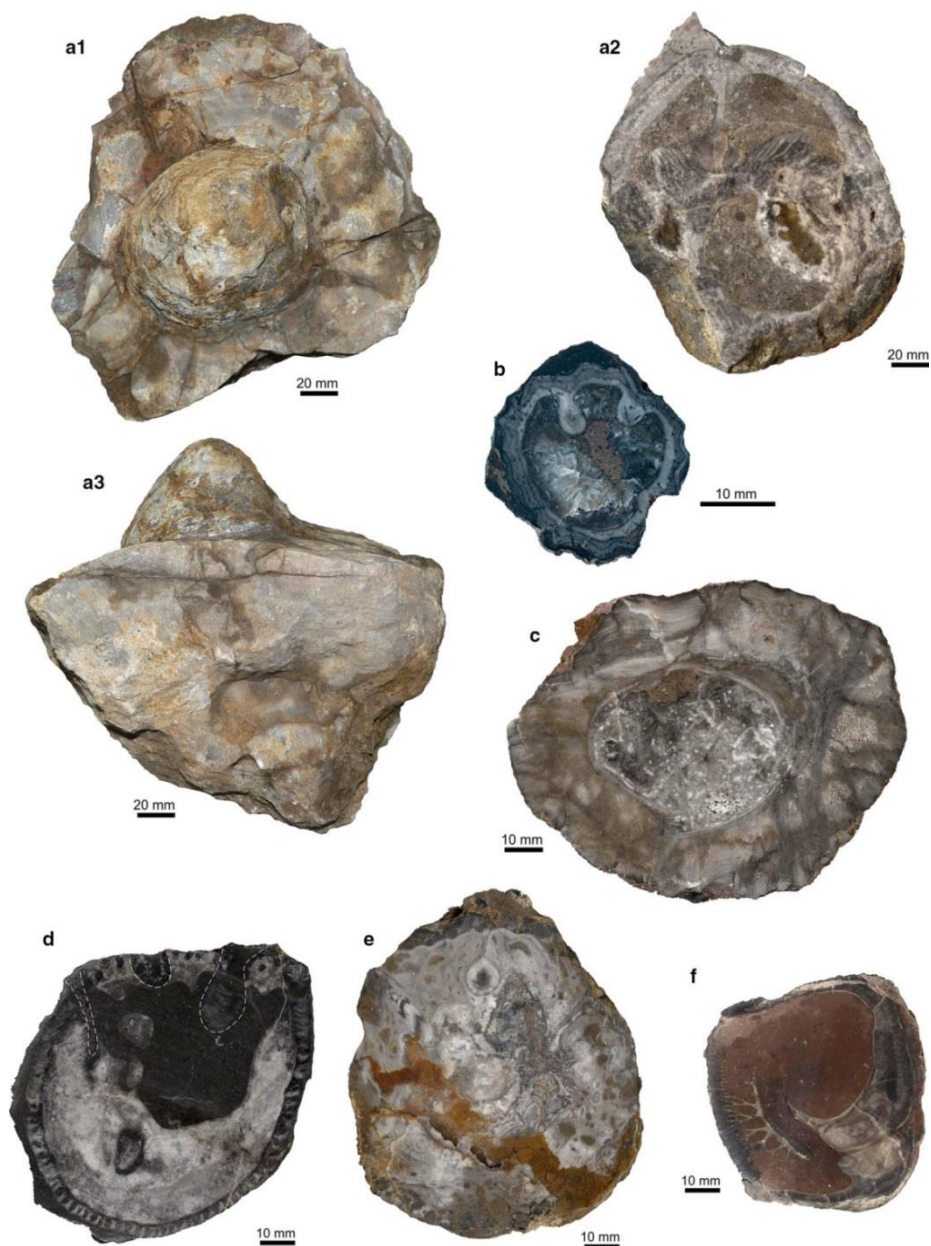
Sukcesija Kober je 5,5 m debela i sastoji se od floatstone-rudstone i packstone-grainstone tipa vapnenaca sa debljinom slojeva od 50 do 100 cm (Sl. 3). Slojevi imaju sličnu strukturu i nedostatak sedimentacijskih tekstura. Packstone-grainstone tip (Sl. 4n) od čestica sadrži peloide, bentičke foraminifere i rijetke male bioklaste. Floatstone-rudstone tip (Sl. 4o) je sličan prethodnom, s time da sadrži fragmente makrofosila i litoklaste. Fosilna zajednica sastoji se od aglutiniranih-hijalinskih foraminiferskih vrsta (Sl. 4n, o, 5s-u): *Calveziconus* cf. *lecalvezae* Caus & Cornella, *Accordiella conica* Farinacci, *Scandonea samnitica* De Castro, *Dicyclina schlumbergeri* Munier-Chalmas, *Orbitoides* sp., *Siderolites* sp., *Lepidorbitoides* sp. te fragmenata crvenih algi. Unutar packstone-grainstone varijeteta su rijetki polegli primjerci radiolitida i hipuritida (Sl. 12e-g). Jedan primjerak vrste *Vaccinites vesiculosus* ima promjer od 7,6 cm. (Sl. 12e). Hipuritidni primjerci su promjera 3 do 4,5 cm, a oni roda *Hippuritella* 2,5-4 cm (Devide-Nedela i Polšak 1961). Kronostratigrafski, naslage ovog lokaliteta pripadaju *Calveziconus* cf. *lecalvezae* subzoni (Frija i sur. 2015), a temeljem rudistne zajednice *Pironaea polystyla* rudistnoj biozoni (Steuber i Schüter 2012) odnosno nižem dijelu srednjeg kampana. Zbog prisutnosti hijalinih bentičkih foraminifera okoliš je relativno dublji podplimski, umjerene energije vode.

## 5. Kronostratigrafija

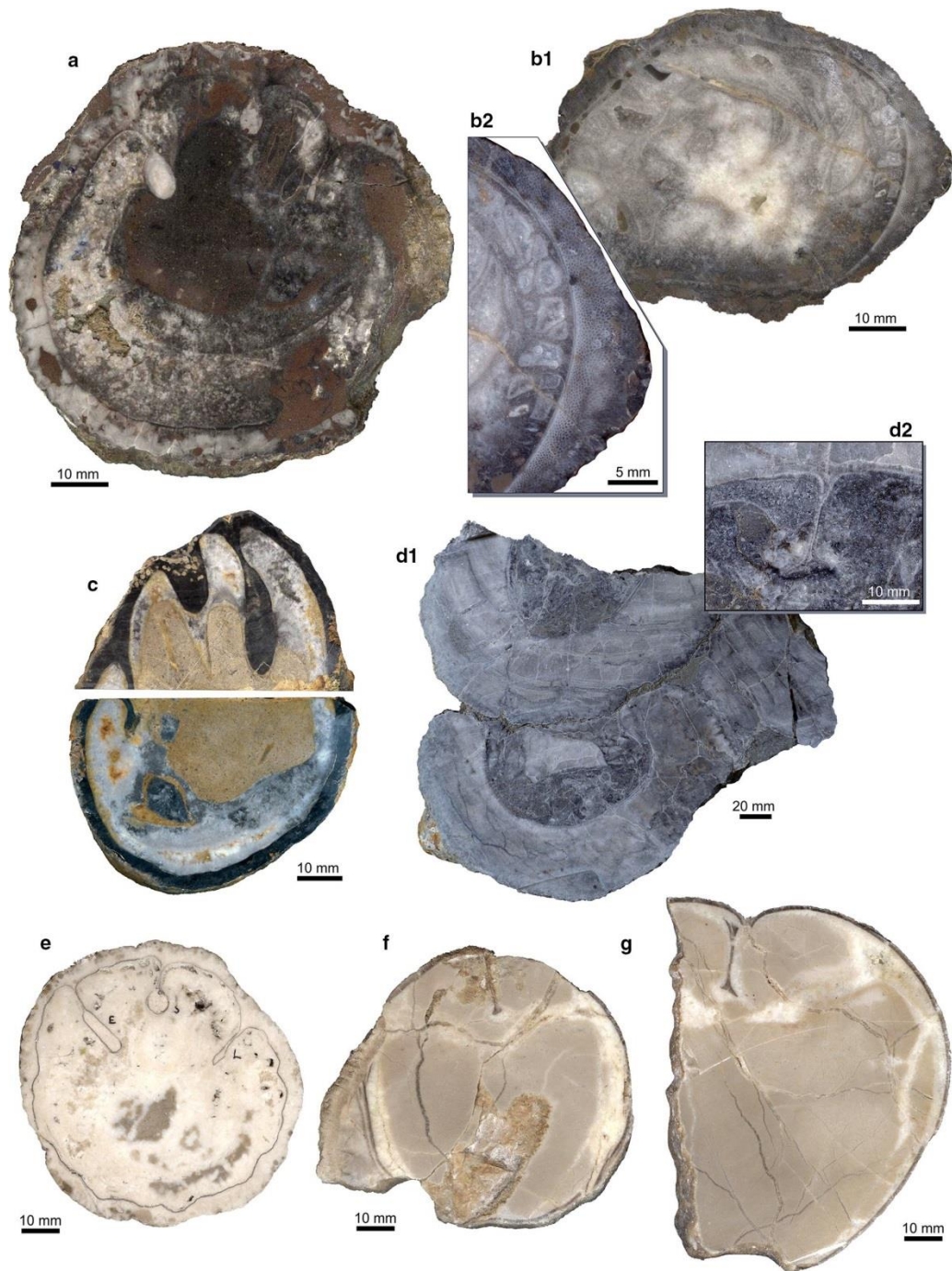
Dva uzorka vanjskog sloja ljuštura hipuritidnih rudista su dana na geokemijsku i analizu izotopom stroncija. Sa svakog lokaliteta, tri do četiri uzorka, (ovisno o dostupnom broju ljuštura hipuritida), osim jednog su analizirana kemijski i izotopnom analizom. Svi analizirani primjerci osim jednog pokazuju relativno slab potencijal očuvanosti za izračun vrijednosti omjera  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (Steuber 2003a) zbog previsokih koncentracija Fe i Mn.

