

# Nalazište otisaka stopala dinosaura kraj Novigrada u Istri

---

**Mladineo, Natalia**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*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:217:781929>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-12**



*Repository / Repozitorij:*

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

Natalia Mladineo

**NALAZIŠTE OTISAKA STOPALA DINOSAURA  
KRAJ NOVIGRADA U ISTRI**

Diplomski rad

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
GEOLOŠKI ODSJEK

Natalia Mladineo

**NALAZIŠTE OTISAKA STOPALA DINOSAURA  
KRAJ NOVIGRADA U ISTRI**

Diplomski rad  
predložen Geološkom odsjeku  
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta  
Sveučilišta u Zagrebu  
radi stjecanja akademskog stupnja  
magistra geologije

Mentori:  
izv. prof. dr. sc. Aleksandar Mezga  
prof. dr. sc. Alan Moro

Zagreb, 2020.

## **Zahvale**

*Zahvaljujem svom mentoru, dr. sc. Aleksandru Mezgi, na savjetima, nesebičnoj pomoći i prenesenom znanju, ne samo tijekom izrade diplomskog nego i školovanja. Profesore, hvala na ukazanom povjerenju i pruženoj prilici!*

*Zahvaljujem svom drugom mentoru, dr. sc. Alanu Moru, na pomoći, reviziji te strpljenju tijekom nastajanja sedimentološkog i mikropaleontološkog dijela ovog rada.*

*Zahvaljujem dipl. ing. Željku Ištuku na pomoći i strpljenju pri izradi izbrusaka.*

*Zahvaljujem kolegi Mariju Poletu na pomoći pri radu u GIS-u te izradi grafičkih priloga.*

*Zahvaljujem svojoj obitelji na bezuvjetnoj podršci tijekom svih godina mog školovanja.*

*Na kraju, zahvaljujem svim djelatnicima Odsjeka i kolegama koji su na neki način oplemenili moje školovanje.*

„Omnia mutantur, nihil interit.“

- Ovidius, *Metamorphoses*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

Diplomski rad

### NALAZIŠTE OTISAKA STOPALA DINOSAURA KRAJ NOVIGRADA U ISTRI

**Natalia Mladineo**

**Rad je izrađen:** Geološko-paleontološki zavod, PMF, Zagreb, Horvatovac 102a

#### **Sažetak:**

U gornjoalbskim naslagama na lokalitetu Mareda kraj Novigrada u Istri otkriveno je osam otisaka stopala teropodnih dinosaura. Karbonatne naslage na lokalitetu karakteriziraju tankouslojeni vapnenci tipa vekston-pekston, pekston-grejnston i floutston-radston koji strukturnim karakteristikama te teksturom laminacije i svojom vertikalnom izmjenom ukazuju na taloženje u subtajdalnom okolišu koji ima karakteristike plimskih otočica. Kasnoalbska starost istraživanih naslaga utvrđena je na temelju stratigrafskih raspona bentičkih foraminifera *Vercorsella* sp., *Protochrysalidina* sp. i *Pseudonummoloculina heimi*. Otisci stopala nađeni na lokalitetu pripadaju jedinkama teropoda srednje veličine (približno 3 m duljine) te su svojim dimenzijama i morfologijom slični ostalim teropodnim otiscima stopala s istovremenih nalazišta u Istri.

**Ključne riječi:** Otisci stopala dinosaura, Mareda, teropodi, kasni alb, plitkomorski vapnenci

**Rad sadrži:** 42+VII stranica, 19 slika, 2 tablice, 67 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je pohranjen u:** Središnja geološka knjižnica, Geološki odsjek, PMF