Uzorak sa lokaliteta Stranice starosti 80.50-80.55 Ma ima prihvatljivu koncentraciju sastava elemenata Sr 1320, Mg 2835, Fe 77 i Mn 13 mg/kg. Ovi podaci potvrđuju kronostratigrafski raspon od gornjeg dijela donjeg kampana do najnižeg dijela srednjeg kampana temeljen na mikrofosilima. Prema rudistnim biozonama (Steuber i Schüter 2012), ovaj lokalitet odgovara gornjem dijelu donjeg kampana intervalne zone *Vaccinites alpinus* sa kronostratigrafskim rasponom od 84.12-79.03 Ma. Najvjerojatnije, obližnji lokalitet Slovenj

Gradec ima istu kronostratigrafsku starost s obzirom da je prisutna zajednica rudista intervalne zone *V. alpinus* (Pleničar 2005).



Slika 11. Vrste rudista iz Gornjeg Orešja. **a1-a3** *Pseudopolyconites* sp., **b** *Hippuritella variabilis* (Munier-Chalmas, u Gaudry, 1867), **c** *Pseudopolyconites* sp., **d** *Vaccinites archiaci* (Douville), **e** *Vaccinites vesiculosus* (Woodward), **f** *Plagioptychus* sp.



Slika 12. Vrste rudista iz Gornjeg Orešja (a-d) i Kobera (e-g). a *Vaccinites oppeli* (Douville), b *Pseudosabinia* sp. Sa detaljom vanjskog i unutarnjeg sloja ljuštura (b2), c *Vaccinites archaici* (Douville). Kosa (c1) i transverzalna (c2) sekcija istog primjerka, d *Pseudopolyconites* sp. sa povećanim ligamentalnim grebenom (d2), e *Vaccinites vesiculosus* (Woodwards), f, g *Pseudopolyconites* sp.

Za Gornje Orešje, postoje podaci s obližnjeg lokaliteta Donje Orešje (Moro i sur. 2010; Steuber i Schüter 2012). Starost (81.19 Ma, Sl. 13) odgovara gornjem dijelu donjeg kampana intervalne zone *Vaccinites alpinus* koja ima kronostratigrafski raspon od 84.12-70.03 Ma. Ovi podaci odgovaraju determiniranoj zajednici rudista. Oba lokaliteta u Bosni, Kober i Bešpelj, prema biostratigrafskom rasponu *Calveziconus* cf. *lecalvezae*, odgovaraju gornjem dijelu donjeg kampana do najnižem dijelu srednjeg kampana (Steuber i sur. 2005; Frijia i sur. 2015). Također, rudistna zajednica lokaliteta Kober kronostratigrafski odgovara *P. polystyla* rudistnoj biozoni kronostratigrafskog raspona od 79.03-75.27 Ma (Steuber i Schüter 2012). *Calveziconus* cf. *lecalvezae* obitava na Jadranskoj karbonatnoj platformi unutar malo dubljeg podplimskog okoliša, kojem nedostaju ciklusi oplićavanja, miješane zajednice radiolitida i hipuritida (Gušić i Jelaska 1990; Moro i sur. 2002; Steuber i sur. 2005). Ovakav taložni okoliš je rijedak i ograničen na kratak raspon tijekom kampana nakon ponovnog potapanja Jadranske karbonatne platforme (Gušić i Jelaska 1990; Moro i sur. 2002; Steuber i sur. 2005), ili, kakav je slučaj na lokalitetima u Bosni, tijekom relativno brzog produbljavanja taložnog okoliša sa taloženjem turbidita (Tomić 1985; Dragičević 1987; Polšak i sur. 1982); potonje nije tipično za fazu produbljavanja (Haq 2014). Stoga, najvjerojatnije dva izdanka u Bosni su taložena na početku *P. polystyla* rudistne biozone. To upućuje da bi se biostratigrafski raspon *Calveziconus* cf. *lecalvezae* mogao produžiti do početka rudistne biozone *P. polystyla* (79.03 Ma). Što se tiče biostratigrafskog raspona vrste *M. lata*, nedavna istraživanja u centralnim Apeninima (Frijia i sur. 2015) ukazuju na pojavljivanje *M. lata* tijekom najgornjeg dijela donjeg kampana. Na bosanskim lokalitetima *M. lata* se pojavljuje zajedno sa *C. cf. lecalvezae*, što ukazuje širi biostratigrafski raspon koji se proteže u niži dio srednjeg kampana.

*Hippurites nabrassiensis* ima neispravan taksonomski status (Steuber i Schüter 2012), i često ga se zamjeni ili smatra sinonimom za *Hippuritella lapeirousei* (Pleničar 1994, 2005; Polšak i sur. 1982; Moro i sur. 2010) ili za *Hippurites heritschi* (Chaffau i Pleničar 1995; Steuber 2001, 2003a, b; Pons i Vicens 2002). Taksonomski koncept koji se koristi ovdje upotrebljava morfološke i kronostratigrafske karakteristike koje su opisali Steuber i Schüter (2012), pri čemu primjerci debelih ljuštura sa širokim pseudostupićima, koji se pojavljuju kroz *Vaccinites chaperi*, *V. alpinus* i *Pironaea polystyla* rudistne biozone, se mogu odrediti kao *Hippurites nabrassiensis* ili *H. heritschi* (Tablica 1).

## 6. Promjena razine mora i taložni okoliši

Gore opisani sediment sa različitih lokaliteta predstavljaju različite lateralne dijelove plitkomorskog transgresivnog sustava gdje su rudisti i koralji bili dominantni makrofosili. Dva tipa sukcesije se mogu razlikovati na proučenim profilima: (a) klastični mulj do pjeskoviti muljni klastit i (b) karbonatni. Karakteristike tih sukcesija su opisane u daljnjem tekstu unutar relativne promjene morske razine i idealne transgresivne sukcesije. Uobičajeno, sukcesije *V. alpinus* rudistne biozone pojavljuju se tijekom regresivnih (lokaliteti Donje Orešje i Gornje Orešje), lowstand (lokaliteti Brašljeвица i Sv. Martin) i transgresivnih (lokalitet Stranice) dijelova kratkotrajne krivulje promjene razine mora (vidi sl. 13 prema Haq 2014). Očiti široki stratigrafski raspon početka transgresije unutar rudistne biozone *V. alpinus* (81.19-79.8 Ma), koja se javlja oko granice sekvencije kod 80 Ma može biti zbog neprecizne biostratigrafske odredbe naslaga kasne krede, kao i zbog lokalnih tektonskih utjecaja (Steuber i Schüter 2012) koji rezultiraju više ili manje izraženim paleoreljefom. Kod lokaliteta Donje Orešje, kratak period plitkovodnog taloženja naglo prelazi u pelagičke vapnence (Polšak 1979) ili laporovite sedimente (Moro i sur. 2010; Lužar Oberiter i sur. 2012) kao što je slučaj kod drugih lokaliteta u Unutarnjim Dinaridima. Iako regionalno postoji kontinuirana distribucija zajednica rudista (Steuber i Schüter 2012), produbljavanje sedimentacijskog okoliša tijekom gornjeg dijela *V. alpinus* rudistne biozone predstavlja tektonski utjecaj na promjenu razine mora. Transgresija na lokalitetima Kober i Bešpelj pojavljuje se na početku *Pironea polystyla* rudistne biozone. To se poklapa sa periodom vrhunca transgresije unutar kratkotrajne krivulje relativne promjene razine mora (Haq 2014) (Sl. 13). Rezultat toga je naglo produbljavanje okoliša sa kratkim periodom podplimske sedimentacije sa zajednicama radiolitida ili mješanim zajednicama radiolitida-hipuritida. Iako izostanak rudista u regionalnoj paleogeografskoj distribuciji na početku *P. polystyla* biozone (Steuber i Schüter 2012) se podudara sa početkom sekvencije trećeg reda (na 78.4 Ma), nedostatak rudista kao rezultat taloženja turbidita na bosanskim lokalitetima (Tomić 1985) upućuje na utjecaj tektonike na relativnu promjenu razine mora. Utjecaj tektonike, zajedno sa relativnom promjenom razine mora (Moro i sur. 2002; Steuber i sur. 2005) rezultira regionalnim razvojem paleogeografski rasprostranjenog podplimskog okoliša bez ciklusa oplicavanja, koji su prethodili emerziji (Gušić i Jelaska 1990; Moro i sur. 2002; Steuber i sur. 2005) ili su se razvili na početku

transgresije kao što je slučaj sa proučenim lokalitetima. To je rezultiralo prisutstvom rudista koji pripadaju *V. alpinus* i *P. polystyla* biozionama unutar ovog dijela centralnog istočnog Mediterana.

Tijekom kampana bilo je kontinuirano povećanje razine mora (Haq 2014), iako je bilo i kratkotrajnih spuštanja relativne razine mora (Sl. 13). Sve transgresivne sukcesije proučenih lokaliteta taložile su se relativno brzo (Sl. 13) bez ponavljanja litofacijesa ili cikličnosti, slično transgresivnim sukcesijama Gosavskog razvoja u Austriji (Sanders i Pons 1999).

Taložni okoliš klastičnog transgresivnog facijesa sastoji se od obalnih konglomerata koji prelaze u podplimski klasični mulj sa koraljima i rijetkim rudistima i muljno/pjeskoviti mulj sa koraljima (Sl. 14). Prema vrhu sukcesije, taložni okoliš postaje postepeno dublji i više otvoren sa litoklastičnim-bioklastičnim pjeskovitim muljevima i interkalacijama karbonata. Na vrhu klasične sukcesije dolaze vapnenci sa vertikalnom alternacijom packstone-grainstone i floatstone-rudstone strukturnog tipa. Foraminiferska zajednica unutar vapnenaca sa aglutiniranim i porculanskim kućicama, zajedno sa hipuritidima i radiolitidima ukazuje da je paleokoliš i dalje bio relativno plitak bez prisutstva ciklusa oplicavanja (Moro i sur. 2002) vjerojatno zbog relativno brzog podizanja razine mora u uvjetima blago nagnutog paleoreljefa. Također, klasična sukcesija bi mogla lateralno biti jednaka karbonatima kao što je slučaj u Donjem Orešju-Gornjem Orešju, vjerojatno kao rezultat strmijeg paleoreljefa kojeg karakterizira karbonatna sedimentacija. Okoliš sličnih karakteristika je proučavan u Gosavskom razvoju u Austriji, gdje transgresivne sukcesije ovise o kombiniranom učinku diferenciranog reljefa uskog šelfa sa visokim donosom siliklastičnog sedimenta (Sanders i Höfling 2000).

Unutar karbonatnih sukcesija, kao i karbonata koji prekrivaju klasični sediment (Sl. 3, 14) sa sličnim packstone-grainstone do floatstone-rudstone strukturnim tipovima, moguće je razlikovati: (1) plitki podplimski okoliš sa aglutinirano-porculanskim foraminiferama i zajednicom rudista koja se kreće od radiolitida (Bešpelj, Slovenj Gradec) do miješane zajednice radiolitida i hipuritida (Stranice, Donje Orešje, Gornje Orešje), i (2) relativno dublji i više otvoren podplimski okoliš sa aglutinirano-porculansko-hijalinskim foraminiferama i hipuritidima te rijetkim radiolitidima na lokalitetu Kober u Bosni. Koralji su ili odsutni ili prisutni samo kao rijetki fragmenti u početnom dijelu karbonatne sukcesije, kada se talože

klastični sedimenti, kao što je slučaj kod lokaliteta Donje Orešje (Polšak 1979; Korolija i sur. 1995) ili nižem dijelu taložne sukcesije kao što je slučaj u Gornjem Orešju. Nedostatak ciklusa oplicavanja unutar karbonatnih sukcesija, zajedno sa gore spomenutim karakteristikama fosilnih zajednica, što je osobito važno za lokalitete koji su vjerojatno rezultat iste transgresije (sekcije Bešpelj i Kober, Sl. 3) su vjerojatno rezultat relativno brzog podizanja razine mora (Sl. 13) preko lateralno više (Kober) ili manje (Slovenj Gradec i Bešpelj) izraženog paleoreljefa (Sl. 14).

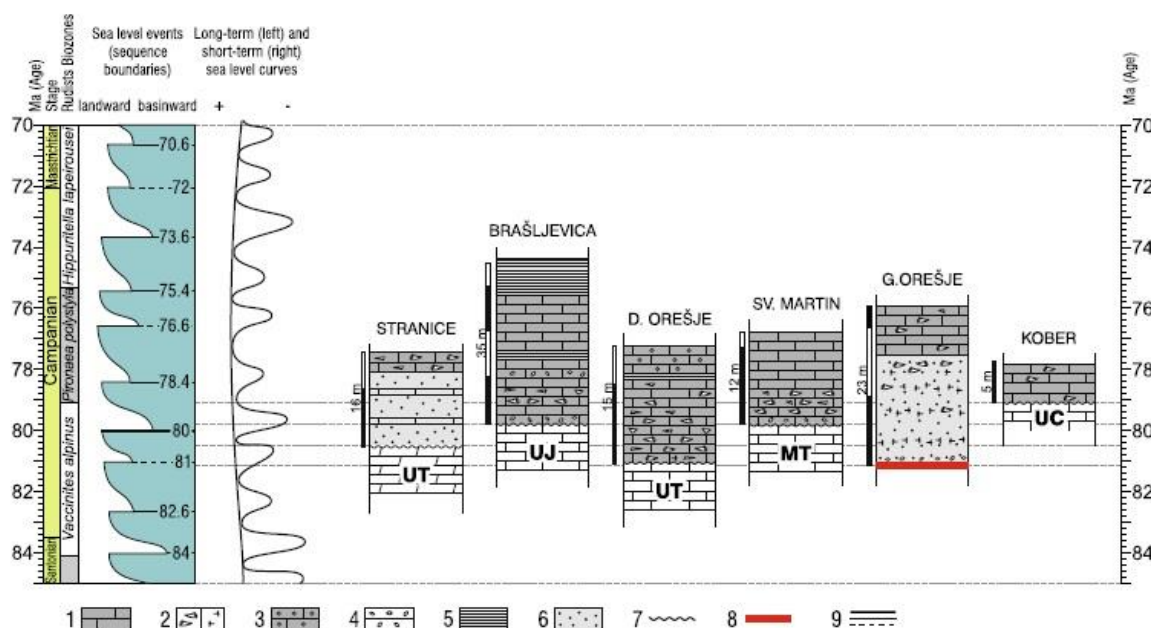
Ove karbonatne sukcesije mogle su lateralno prijeći u pelagičke sedimente dubljevodnih okoliša (Polšak 1979, 1981; Tomić 1985) bez prisutnosti grebena ili barijera sa ili bez rudista i koralja; ova situacija je slična Vanjskim Dinaridima gdje postepeno produbljavanje podplimske zone rezultira sa potopljenom platformom (Gušić i Jelaska 1990; Moro 1997; Moro i Ćosović 2000; Moro i sur. 2002, 2008; Vlahović i sur 2005; Korbar i sur. 2010).

Iako prisutstvo ili nedostatak klastičnih sedimenata na proučenim lokalitetima je generalno ovisno o prirodi transgresivne podloge i okolnog područja (Mioč i Žnidarčić 1976; Marinković i Ahac 1979; Šimunić i sur. 1983; Basch 1983) (Sl. 1, 3), pogotovo za bosanske lokalitete, karbonatna sedimentacija uvijek slijedi nakon klastita koji postepeno prelaze u karbonate. Klastični sedimenti nastali su erozijom te bi se taložili u blaže nagnutim dijelovima nepravilne transgresivne površine. Oni predstavljaju najplići okoliš, sličan onom sa plitkim zaljevima transgresivnog slijeda Omana mastrihtske starosti (Skelton i sur. 1990) i siliciklastnim sukcesijama sjevernih vapnenačkih Alpi u Austriji (Sanders i Pons 1999) gdje su karbonati taloženi u nešto dubljem podplimskom okolišu tijekom turona-donjeg kampana.

Diferencijacija taložnog okoliša za proučene lokalitete, uzimajući u obzir promjenu razine mora, može se smatrati da je rezultat relativno brze transgresije koja je prekrila paleoreljef. U slučajevima gdje je klastični ili karbonatni paleoreljef bio blago položen, transgresivna sukcesija počinje sa klastičnim sedimentima bogatim koraljima ili karbonatima sa radiolitidima, a gdje je paleoreljef bio strmiji, karbonatni sedimenti su se taložili sa mješanom zajednicom radiolitida i hipuritida (Sl. 14).

## 7. Paleoekologija transgresivnih sukcesija rudista i koralja

Iz karakteristika proučenih sukcesija, može se konstruirati generalni model za paleookolišno preklapanje rudista i koralja unutar kampanske transgresije. Relativne promjene u količini bioprodukcije karbonata/donosa klastičnog sedimenta analizirane su kroz promjene u zajednicama rudista i prevladavanju različitih koraljnih oblika rasta. U karbonatnom okolišu, koralji su u potpunosti odsutni, a rudisti su predstavljeni mješanom zajednicom radiolitida i hipuritida.