**Mentori:** izv. prof. dr. sc. Aleksandar Mezga, prof. dr. sc. Alan Moro

**Ocjenjivači:** izv. prof. dr. sc. Aleksandar Mezga

prof. dr. sc. Alan Moro

mr. sc. Dražen Kurtanjek

**Datum završnog ispita:** 25. rujna, 2020.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Geology

**Master Thesis**

**DINOSAUR TRACKSITE NEAR NOVIGRAD, ISTRIA**

**Natalia Mladineo**

**Thesis completed in:** Institute of Geology and Paleontology, Faculty of Science, Zagreb, Horvatovac 102a

**Abstract:**

In the Upper Albian sediments at the Mareda locality near Novigrad, Istria, eight theropod dinosaur footprints have been found. Carbonate deposits at the locality are characterized by thin-bedded wackestone-packstone, packstone-grainstone and floatstone-rudstone limestones whose structural characteristics and laminated texture as well as their vertical alteration indicate a deposition in the subtidal environment with the characteristics of tidal islands. The late Albian age of the researched deposits was determined based on the stratigraphic ranges of benthic foraminifera *Vercorsella* sp., *Protochrysalidina* sp. and *Pseudonummoloculina heimi*. The footprints discovered on the locality belong to medium-sized theropods (cca 3 m in length) and are similar in size and morphology to other theropod footprints from contemporaneous sites in Istria.

**Keywords:** Dinosaur footprints, Mareda, theropods, late Albian, shallow-water limestones

**Thesis contains:** 42+VII pages, 19 figures, 2 tables, 67 references

**Original in:** Croatian

**Thesis deposited in:** Central Geological Library, Department of Geology, Faculty of Science

**Supervisors:** PhD Aleksandar Mezga, Associate Professor; PhD Alan Moro, Full Professor

**Reviewers:** PhD Aleksandar Mezga, Associate Professor

PhD Alan Moro, Full Professor

MSc Dražen Kurtanjek, Senior lecturer

**Date of the final exam:** September 25th, 2020

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1 Pregled dosadašnjih istraživanja .....	3
1.2 Geologija Istre .....	6
2. Metode .....	11
2.1 Paleoihnološke metode.....	11
2.2 Sedimentolološke metode .....	12
2.3 Mikropaleontološke metode.....	13
2.4 Odredba mikrofacijesa i facijesnih zona .....	13
3. Opis istraživanih naslaga .....	15
3.1 Peletno-peloidni vekston-pekston .....	16
3.2 Laminirani peletno-peloidni pekston-grejnston .....	17
3.3 Laminirani intraklastični peletno-peloidni floutston-radston.....	18
4. Paleoihnologija .....	19
4.1 Otisak 1A.....	21
4.2 Otisak 2A.....	22
4.3 Otisak 3A.....	23
4.4 Otisak 4A.....	24
4.5 Otisak 5A.....	25
4.6 Otisak 1B.....	26
4.7 Otisak 2B.....	27
4.8 Otisak 3B.....	28
5. Rasprava.....	30
5.1 Odredba taložnih okoliša i facijesnih zona .....	30
5.2 Biostratigrafska starost istraživanih naslaga .....	31
5.3 Interpretacija otisaka stopala .....	32
6. Zaključak.....	35
7. Literatura.....	36
8. Popis slika u tekstu.....	41
9. Popis tablica u tekstu .....	42
10. Prilozi.....	VI

## 1. Uvod

Unutar današnjih granica nekadašnje Jadransko-dinaridske karbonatne platforme (JDKP) nalazi se 21 lokalitet s fosilima dinosaura. Naslage JDKP-a danas izdanjuju u Italiji, Sloveniji, Hrvatskoj, Bosni i Hercegovini, Srbiji, Crnoj Gori te Albaniji (Vlahović et al. 2005). Od 21 lokaliteta na kojima su nađeni fosili dinosaura, po jedan se nalazi na teritoriju Italije i Slovenije te je na oba lokaliteta zabilježen nalaz kostiju. Ostalih 19 nalaza smješteno je na teritoriju Republike Hrvatske; 18 u Istri, od kojih se u jednom slučaju radi o fosilnim kostima (Bale) te u ostalim slučajevima o otiscima stopala; i jedan nalaz otisaka stopala na Hvaru (Žukova).

Naslage najbogatije dokazima o prisutnosti dinosaura na JDKP kasnoalbske su starosti te se nalaze na lokalitetima: Trstike/Debela Glava, Kamik/Plješivac, Ploče (Veli Brijun); Solaris I i II, Lanterna (Červar); Puntizela (Fažana), Zlatne stijene (Pula) te novootkriveni lokalitet Mareda (Novigrad) (slika 1). Kasnoalbska ihnocenoza dinosaura iz Istre sastoji se od teropodnih (najčešći tip otisaka), sauropodnih te ornitopodnih otisaka (Mezga et al. 2007). Spomenuta je pripisana *Brontopodus* ihnofacijesu kojeg karakteriziraju dominantno teropodni otisci uz pojave sauropodnih otisaka unutar platformskih vapnenaca tropskih do subtropskih širina (Lockley & Meyer, 2000).

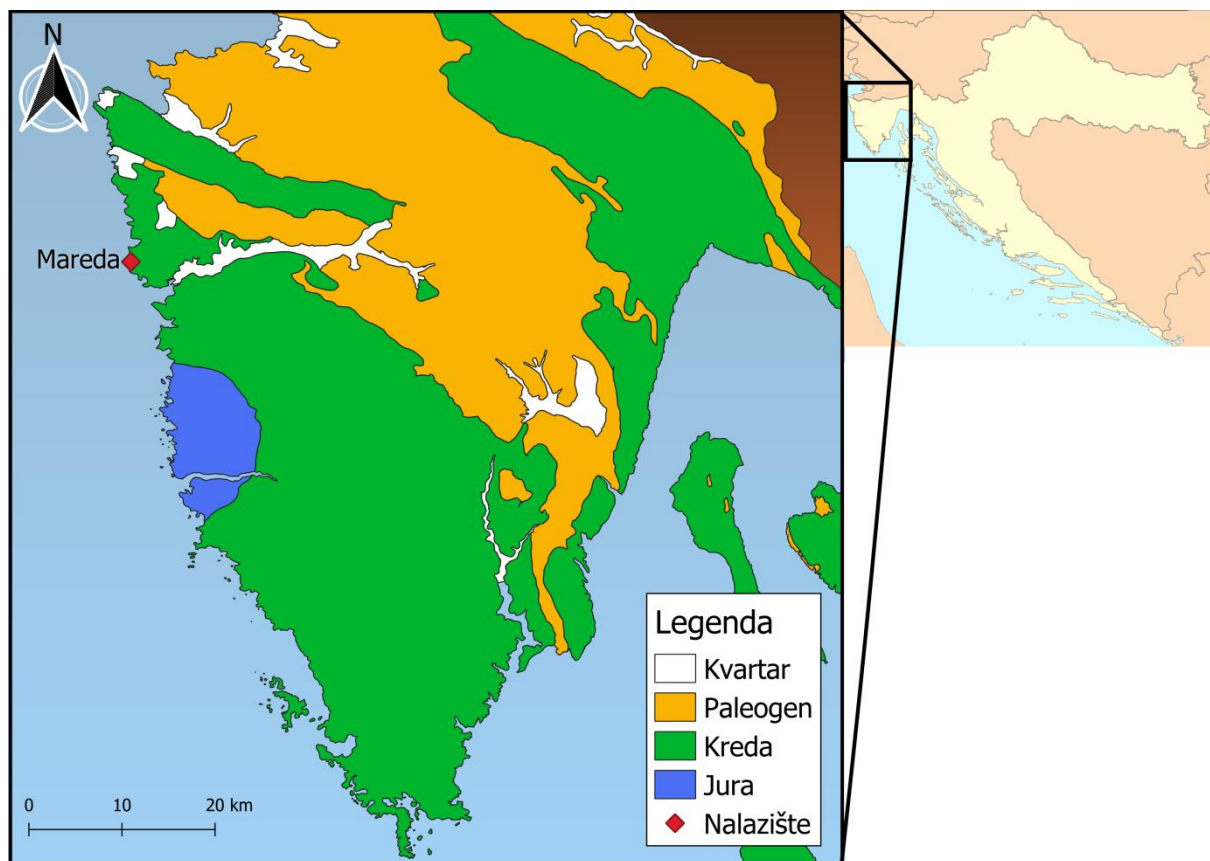
Nalazi dinosaura na JDKP predstavljaju gotovo kontinuirani zapis pojavljivanja istih na tom području, u stratigrafskom rasponu od 80-ak milijuna godina, od titona do mastrihta.

Novootkriveno nalazište smješteno je kraj Novigrada u Istri, na lokalitetu Mareda (Slika 1). U gornjoalbskim vapnencima (Pleničar et al. 1969) koji izdanjuju duž obale (Slika 2) zabilježeno je osam pojedinačnih tridaktilnih otisaka stopala dinosaura.