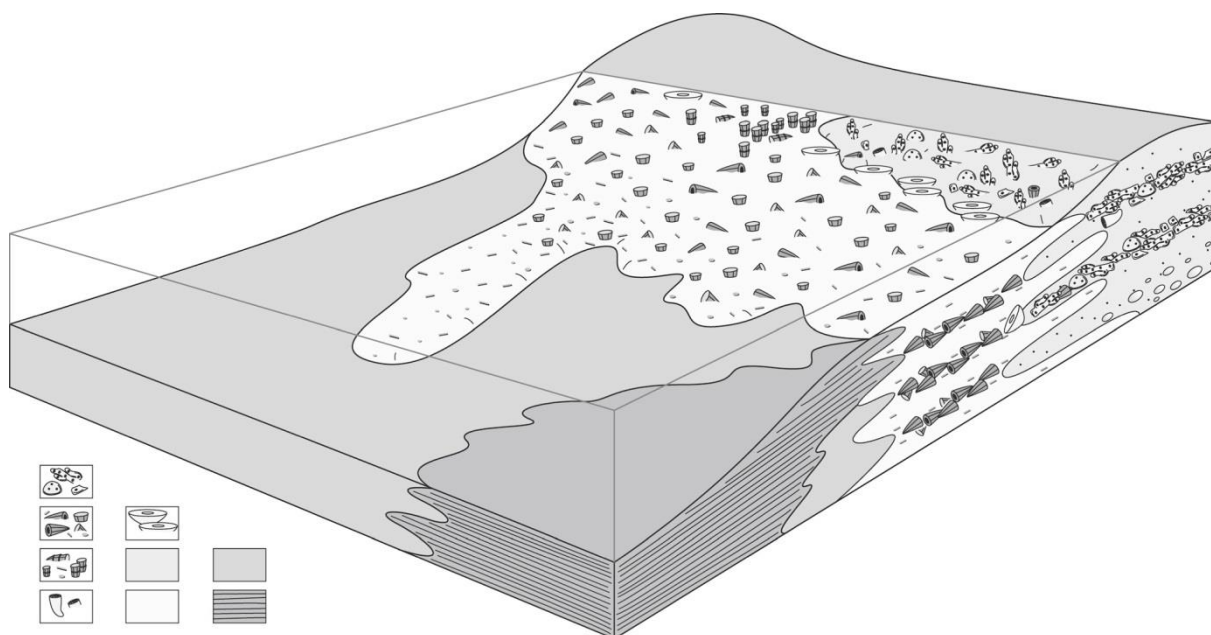
**Slika 13.** Stratigrafska distribucija lokaliteta u sjeverozapadnoj Hrvatskoj, Sloveniji i Bosni. Brašljeвица i Sv. Martin lokaliteti prema Moro i sur. (2010). Događaji promjene razine mora (granice sekvenci), dugoročne i kratkoročne linije razine mora prema Haq (2014) vezane za geološko vremensko mjerilo prema Gradstein i sur. (2012). Zone rudista prema Steuber i Schüter (2012), 1 Karbonati, 2 Rudisti i koralji, 3 Pelagički vapnenac, 4 Šljunak, 5 Laporast sediment sa nanofosilima, 6 Klastični sediment, 7 Transgresija, 8 Rasjed, 9 Prema dolje: granica velikog ciklusa, granica srednjeg ili malog ciklusa, potencijalna granica globalnog ciklusa, UJ gornja jura, UT gornji trijas, MT srednji trijas, UC gornja kreda

Za rudiste sa konstratlnim rastom (Gili i sur. 1995; Götz 2003) uzdignutih morfoloških oblika, koji su mogli obitavati u sedimentu kroz gusto pakirane zajednice (Gili i sur. 1995), karbonatna bioprodukcija je vjerojatno više pogodna. Suprotno tome, u klastičnim sedimentima uvjeti su bili manje pogodni i za koralje i za rudiste, uzimajući u obzir količinu donosa klastičnog sedimenta. Iako je prisutnost klastita vjerojatno povećala nivo zamućenosti

vode (Roy i Smith 1971), prisutstvo zrna veličine pijeska na lokalitetu Stranice sa malim primjercima granastih koralja u odnosu na isključivo muljni klastični sediment Gornjeg Orešja, gdje su granate forme rasta koralja veće (Sl. 7) isključuje mogućnost utjecaja veličine zrna na rast koralja.

Koralji kao graditelji grebena (Gili i sur. 1995) sa superstratalnim rastom su ovisni o višoj energiji vode (Götz 2003) i niskoj količini sedimenta. Kod lokaliteta Stranice, u sukcesiji sa pjeskovitim klastičnim muljem prevladavaju gomoljasti, rijetko cilindrični oblici rasta, a podređeni su *Actinacis* i *Actinastraea* koji imaju visoko prilagodive skelete sa velikim tolerancijama na količinu sedimenta (Sanders i Baron-Szabo 2005), pri čemu su rudisti u potpunosti odsutni. U slučajevima gdje unutar muljne klastične sukcesije dominiraju granati oblici rasta, gdje su koralji rasli uz donos klastičnog sedimenta (Sanders i Baron-Szabo 2005), kao što je slučaj kod lokaliteta Gornje Orešje, količina donosa klastičnog sedimenta je bila relativno visoka u usporedbi sa gomoljastim, nisko cilindričnim oblicima rasta koji dominiraju na lokalitetu Stranice. Odsutstvo obraštajućih formi rasta i relativno rijetke litofagidne i anelidne bušotine unutar granastih koralja u Gornjem Orešju, također ukazuje na relativno višu količinu taloženja klastičnog sedimenata (Sanders i Baron-Szabo 2005). Makrobušotine nisu prisutne na rijetkim, malim, nisko cilindričnim i gomoljastim oblicima u Gornjem Orešju, koji su brzo zatrpani zbog (za njih) relativno visokog donosa klastičnog sedimenta. Rudisti su prisutni kao rijetki primjerci hipuritida (Sl. 10c) i plagiopthida koji su živjeli unutar koraljnih grana okruženih klastičnim sedimentom kao konstratalni organizmi koji su držali tempo rasta sa brzinom taloženja (Gili i sur. 1995). Koralji dominiraju s tamnasteroidno-ceroidno-hidnoforoidnom integracijom polipa što je uobičajeno za biostrome formirane u uvjetima niske do umjerene zamućenosti vode i brzine taloženja (Sanders i Baron-Szabo 2005).

Dok relativno niska količina donosa klastičnog sedimenta pogoduje razvoju gomoljasto-cilindričnih koraljnih zajednica, i u potpunosti isključuje rudiste, relativno visoka količina donosa klastičnog sedimenta više pogoduje granastim oblicima rasta koralja i daje mogućnost pojavi rijetkih konstratalnih rudista koji žive u zajednici sa koraljima.



**Slika 14.** Rekonstrukcija idealiziranog taložnog paleo-okoliša za proučene lokalitete. 1 Koralji, 2 Hipuritidi, 3 Radiolitidi, 4 Plagiotihidi, 5 Pseudopolikonitidi, 6 Klastični sediment, 7 Karbonati, 8 Pelagički karbonati, 9 Dubokomorski laporasti sediment

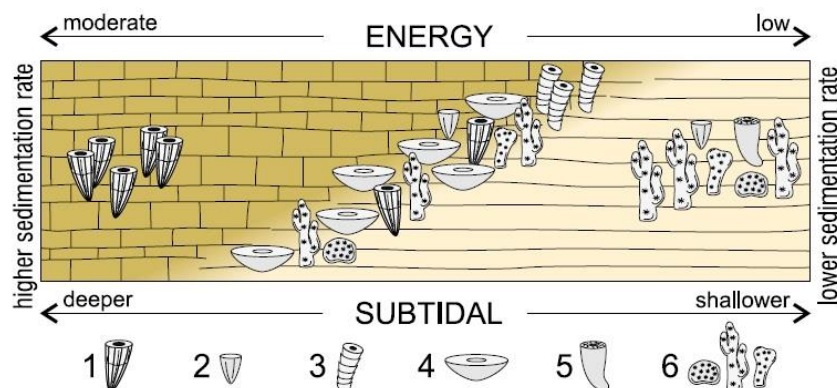
Osim količine donosa klastičnog sedimenta i bioprodukcije karbonata, faktori koji utječu na rast i razvoj organizama su i salinitet, zamućenost vode i količina nutrijenata. Za proučene lokalitete, na kojima su se odvijali procesi sedimentacije u suptropskim uvjetima (Camoin i sur. 1993; Wilson i Lokier 2002) u potpunosti su odustni makrofosili na početku klastične sedimentacije (Gornje Orešje). Jedno od mogućih objašnjenja je smanjenje saliniteta koje je često kod donosa klastita (Woolfe i Larcombe 1999; Wilson i Lokier 2002). Transgresija unutar karbonatnih sedimenata na Jadranskoj karbonatnoj platformi (Moro i sur. 2002; Vlahović i sur. 2005; Steuber i sur. 2005), kao i na proučenim lokalitetima (Donje Orešje, Bešpelj, Kober) je karakterizirana prisutstvom stenohalinih makrofosila od samog početka sedimentacije. Stoga, smanjeni salinitet zbog više ili manje stalnog priljeva slatkih kopnenih voda čini se malo vjerojatnim. Klastični plitkomorski okoliš sa raznoznim i granatim nisko integriranim koraljnim vrstama (dendroidne, faceloidne) (Sanders i Baron-Szabo 2005), kao što je slučaj u slijedu lokaliteta Gornje Orešje karakterizirani su vodenim okolišima niske zamućenosti i male dubine (Tudhope i Scoffin 1994; Sanders i Baron-Szabo 2005). Također, prisutnost rudista koji većinom žive u više muljnim sedimentima na karbonatnim platformama

i prilagođeni su zamućenim vodenim okolišima više nego koralji (Gili i sur. 1995) čine zamućenost malo vjerojatnim kontrolnim faktorom za njihov rast u klastičnom sedimentu. Premda zamućenost vode unutar karbonatnih slijedova bi mogla biti limitirajući faktor za koralje, umjerena energija vode packstone-grainstone strukturnog tipa čini mutnoću malo vjerojatnim kontrolnim faktorom za njih u karbonatima. Proizvođači karbonata kao što su rudisti i koralji su uobičajeno asocirani sa oligotrofnim uvjetima ili uvjetima sa malo nutrijenata (Hallock i Schlager 1986; Wilson i Lokier 2002). Prisutstvo rudista i koralja na proučenim lokalitetima, premda koralji dominiraju u klastima, a rudisti u karbonatima, isključuje nutrijente kao kontrolni faktor u njihovoj distribuciji.