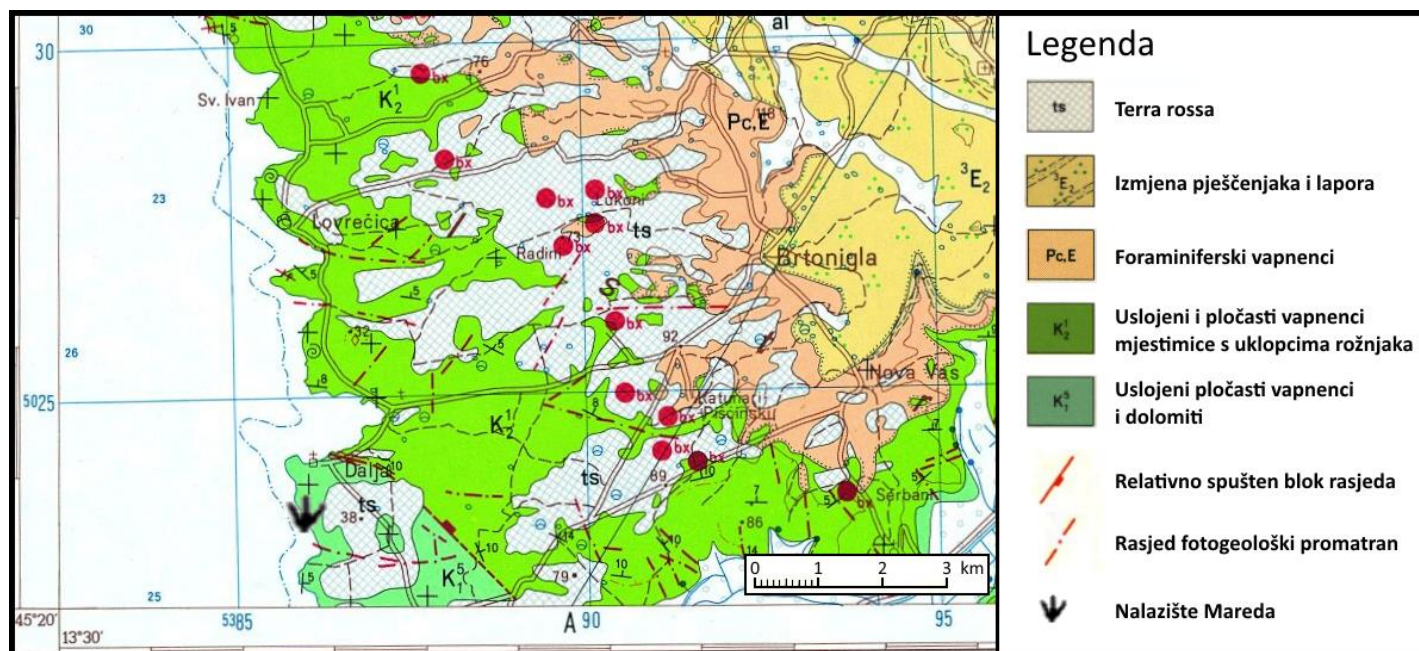
Izdanak s otiscima stopala većinom se nalazi ispod razine mora, osim za vrijeme najnižih oseka.

U ovom radu su iznešene detaljne paleoihnološke, sedimentološke i mikropaleontološke analize u svrhu identifikacije životinja koje su ostavile otiske, rekonstrukcije njihova ponašanja te paleookoliša u kojem su te životinje živjele.





Slika 1: Geološki i geografski smještaj nalazišta Mareda (modificirano prema Geološka karta RH 1:300 000; HGI, 2009).



Slika 2: Isječak Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000, list Trst, s naznačenim nalazištem Mareda (modificirano prema Pleničar et al. 1969).

## 1.1 Pregled dosadašnjih istraživanja

Haidinger (1845) prvi puta prikazuje Istru na preglednoj geološkoj karti u mjerilu 1:846 000.

Morlot (1848a, b, c) objavljuje geološku kartu istarskog poluotoka u kojoj daje geološki pregled Istre.

Hauer (1868) izdaje preglednu geološku kartu Austrougarske monarhije u mjerilu 1:576 000 u kojoj uvodi neke promjene u stratigrafsku podjelu eocena.

Stache (1886 – 1891) izrađuje geološku kartu Trst u mjerilu 1:75 000 na kojoj stratigrafski raščlanjuje „tercijarne“ slojeve te kredom razdvaja pojedine horizonte.

Nekolicina autora objavljuje paleontološke radove koji se odnose na krednu faunu Istre (Futterer, 1893 i 1896; Boehm 1894 i 1897; Redlich 1899 i 1901; Parona 1926; Wiontzek 1934).

Detaljna istraživanja te kartiranje srednje i zapadne Istre u mjerilu 1:25 000 vrše Polšak (1958, 1961), Polšak i Šikić (1960), Šikić (1952, 1958), Pleničar (1960a, b), Buser i Pleničar (1962) te Buser (1964). Prikupljeni podaci su služili za izradu, između ostalih, geološke karte i tumača za list Trst (Pleničar et al. 1959).

Drobne (1964) i Pavlovec (1965) objavljuju radove o foraminiferskoj mikrofauni istarskog područja posebno se koncentrirajući na numulite, asiline, operkuline te alveoline.

Prvi nalaz dinosaura na JDKP zabilježio je Bachofen-Echt (1925) na Velom Brijunu, na rtu Ploče/Rocca. Spomenute tridaktilne otiske pripisao je rodu *Iguanodon*, a uz njih je opisao i drugu skupinu otisaka koji su, prema njegovoj interpretaciji, pripadali kornjačama (Lockley & Meyer, 2000). Malez u časopisu *Priroda* (1957) navodi kako je Abel (1875. – 1946.) svojedobno tvrdio da se radi o teropodnim otiscima. Ta pretpostavka je potvrđena (Dalla Vecchia et al. 1993; Mezga & Bajraktarević, 2004) kroz reinterpetaciju navedenih otisaka.

Polšak (1965a) navodi da se na južnom dijelu otoka Veli Brijun u albskim vapnencima mogu naći odlično sačuvani tragovi stopala dinosaura koji su se kretali po još plastičnom vapnenom mulju, prekrivenom tek tankim slojem morske vode. Upravo takvi tragovi, uz blage erozijske diskordancije, ukazuju na višestruke kratkotrajne emerzije tog područja JDKP-a. Također razlikuje dvije vrste otisaka koji, kako on drži, potječu od različitih životinja.

Pleničar et al. u okviru izrade osnovne geološke karte SFRJ 1969. godine objavljuju list Trst te 1973. godine pripadajući tumač.

Velić i Tišljar (1987) spominju otiske stopala dinosaura na rtu Ploče. Naglašavaju kako su sedimenti alba na Velom Brijunu također nastali u izrazito plitkomorskim okolišima, što objašnjava izobilje otisaka koji se mogu naći u njima. Nadalje, taloženi su u zaštićenim plićacima niske energije vode, na što ukazuju pojave valnih riplova. Autori smatraju da su otisci dinosaura izravni dokaz postojanja intertajdalnih, muljevitih plićaka koji su povremeno izranjali iznad srednje razine mora.

Početak intenzivnijih paleoihnoloških istraživanja započinje devedesetih godina prošlog stoljeća.

Dalla Vecchia (1998) opisuje otiske nađene na više lokaliteta u gornjoalbskim naslagama Istre. Na lokalitetu Puntizela unutar dva sloja nalazi otiske stopala dinosaura organizirane u staze kretanja. U donjem sloju bilježi loše očuvanu stazu kretanja sastavljenu od pet tridaktilnih otisaka koji pripadaju malom teropodu, dok u gornjem sloju četiri otiska teropoda srednje veličine formiraju segment staze.

Na rtu Ploče analizira dva sloja s otiscima: unutar prvog (donjeg) primjećuje dvije staze kretanja od ukupno 12 otisaka, a unutar drugog (gornjeg) sloja 12 staza s oko 60 otisaka. Sve navedene otiske pripisuje teropodima srednje veličine. Dalla Vecchia napominje kako je dio otisaka s lokaliteta uklonjen, a pet velikih otisaka izloženih u *Čamčarnici* svjedoče o prisustvu velikih teropoda na ovom lokalitetu.

Na lokalitetu Kamik/Plješivac autor spominje dva sloja s otiscima koji su u superpozicijskim odnosima. Donji sloj sadrži stazu kretanja ornitopoda srednje veličine, dok u gornjem sloju nalazi četiri staze kretanja sa 70-ak loše očuvanih otisaka teropoda srednje veličine.