Rudisti prevladavaju zajedno sa granatim koraljnim formama rasta pri vrhu klastične sedimentacije zajedno s bogatom zajednicom jedinki roda *Pseudopolyconites* sa debelim ljušturama i širokim koničnim oblicima (Sl. 7). To vjerojatno ukazuje da je količina donosa klastičnog sedimenta bila blizu onoj bioprodukcije karbonata, ali i dalje nedovoljna za prisutnost rudista cilindričnih oblika ljuštura koji dominiraju u morskim okolišima sa visokom brzinom sedimentacije i gdje su koralji odsutni (Gili i sur. 1995). Na ovo također ukazuju makrobušotine unutar rijetkih ljuštura vakcinitida i njihov izostanak kod pseudopolikonitida. Cilindrični vakcinitidi su vjerojatno „virili“ iznad površine sedimenta u usporedbi sa široko koničnim, u potpunosti uronjenim u sediment pseudopolikonitidima.

Prisutnost koralja i rudista unutar klastičnog okoliša relativno niske energije vode, i za jedne i za druge blizu njihovih ekoloških limita (Götz 2003), uzevši u obzir stopu donosa sedimenta (Sl. 15), je rezultiralo da je većina njih polegnuta. Koralji su vjerojatno polegnuti zbog sporijeg rasta i njihove nemogućnosti da naprave superstratalnu grebensku rešetku, što ih je prisililo da prekrivaju što veće lateralno područje unutar biostroma (Götz 2003). Konstratalni rudisti, koji rastu većinom unutar muljnih sedimenata (Ross i Skelton 1993; Gili i sur. 1995; Moro i sur. 2002), su rasli relativno brže nego koralji; oni su učestalo polegli zbog nemogućnosti da rastu vertikalno u situaciji nedovoljnog donosa sedimenta. Također, polegla pozicija zatvorenih ljuštura hipuritida unutar klastičnog okoliša relativno niske energije vode u slučaju Guinea Corn formacije na Jamajci (Mitchell 2002), mogla bi ukazivati na to da su rudisti bili prisiljeni na djelomično superstratalni rast zbog nedovoljne brzine sedimentacije. Polegla pozicija i rudista i koralja ukazuje da su brzine sedimentacije bile previsoke za

koralje, odnosno preniske za rudiste u klastičnom okolišu niske energije na proučenim lokalitetima.



Slika 15. Okolišno preklapanje kampanskih rudista i koralja za proučene naslage prema relativnoj dubini, vrsti sedimenta, stopi sedimentacije i vodenoj energiji (uređeno prema Götz 2003) 1 vakcinitidi, 2 hipuritidi, 3 radiolitidi, 4 pseudopolikonitidi, 5 plagiopthidi, 6 koralji. Kako se klastična sedimentacija sa koraljima smanjivala, tranzicija između klastita i karbonata će se pomaknuti u desno i kraj postane vodoravan i isključivo sa rudistima

Lateralno kod lokaliteta Stranice i Gornje Orešje u potpunosti su odsutni koralji i rudisti unutar klastičnih sedimenata. Za rudiste je poznato da njihova nejednaka distribucija je ovisna o karakteristikama podplimskih okoliša (Skelton 1979; Skelton i sur. 1995; Skelton i Gili 2002; Moro i sur. 2002). Uz prije spomenute faktore, brzina donosa klastičnog sedimenta je bila vjerojatno preniska za njihovo obitavanje u sedimentu (Gili i sur. 1995; Skelton 1979; Steuber i sur. 1998; Moro i sur. 2002) i stoga su kompletno odsutni unutar gomoljasto-cilindrične koraljne zajednice ili je njihova prisutnost podređena u usporedbi sa koraljima kao što je slučaj sa granatim koraljnim formama rasta. Koralji, sa druge strane, mogli bi biti odsutni zbog povećane brzine donosa klastičnog sedimenta, sličnoj karbonatima. Jedan od mogućih razloga odsutnosti i koralja i rudista bi također mogla biti prevelika brzina donosa klastičnog sedimenta kao rezultat obilnih oborina. Tu mogućnost može se promatrati u klastičnom slijedu na lokalitetu Stranice gdje relativno visoka količina klastičnog sedimenta je rezultirala lateralnoj odsutnosti koralja (Turnšek 1978, 1994, 1997) te na lokalitetu Gornje Orešje kroz vertikalnu alternaciju muljnih klastita sa ili bez koralja i rijetkih rudista (Sl. 3, 14). Slične strukturne karakteristike u obje klastične sukcesije i gore spomenute karakteristike lateralne neravnomjerne distribucije rudista čine taj proces manje vjerojatnim. Stoga, prisutnost ili odsutnost koralja unutar istog tipa klastičnih sedimenata može se smatrati

rezultatom lateralnih varijacija više ili manje za njih povoljnih brzina donosa klastičnog sedimenta. Ovo je slično miješanim koraljno-rudistnim zajednicama iz sjevernoalpskog Gosavskog razvoja u Austriji, gdje koegzistirajući koralji i rudisti su ili prisutni ili odsutni, ovisno o dostatnom donosu sedimenta, zato jer jedni drugima omogućuju čvrsti substrat za razvoj (Sanders i Baron-Szabo 1997).

Zajedničko pojavljivanje koralja i rudista unutar naslaga gornje krede te isti tip biokonstrukcije kao rezultat okolišnog preklapanja je opisano i potvrđeno od strane više autora (Scott 1988, 1995; Baron-Szabo 1997; Sanders i Baron-Szabo 1997, 2005; Skelton i sur. 1997; Sanders i Pons 1999; Götz 2003). Na proučenim lokalitetima klastičnu sukcesiju karakterizira blago položen podplimski okoliš. Gomoljasto-cilindrične koraljne forme rasta bez rudista pojavljuju se u taložnim okolišima sa relativno nižom brzinom sedimentacije klastičnog sedimenta u odnosu na granaste koraljne zajednice koje se pojavljuju sa rijetkim rudistima unutar okoliša sa relativno višom brzinom taloženja klastičnog sedimenata. Relativno veće stope sedimentacije su više prikladne za 2-4 cm/godina brzo rastuće vaskinitidne rudiste (Steuber 1996; Steuber i sur. 1998, Götz 2003), u usporedbi sa 0,3-0,6 cm/godina spororastuće granate faceloidne koralje (Kružić i Požar-Domac 2002; Kružić i Benković 2008).

Obje sukcesije prelaze u plitkovodne karbonate sa mješanom zajednicom hipuritida i radiolitida. U slučajevima karbonatnih sukcesija, koralji su u potpunosti odsutni; u područjima blago nagnutog paleoreljefa radiolitidi su prisutni, a kod strmijih paleoreljefa prisutne su miješane zajednice radiolitida i hipuritida (Sl. 14, 15). Brzina sedimentacije karbonatnog mulja je vjerojatno relativno viša i pogodnija za brzorastuće (Steuber 1996; Steuber i sur. 1998; Götz 2003) rudiste koji obitavaju u sedimentu, dok sa druge strane vjerojatno niža brzina sedimentacije klastita je generalno više pogodna za koralje (Sl. 15). Također, uz brzinsku sedimentaciju karbonata dolazi i do povećanja energije vode. Rudisti koji su više otporni na uvjete sa ograničenom cirkulacijom vode (Gili i sur. 1995) na proučenim lokalitetima također uspjevaju u umjerenoj energiji vode, tj. više otvorenim okolišima sedimentacije packstone-grainstone varijeteta. Unatoč relativno višoj energiji karbonatnih okoliša, koralji sa superstratalnim rastom i otpornošću na valove/struje (Gili i sur. 1995), su u potpunosti odsutni. Stoga razlika u brzini donosa klastičnog sedimenta/bioprodukcije

karbonata mogla bi biti jedan od glavnih razloga zašto su koralji uglavnom odsutni u područjima gdje je prisutna samo karbonatna sedimentacija kao što je slučaj sa ADCP (Moro i sur. 2002).

## 8. Zaključak

Iz sedimentoloških, paleontoloških i paleoekoloških analiza transgresivnih naslaga iz gornje krede na lokalitetima Slovenj Gradec, Stranice, Donje Orešje, Gornje Orešje, Bešpelj i Kober moguće je izvesti sljedeće zaključke:

1. Na temelju kronostratigrafije bentičkih fosilnih nalaza, zajednica rudista i SIS analizi ljuštura rudista, taloženje transgresivnih sukcesija počelo je u gornjem dijelu *Vaccinites alpinus* rudistne biozone na lokalitetima Donje Orešje, Gornje Orešje, Slovenj Gradec i Stranice, a na lokalitetima Bešpelj i Kober na početku *Pironea polystyla* rudistne biozone. Većina lokaliteta je unutar šireg kronostratigrafskog raspona *Calveziconus* cf. *lecalvezae* (80.5-79.03 Ma).

2. Plitkovodni, transgresivni sedimenti se javljaju kroz dvije različite sukcesije: klastična sa koraljnim/koraljno-rudistnim naslagama i karbonatna sukcesija sa rudistima. Koralji i rudisti obitavali su zajedno unutar klastične sukcesije sa niskom energijom vode, oboje na rubu ekološke tolerancije u odnosu na brzinu donosa klastičnog sedimenta. Koraljne biostrome javljaju se u rasponu mixstona sa prevladavajuće gomoljasto-cilindričnim oblicima rasta gdje su rudisti u potpunosti odsutni, do pillarstona sa prevladavajuće granastim koraljnim formama rasta. Rijetki rudisti žive u potonjem zbog relativno veće brzine donosa klastičnog sedimenta u usporedbi sa prethodnim. Rudisti su živjeli u karbonatnom taložnom okolišu umjerene energije vode, od plitkovodne zajednice radiolitida do miješane zajednice radiolitida i hipuritida, te u relativno dubljem podplimskom taložnom okolišu sa rijetkim primjercima hipuritida. Veće brzine bioprodukcije karbonata su im bile više pogodne kao organizmima koji obitavaju u sedimentu. Unatoč relativno povišenoj energiji vode u karbonatnim okolišima, koralji su u potpunosti odsutni. Stoga, razlika u brzinama donosa klastičnog sedimenta i bioprodukcije karbonata mogla bi biti jedan od glavnih razloga zašto su koralji uglavnom odsutni u područjima čiste karbonatne sedimentacije.

3. Taložni okoliš proučenih lokaliteta može se smatrati rezultatom relativno brzog podizanja razine mora i utjecaja tektonika. Rezultat toga su kratki periodi plitkovodne sedimentacije za vrijeme brzog produbljavanja. Transgresija se generalno širila prema jugoistoku i prekrivala različite dijelove tektonski uzvišenog i erodiranog paleoreljefa koji može biti karbonatni ili klastični. U slučajevima gdje je paleoreljef bio blagog nagiba, transgresija počinje sa klastičnim sedimentom bogatim koraljima ili karbonatima sa radiolitidima. Kada je paleoreljef strmiji, transgresija je karakterizirana taloženjem karbonata sa miješanom zajednicom radiolitida i hipuritida.

## 9. Literatura

- Baron Szabo RC (1997) Die Korallenfazies der ostalpinen Kreide (Helvetikum: Allgäuer Schrattekalk; Nördliche Kalkalpen. Brandenburger Gosau) Taxonomie. Palökologie. Zitteliana 21:3–97
- Basch O (1983) Basic geological map of SFRY, Sheet Ivanić-Grad L 33–81, Federal Geological Survey Beograd
- Bilotte M (1985) Le Crétacé supérieur des plates-formes est-pyrénéennes. Strata 1–438, Toulouse Camoin G, Bellion Y, Dercourt J, Guiraud R, Lucas J, Poisson A, Ricou LE, Vrielynck B (1993) Late Maastrichtian (69.5–65 Ma). In: Dercourt J, Ricou LE, Vrielynck B (eds) Atlas Tethys Palaeoenvironmental Maps, explanatory notes. Gauthier-Villars, Paris, str. 179–196
- Camoin G, Bellion Y, Dercourt J, Guiraud R, Lucas J, Poisson A, Ricou LE, Vrielynck B (1993) Late Maastrichtian (69.5–65 Ma). In: Dercourt J, Ricou LE, Vrielynck B (eds) Atlas Tethys Palaeoenvironmental Maps, explanatory notes. Gauthier-Villars, Paris, pp 179–196
- Chaffau M (2002) *Bournonia excavate* (D’Orbigny) from the Campanian–Maastrichtian of Stranice (north-east Slovenia). Geologija 45:91–96
- Chaffau M, Pleničar M (1995) Preliminary biometrical analysis on three similar hippuritid species. Geologija 37–38:123–140
- Devidé-Nedela D, Polšak A (1961) Maastricht kod Bešpelja sjeverno od Jajca (Maastrichtian of Bešpelj area, northern from Jajce) (na hrvatskom sa francuskim sažetkom). Geološki vjesnik 14:355–381

- Dragičević I (1987) Paleogeographic evolution of Dinaridic platform marginal part between rivers Vrbas and Bosna (na hrvatskom), Dissertation, University of Zagreb, str. 1–90
- Frijia G, Parente M, Di Lucia M, Mutti M (2015) Carbon and strontium isotope stratigraphy of the Upper Cretaceous (Cenomanian–Campanian) shallow-water carbonates of southern Italy: Chronostratigraphic calibration of larger foraminifera biostratigraphy. *Cret Res* 53:110–139. doi:[10.1016/j.cretres.2014.11.002](https://doi.org/10.1016/j.cretres.2014.11.002)
- Gili E, Masse JP, Skelton PW (1995) Rudists as gregarious sediment dwellers, not reef-builders, on Cretaceous carbonate platforms. *Palaeogeogr Palaeoclim Palaeoecol* 118:245–267. doi:[10.1016/0031-0182\(95\)00064-X](https://doi.org/10.1016/0031-0182(95)00064-X)
- Gradstein FM, Ogg JG, Schmitz MD, Ogg GM (2012) The geologic time scale 2012. Elsevier, Amsterdam
- Gušić I, Jelaska V (1990) Stratigrafija gornjokrednih naslaga otoka Brača u okviru geodinamske evolucije Jadranske karbonatne platforme [Upper Cretaceous stratigraphy of the Island of Brač within the geodynamic evolution of the Adriatic carbonate platform (na hrvatskom i engleskom). *Djela Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti* 69, JAZU-IGI, Zagreb
- Götz S (2003) Biotic interaction and synecology in a Late Cretaceous coral-rudist biostrome of southeastern Spain. *Palaeogeogr Palaeoclim Palaeoecol* 193:125–138. doi:[10.1016/S031-0182\(02\)00719-8](https://doi.org/10.1016/S031-0182(02)00719-8)
- Hallock P, Schlager W (1986) Nutrient excess and the demise of coral reef and carbonate platforms. *Palaaios* 1:389–398
- Haq BU (2014) Cretaceous eustasy revisited. *Glob Planet Change* 113:44–58. doi:[10.1016/j.gloplacha.2013.12.007](https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2013.12.007)
- Herak M (1986) A new concept of geotectonics of the Dinarides (Nova koncepcija geotektonike Dinarida). *Acta Geol* 16:1–42
- Herak M (1991) Dinaridi-mobilistički osvrt na genezu i strukturu (Dinarides-mobilistic view of the genesis and structure) (na hrvatskom). *Acta Geol* 21:35–117
- Horwath RJ, McArthur JM (1997) Statistics for strontium isotope stratigraphy: a robust LOWESS fit to the marine Sr-isotope curve for 0–206 Ma, with look-up table for derivation of numerical age. *J Geol* 105:441–456

- Insalaco E (1998) Descriptive nomenclature and classification of growth fabrics in fossil scleractinian corals. *Sediment Geol* 118:159–186. doi:[10.1016/S0037-0738\(98\)00011-6](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(98)00011-6)
- Korbar T (2009) Orogenic evolution of the External Dinarides in the NE Adriatic region: a model constrained by tectonostratigraphy of Upper Cretaceous to Paleogene carbonates. *Earth-Sci Rev* 96:296–312. doi:[10.1016/j.earscirev.2009.07.004](https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2009.07.004)
- Korbar T, Cvetko Tešović B, Radovanović I, Krizmanić K, Steuber T, Skelton PW (2010) Campanian *Pseudosabina* from the Pučišća Formation on the island of Hvar (Adriatic Sea, Croatia). *Turk J Earth Sci* 19(6):721–731. doi:[10.3906/yer-0901-9](https://doi.org/10.3906/yer-0901-9)
- Korolija B, Fuček L, Oštrić N, Velić I (1995) Upper Triassic and Senonian sediments at Donje Orešje. In: Šikić K (ed) *Geološki vodič Medvednice* (Geological Guidebook of Medvednica Mt.(na hrvatskom). Croatian Geological Institute, INA, Zagreb, str. 173–179
- Kružić P, Benković L (2008) Bioconstructional features of the coral *Cladocora caespitosa* (Anthozoa, Scleractinia) in the Adriatic Sea (Croatia). *Mar Ecol* 29:125–139. doi:[10.1111/j.1439-0485.2008.00220.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2008.00220.x)
- Kružić P, Požar-Domac A (2002) Skeleton growth rates of coral bank of *Cladocora caespitosa* (Anthozoa, Scleractinia) in lake Veliko jezero (Mljet National Park). *Period Biol* 104:123–129
- Laviano A, Gallo Maresca M (1992) Paleontological characters of the species *Vaccinites vesiculosus* (Woodward). *Geol Romana* 28:49–59
- Loeblich AR, Tappan H (1988) *Foraminiferal genera and their classification*. Van Nostrand Reinhold, New York
- Lüning S, Marzouk AM, Morsi AM, Kuss J (1998) Sequence stratigraphy of the Upper Cretaceous of central-east Sinai. *Cret Res, Egypt*. doi:[10.1006/cres.1997.0104](https://doi.org/10.1006/cres.1997.0104)
- Lužar Oberiter B, Mikes T, Dunkl I, Lj Babić, von Eynatten H (2012) Provenance of Cretaceous synorogenic sediments from the NW Dinarides (Croatia). *Swiss J Geosci* 105:377–399. doi:[10.1007/s00015-012-0107-3](https://doi.org/10.1007/s00015-012-0107-3)
- Marinković R, Ahac A (1979) Basic geological map of SFRY, Sheet Jajce L33-131, Federal Geological Survey Beograd