Kod autokampa Solaris (Červar) Dalla Vecchia opisuje dva sloja s otiscima, prvi uz obalu (Solaris I) te drugi 10-ak metara prema unutrašnjosti (Solaris II). Unutar prvog sloja nalazi se 12 staza s oko 60 otisaka teropoda srednje veličine te malih sauropoda. Drugi sloj sadrži brojne staze kretanja te stotine pojedinačnih otisaka.

Otisci s ušća rijeke Mirne (autokamp Lanterna), prema autoru, najvjerojatnije pripadaju teropodima srednje veličine. Danas su rijetki očuvani *in situ* uslijed devastacije, a nekoliko otisaka nalazi se u privatnim zbirkama. Lockley i Meyer (2000) dodaju kako je na ovom lokalitetu prisutna značajna bioturbacija, odnosno dinoturbacija.

Dalla Vecchia zaključuje da su se teropodi na svim navedenim lokalitetima kretali relativno brzim hodom i linearno, što indicira da su samo prolazili kroz ta područja. Nadalje, prema morfologiji i tipu, otiske pripisuje *Brontopodus* ihnofacijesu. Zbog manjih dimenzija otisaka, autor predlaže koncept patuljaste faune uslijed prilagodbe otočnom okolišu, sukladno „srednjokrednoj” geografskoj izolaciji JDKP-a.

Mezga i Bajraktarević (2004) navode nalaz izoliranog, loše očuvanog tridaktilnog otiska na lokalitetu Trstike/Debela Glava. U kasnijoj literaturi (2010) revidiraju nalaz te bilježe otiske stopala četveronožnih herbivornih dinosaura duljine oko 15 m, najvjerojatnije sauropoda.

Mezga et al. (2007) analiziraju jedan tridaktilni otisak teropoda srednje veličine na lokalitetu Zlatne stijene te prijavljuju četiri neodređena kružna otiska koji bi mogli predstavljati tragove životinja. Autori također zaključuju da je nalaz sukladan *Brontopodus* ihnofacijesu te da nalikuje ostalim kasnoalbskim nalazima iz Istre, a morfološki je najbližiji otiscima iz Solarisa.