- Márton E, Čosović V, Moro A (2014) New stepping stones, Dugi otok and Vis islands, in the systematic paleomagnetic study of the Adriatic region and their significance in evaluations of existing Facies (2016) 62:19 tectonic models. *Tectonophysics* 611:141–154. doi:[10.1016/j.tecto.2013.11.016](https://doi.org/10.1016/j.tecto.2013.11.016)
- Masse JP, Philip J (1981) Cretaceous coral-rudist buildups of France. In: Toomey DF (ed) *European fossil reef models*. Soc Econ Spec Pub, Tulsa, str. 399–426
- McArthur JM, Horwath RJ, Bailey TR (2001) Strontium isotope stratigraphy: LOWESS version 3. Best-fit line to the marine Sr-isotope curve for 0 to 509 Ma and accompanying lookup table for deriving numerical age. *J Geol* 109:155–169. doi:[10.1086/319243](https://doi.org/10.1086/319243)
- Miller KG, Sugarman PJ, Browning JV, Kominz MA, Hernandez JC, Olsson RK, Wright JD, Feigenson MD, Van Sickle W (2003) A chronology of Late Cretaceous sequences and sea-level history: glacioeustasy during the greenhouse world. *Geology* 31:585–588. doi:[10.1130/0091-7613\(2003\)031<0585:LCCOLR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2003)031<0585:LCCOLR>2.0.CO;2)
- Mioč P, Žnidarčič M (1976) Basic geological map of SFRY, Sheet Slovenj Gradec L 33–55, Federal Geological Survey Beograd
- Mitchell SF (2002) Palaeoecology of corals and rudists in mixed volcanoclastic-carbonate small-scale rhythms (Upper Cretaceous, Jamaica). *Palaeogeogr Palaeoclim Palaeoecol* 186:237–259. doi:[10.1016/S0031-0182\(02\)00505-9](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(02)00505-9)
- Moro A (1997) Stratigraphy and paleoenvironments of rudist biostromes in the Upper Cretaceous (Turonian–upper Santonian) limestones of southern Istria, Croatia. *Palaeogeogr Palaeoclim Palaeoecol* 131:113–131. doi:[10.1016/S0031-0182\(96\)00144-7](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(96)00144-7)
- Moro A, Čosović V (2000) The rudists of southern Istria—an example of environmentally induced succession within Santonian limestones. *Riv Ital Paleontol S* 106(1):59–71
- Moro A, Skelton PW, Čosović V (2002) Palaeoenvironmental setting of rudists in the Upper Cretaceous (Turonian–Maastrichtian) Adriatic carbonate platform (Croatia), based on sequence stratigraphy. *Cret Res* 23:489–508. doi:[10.1006/cres.2002.1017](https://doi.org/10.1006/cres.2002.1017)
- Moro A, Mezga A, Čosović V, Tunis G, Tarlao A (2008) Rudists and dinosaur footprints—mutual relationship within mud-supported Upper Cenomanian peritidal limestones of Istria, Croatia. *Boll Soc Geol Italy* 127(2):423–428

- Moro A, Čosović V, Benić J, Dokmanović J (2010) Taxonomy of rudists from the Campanian transgressive sediments of Brašljeva, Donje Orešje and Sv. Martin, Northern Croatia. *Turk J Earth Sci* 19:613–633. doi:[10.3906/yer-0901-12](https://doi.org/10.3906/yer-0901-12)
- Niebuhr B (1995) Fazies-Differenzierungen und ihre Steuerungsfaktoren in der höheren Oberkreide von Niedersachsen/Sachsen-Anhalt (N-Deutschland): Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen A 174:1–131
- Pleničar M (1971) The hippurites fauna of Stranice near Konjice. *Academia Scientiarum et Artium Slovenica, Dissertationes, Classis IV*, vol 18/4, str. 241–264
- Pleničar M (1993) Radiolites from the Cretaceous beds of Stranice near Slovenske Konjice (Slovenia). *Academia Scientiarum et Artium Slovenica. Dissertationes. Classis IV*, vol 34/3, str. 45–103
- Pleničar M (1994) Hippuritids from the Upper Cretaceous rudistid reefs near Stranice and Lipa (NE Slovenia). *Academia Scientiarum et Artium Slovenica, Dissertationes, Classis IV*, vol 35/2, str. 43–63
- Pleničar M (2005) Upper Cretaceous rudists in Slovenia. *Academia Scientiarum et Artium Slovenica, Dissertationes, Classis IV*, vol 39, str. 1–255
- Pleničar M, Lj Šribar (1992) Le récif de rudistes près de Stranice (N.O. de la Yougoslavie). *Geol Romana* 28:305–317
- Polšak A (1964) *Joufia reticulate* Boem iz mastrihta Bešplja, sjeverno od Jajca (*Joufia reticulate* Boehm from Maastrichtian at Bešpelj area, northern from Jajce) (na hrvatskom). *Geološki vjesnik* 18(2):337–345
- Polšak A (1979) Stratigraphy and paleogeography of the Senonian Biolithitic complex at Donje Orešje, Mt. Medvednica, North Croatia. *Acta Geol IX/6* 42:195–231
- Polšak A (1981) Upper Cretaceous biolithitic complexes in a subduction zone: examples from the Inner Dinarides, Yugoslavia. *Soc Econ Spec Pub* 30:447–472
- Polšak A, Devidé-Nedela D, Turnšek D, Gušić I, Benić J (1978) Biostratigraphy of Upper Cretaceous reef, subreef and basin deposits of Donje Orešje (Mt. Medvednica, northern Croatia). *Geološki vjesnik* 30:189–197
- Polšak A, Dragičević I, Tomić V, Devidé-Nedela D, Benić J (1982) Tektonska i paleogeografska dinamika u rubnoj zoni Jadranske ploče; primjer kredno-palogenkog kompleksa Jajce (Tectonics and paleogeographic dynamic in marginal part of Adriatic

- plate; an example of Cretaceous–Paleogene bauxite-bearing area of Jajce (In Croatian with English summary). (na hrvatskom sa engleskim sažetkom). Proceedings of 10th Congress of Yugoslavian geologists Budva, vol 1, str. 605–623
- Pons JM, Vicens E (2002) Campanian and Maastrichtian rudists from southern Valencia province, southeast Spain. In: Sladić-Trifunović M (ed) Rudists, Proceedings, First International Conference on Rudists. Beograd, 1988, Union of Geological Societies of Yugoslavia, Memorial Publication, Beograd, str. 233–263
- Ratschbacher L, Frisch W, Neubauer F, Schmid SM, Neugebauer J (1989) Extension in compressional orogenic belts: the eastern Alps. *Geology* 17:404–407. doi:[10.1130/0091-7613](https://doi.org/10.1130/0091-7613)
- Ross DJ, Skelton PW (1993) Rudist formations of the Cretaceous: a palaeoecological, sedimentological and stratigraphical review. *Sedimentol Rev* 1:73–91
- Roy KJ, Smith SV (1971) Sedimentation and coral reef development in turbid water: fanning Lagoon. *Pac Sci* 25:234–248
- Sanders D, Baron-Szabo RC (1997) Coral-rudist bioconstructions in the Upper Cretaceous Haidach Section (Gosau Group; Northern Calcareous Alps, Austria). *Facies* 36:69–90. doi:[10.1007/BF02536878](https://doi.org/10.1007/BF02536878)
- Sanders D, Baron-Szabo RC (2005) Scleractinian assemblages under sediment input: their characteristics and relation to the nutrient input concept. *Palaeogeogr Palaeoclim Palaeocol* 216:139–181. doi:[10.1016/j.palaeo.2004.10.008](https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2004.10.008)
- Sanders D, Höfling R (2000) Carbonate deposition in mixed siliciclastic-carbonate environments on top of an orogenic wedge (Late Cretaceous, North Calcareous Alps, Austria). *Sediment Geol* 137:127–146. doi:[10.1016/S0037-0738\(00\)00084-1](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(00)00084-1)
- Sanders D, Pons JM (1999) Rudist formations in mixed siliciclastic-carbonate depositional environments, Upper Cretaceous, Austria: stratigraphy, sedimentology, and models of development. *Palaeogeogr Palaeoclim Palaeocol* 148:249–284. doi:[10.1016/S0031-0182\(98\)00186-2](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(98)00186-2)
- Schlagintweit F, Sanders D, Studny M (2013) Dasycladaleans from the Upper Turonian to Santonian of Austria (Gosau Group pro parte) and paleobiogeographic considerations. *Facies* 59:247–266. doi:[10.1007/s10347-012-0316-2](https://doi.org/10.1007/s10347-012-0316-2)

- Schmid SM, Bernoulli D, Fügenschum 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. doi:[10.1007/s00015-008-1247-3](https://doi.org/10.1007/s00015-008-1247-3)
- Scott RW (1988) Evolution of Late Jurassic and Early Cretaceous reef biotas. *Palaios* 3:184–193
- Scott RW (1995) Global environmental controls on Cretaceous reefal ecosystems. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol* 119:187–199. doi:[10.1016/0031-0182\(94\)00068-9](https://doi.org/10.1016/0031-0182(94)00068-9)
- Šimunić A, Pikija M, Hećimović I (1983): Basic geological map of SFRY, Sheet Varaždin L 33–69, Federal Geological Survey Beograd
- Skelton PW (1978) The evolution of functional design in rudists (Hippuritacea) and its taxonomic implications. *Philos T R Soc B* 284:305–318. doi:[10.1098/rstb.1978.0069](https://doi.org/10.1098/rstb.1978.0069)
- Skelton PW (1979) Gregariousness and proto-cooperation in rudists (Bivalvia). In: Larwood G and Rosen BR (eds) *Biology and systematics of colonial organisms*, Systematics Association, Special Volume 11, str. 257–279
- Skelton PW (2011) Rudist higher taxa for the revised Bivalvia volumes of the Treatise on invertebrate paleontology. In: Mitchell SF (ed) *The Ninth International Congress on Rudist Bivalves, 18th to 25th June 2011, Kingston, Jamaica, Abstracts, Articles and Field Guides: UWI Mona Contribution to Geology* 6, str. 7–8
- Skelton PW, Gili E (2002) Paleoeological classification of rudist morphotypes. In: Sladić-Trifunović M (ed) *Rudists, Proceedings, first international conference on Rudists. Beograd, 1988, Union of Geological Societies of Yugoslavia, Memorial Publication, Beograd*, str. 71–86
- Skelton PW, Nolan SC, Scott RW (1990) The Maastrichtian transgression onto the northwestern flank of the Proto-Oman Mountains: sequences of rudist-bearing beach to open shelf facies. In: Robertson MP, Ries AC (eds) *The geology and tectonics of the Oman region*, *Geol Soc Spec Publ*, vol 49, str. 521–547
- Skelton PW, Gili E, Vicens E, Obrador A (1995) The growth fabric of gregarious rudist elevators (hippuritids) in a Santonian carbonate platform in southern Central Pyrenees.