## 1.2 Geologija Istre

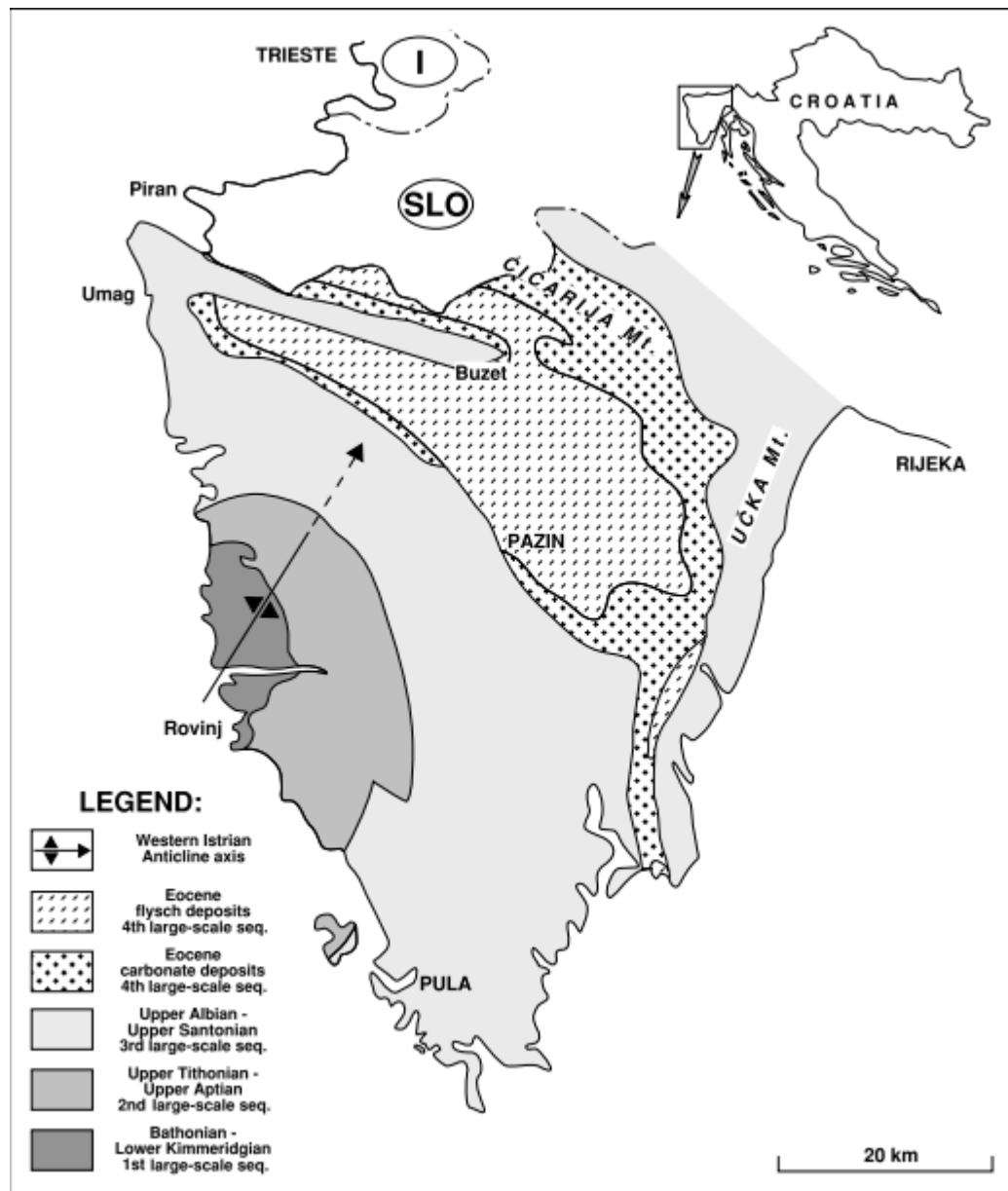
Istarski poluotok smješten je na sjeverozapadu Republike Hrvatske, zauzimajući površinu od oko 3000 km<sup>2</sup>. Ovo područje nije bilo znatno pogođeno „tercijarnom“ tektonikom te u tom smislu sadrži dobro sačuvani stratigrafski zapis koji omogućava rekonstrukciju geološke prošlosti JDKP-a. Schmid (2008) Istarski poluotok svrstava u nedeformirane jedinice JDKP, misleći pri tome na nedostatak reversnih rasjeda i navlaka kao u ostatku Dinarida. U geološkom smislu, Istra se može podijeliti na tri regije (Velić et al. 2003):

- Jura – kreda – eocen karbonatna ravnica južne i zapadne Istre
- Kreda – eocen karbonatno-klastična zona karakterizirana navlačnim strukturama istočne i sjeveroistočne Istre (od Plomina i Učke do Čićarije) te
- Eocenski flišni bazen srednje Istre.

Paleogeografski, Istra predstavlja sjeverozapadni dio nekadašnje JDKP koji se sastoji od slijeda dominantno karbonatnih naslaga, taloženih u vremenskom rasponu od kasne srednje jure do eocena. Sekundarne pojave čine eocenske siliciklastične stijene, fliš te vapnenačke breče. Spomenuti slijed naslaga može se podijeliti u četiri sedimentacijske cjeline ili megasekvencije koje su međusobno odijeljene emerzijskim površinama, uz vršne kvartarne naslage (Slika 3; Velić et al. 2003):

- 1) Bat – donji kimeridž
- 2) Gornji titon – donji/gornji apt
- 3) Gornji alb – gornji santon
- 4) Eocen
- 5) Kvartar

Prva megasekvencija karakterizirana je uglavnom oplićavanjem i pokrupnjavanjem naviše, što se u najgornjem dijelu očituje pojavom regresivnih breča (Rovinj breče – Velić & Tišljarić, 1988), te konačnom emerzijom uz taloženje boksita. Unutar ove megasekvencije prevladavaju različiti tipovi plitkomorskih vapnenaca koji izdajuju u zapadnoj Istri, između Poreča i Rovinja. Tijekom bata i kalovija, prevladavali su plitki subtajdalni i lagunarni okoliši u kojima su istaloženi debelouslojeni madstoni. Slične prilike nastavljaju se tijekom najstarijeg oksforda kada se talože Lim vapnenci (Velić & Tišljarić, 1988). Srednji i kasni oksford karakteriziraju vapnenci taloženi u visokoenergetskim plićeacima i graničnim dijelovima laguna (Muča vapnenci – Velić & Tišljarić, 1988). Kraj ove megasekvencije označava formacija regresivnih Rovinj (Vrsar) breča te glinovitih boksita tijekom ranog kimeridža (Velić et al. 2003).