- Palaeogeogr, Palaeoclim Palaeoecol 119:107–126. doi:[10.1016/0031-0182\(95\)00063-1](https://doi.org/10.1016/0031-0182(95)00063-1)
- Skelton PW, Gili E, Rosen BR, Valldeperas X (1997) Corals and rudists in the late Cretaceous: a critique of the hypothesis of competitive displacement. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geológica* vol 92, str. 1–4, 225–239
- Steuber T (1996) Stable isotope sclerochronology of rudist bivalves: growth rates and Late Cretaceous seasonality. *Geology* 24:315–318. doi:[10.1130/0091-7613](https://doi.org/10.1130/0091-7613)
- Steuber T (1999) Cretaceous rudists of Beotia, central Greece. *Spec Pap Paleontol*, vol 61. Blackwell, London
- Steuber T (2001) Strontium isotope stratigraphy of Turonian–Campanian Gosau-type rudist formations in the Northern Calcareous and Central Alps (Austria and Germany). *Cret Res* 22:429–441. doi:[10.1006/cres.2001.0268](https://doi.org/10.1006/cres.2001.0268)
- Steuber T (2002) A palaeontological database of rudist bivalves (Mollusca: Hippuritoidea, Gray 1848). <http://www.paleotax.de/rudists/intro.htm>
- Steuber T (2003a) Strontium isotope stratigraphy of Cretaceous hippuritid rudist bivalves: rates of morphological and heterochronic evolution. *Palaeogeogr Palaeoclim Palaeoecol* 200:221–243. doi:[10.1016/S0031-0182\(03\)00452-8](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(03)00452-8)
- Steuber T (2003b) Strontium isotope chemostratigraphy of rudist bivalves and Cretaceous carbonate platforms. In: Gili E, Negra MEH, Skelton PW (eds) *North African Cretaceous carbonate platform systems*. NATO Science Series, IV. Earth and environmental Sciences, vol 28, str. 229–238
- Steuber T, Rauch M (2005) Evolution of the Mg/Ca ratio of Cretaceous seawater: implications from the composition of biological low-Mg calcite. *Mar Geol* 217(3–4):199–213. doi:[10.1016/j.margeo.2005.02.012](https://doi.org/10.1016/j.margeo.2005.02.012)
- Steuber T, Yilmaz C, Loser H (1998) Growth rates of early Campanian rudists in a siliciclastic-calcareous setting (Pontid Mts., North-central Turkey). *Geobios Mem Spec* 22:385–401
- Steuber T, Korbar T, Jelaska V, Gušić I (2005) Strontium-isotope stratigraphy of Upper Cretaceous platform carbonates of the island of Brač (Adriatic Sea, Croatia):

- implications for global correlation of platform evolution and biostratigraphy. *Cret Res* 26(5):741–756. doi:[10.1016/j.cretres.2005.04.004](https://doi.org/10.1016/j.cretres.2005.04.004)
- Steuber T, Schüter M (2012) Strontium-isotope stratigraphy of Upper Cretaceous rudist bivalves: biozones, evolutionary patterns and sea-level change calibrated to numerical ages. *Earth-Sci Rev* 114:42–60. doi:[10.1016/j.earscirev.2012.04.004](https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.04.004)
- Tari V (2002) Evolution of the northern and western Dinarides. A tectonostratigraphic approach. *EGU Stephan Mueller Spec Publ Ser* 1:223–236
- Tomić V (1985) Prigrebenskei bazenske naslage senona u području Donjeg Bešpelja, sjeverno od Jajca (Peri-refal and basin deposits of the Senonian in the area of Donji Bešpelj, in the north of Jajce) (na hrvatskom sa engleskim sažetkom). *Geološki Vjesnik* 38:81–86
- Trefethen JM (1950) Classification of sediments. *Am J Sci* 248:55–62
- Tudhope AW, Scoffin TP (1994) Growth and structure of fringing reefs in a muddy environment, South Thailand. *J Sediment Res A* 64:752–764
- Turnšek D (1978) Solitary Senonian Corals from Stranice and Mt. Medvednica (NW Yugoslavia). *Academia Scientarum et Artium Slovenica, Dissertationes, Classis IV*, vol 21/4, str. 61–128
- Turnšek D (1994) Upper Cretaceous reef building colonial corals of Gosau facies from Stranice near Slovenjske Konjice (NE Slovenia). *Academia Scientarum et Artium Slovenica, Dissertationes, Classis IV*, vol 35, str. 3–41
- Turnšek D (1997) Mesozoic corals of Slovenia. *ZRC SAZU, Ljubljana*
- Turnšek D, Polšak A (1978) Senonian colonial corals from the biolithite complex of Orešje on Mt. Medvednica (NW Yugoslavia). *Academia Scientarum et Artium Slovenica, Dissertationes, Classis IV*, vol 20, str. 129–179
- Velić I (2007) Stratigraphy and palaeobiology of Mesozoic benthic foraminifera of the Karst Dinarides (SE Europe). *Geol Croat* 60(1):1–113. doi:[10.4154/GC.2007.01](https://doi.org/10.4154/GC.2007.01)
- Vicens E (1992) Estudio de la fauna de rudistas (Hippuritidae y Radiolitidae) de los materiales cretácicos del Pirineo oriental: implicaciones bioestratigráficas. *Publicaciones de Geología, Dissertation, Universidad Autónoma de Barcelona*
- Vlahović I, Tišljarić J, Velić I, Matičec D (2005) Evolution of the Adriatic Carbonate platform: palaeogeography, main events and depositional dynamics. *Palaeogeogr Palaeoclim Palaeoecol* 220:333–360. doi:[10.1016/j.palaeo.2005.01.001](https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.01.001)

- Wilson MEJ, Lokier SW (2002) Siliciclastic and volcanoclastic influences on equatorial carbonates: insights from the Neogene of Indonesia. *Sedimentology* 49:583–601. doi:[10.1046/j.1365-3091.2002.00463.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-3091.2002.00463.x)
- Woolfe KJ, Larcombe P (1999) Terrigenous sedimentation and coral reef growth: a conceptual framework. *Mar Geol* 155:331–345. doi:[10.1016/S0025-3227\(98\)00131-5](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(98)00131-5)

## 10. Sažetak

Na šest lokaliteta u sjevernoj Hrvatskoj (Donje Orešje, Gornje Orešje), Sloveniji (Stranice, Slovenj Gradec) i Bosni (Bešpelj i Kober) tektonski uzdignuti i erodirani paleoreljef transgresivno su prekrile sukcesije plitkovodnih kampanskih naslaga. Te naslage predstavljaju različite lateralne dijelove transgresivnog okoliša plitkog mora gdje se mogu naći rudisti i koralji kao tipični makrofosili. Na proučavanim lokalitetima nađena su dva tipa sukcesije: (a) klastična i (b) karbonatna. Većina lokaliteta je unutar povećanog kronostratigrafskog raspona *Calveziconusa* cf. *lecalvezae* (80.5-79.03), koji se sastoji od gornjeg dijela zone *Vaccinites alpinusa* (lokaliteti Stranice i Slovenj Gradec) i početka zone *Pironaea polystyla* (lokaliteti Bešpelj i Kober). U klastičnim sukcesijama je najbogatije nalazište makrofosila koralja dok fosili rudista prevladavaju u karbonatnim nalazištima. Način sedimentiranja naslaga na lokalitetima nastao je pod utjecajem brzog porasta razine mora i pod utjecajem tektonike te stvorio više vrsta paleoreljefa. Na mjestima gdje je paleoreljef blagog nagiba, transgresivna sukcesija započinje sa klastičnim sedimentima bogatim koraljima ili karbonatima sa radiolitidima. U područjima strmijeg paleoreljefa karbonatne naslage sadrže zajednicu radiolitida i hipuritida, a rudisti kao prevladavajući makrofosili ukazuju na veću količinu taloženja nego u klastičnim područjima.

## 11. Summary

At six localities in northern Croatia (Donje Orešje, Gornje Orešje), Slovenia (Stranice, Slovenj Gradec), and Bosnia (Bešpelj and Kober), successions of shallow-water Campanian deposits transgressively covered a tectonically uplifted and eroded paleorelief. They constitute different lateral parts of a transgressive subtidal environment, where rudists and corals are typical macrofossils. At the investigated localities, two types of succession were distinguished: (a) clastic and (b) carbonate. Most localities are within the extended

chronostratigraphic range of *Calveziconus* cf. *lecalvezae* (80.5-79.03 Ma), which comprises the upper part of the *Vaccinites alpinus* interval zone (for Stranice and Slovenj Gradec localities) and beginning of the *Pironaea polystyla* interval zone (for Bešpelj and Kober localities). In clastic successions, corals are the most abundant macrofossils, whereas rudists predominate within carbonate sections. The depositional setting of the investigated localities results from rapid relative sea-level rise with a tectonic overprint, which covered different types of paleorelief. In cases when the paleorelief is gentle, a transgressive succession starts with clastic coral-rich sediments or carbonates with radiolitids. In areas of steeper paleorelief carbonate sediments were deposited with a mixed radiolitid-hippuritid community, and the rudists, at the major macrofossils, indicate higher sedimentation rates in comparison with the clastic situations).