Slika 3: Distribucija megasekvencija u Istri (preuzeto iz Velić et al. 2003).

Druga megasekvencija je zbog velike debljine i facijesne heterogenosti vrlo kompleksna. Litološki sastav uglavnom čine različiti tipovi peritajdalnih naslaga (poglavito LLH-stromatoliti) uz sekundarnu pojavu emerzijskih breča te ranodijagenetskih i kasnodijagenetskih dolomita. Naslage ove megasekvencije izdanjuju od Poreča, u obliku luka, kraj Kanfanara i Bala, do obale od Rovinja prema Velom Brijunu (Velić et al. 2003). Početkom titona dolazi do oscilirajuće transgresije i taloženja *Kirmenj* vapnenaca koje karakterizira pojava desikacijskih pukotina te najstarijeg nalaza otisaka stopala dinosaura u Istri (Mezga et al. 2003). Razdoblje berijasa i starijeg valendisa karakterizirano je oplićavanjem te ranodijagenetskom dolomitizacijom vapnenaca koji se danas mogu naći u kamenolomu *Fantazija* (Velić & Tišljar, 1988). Slična situacija, uz kratkotrajne emerzije,

nastavlja se u otrivu te u većem dijelu barema. U naslagama otriva nađeni su otisci stopala dinosaura na rtu Gustinja, a unutar baremskih naslaga nađeni su otisci na Velom Brijunu (rt Pogledalo) te kosti na dnu mora kod Bala (uvala Kolone). Prelaskom u apt dolazi do produbljanja taložnog prostora uslijed čega se taloži onkoidni vapnenac – *Istarski žuti*. Otisci stopala dinosaura na otočiću Vrsar pripisani su ovoj starosti (Mezga et al. 2015). Krajem apta dolazi do naglog oplićavanja i regionalne emerzije te posljedičnog taloženja emerzijskih breča (Velić et al. 2003).

Treća megasekvencija je vrlo debela uz raznolik slijed naslaga, unutar kojih je zabilježeno najviše nalaza dinosaura na ovom dijelu platforme. Albske naslage su najzastupljenije na području tektonskog prodora Savudrija – Buzet, u nešto manjoj mjeri u obalnom području južno od Dajle te u uskom pojasu donjeg toka rijeke Mirne (Pleničar et al. 1973). Sastavljene su većim dijelom od pločastih i tankouslojenih vapnenaca svijetlosive do sivkastosmeđe boje. Po kemijskom sastavu su to pretežito čisti vapnenci s 95 – 99% CaCO<sub>3</sub>, a po dimenzijama vapnenačkog detritusa podijeljeni su na kalcilutite i kalkarenite. Sredina u kojoj se odvijalo taloženje albskih naslaga bila je mirna, bez dotoka terigenog materijala; a ostaci mikrofosila ukazuju na relativnu blizinu obale (Pleničar et al. 1973). Mikrofosili albskih naslaga su uglavnom slabo očuvani te nisu provodni oblici: *Thaumatoporella parvovesiculifera* Raineri, *Cuneolina* sp., *Haplophragmoides* sp., Ophtalmidiidae, Textulariidae, Rotaliidae, Miliolidae, Ostracoda. Nešto provodnih oblika javlja se na području srednje Istre (Polšak & Šikić 1963; Polšak 1965b): *Salpingoporella dinarica* Radoičić, *Salpingoporella* sp., *Cuneolina pavonia parva* Henson, *Nezzazata simplex* Omara, *Nummoloculina heimi* Bonet, *Orbitolina* sp., *Bacinella irregularis* Radoičić. Od makrofosila su česte vrste *Nerinea fleuriani* d'Orbigny te *Nerinea* cf. *cretacea* Conrad (Pleničar et al. 1973).

Sredinom alba javlja se transgresija te se diljem Istre uspostavlja plitkovodni platformski karbonatni sistem. Unutar istog, može se razlikovati nekoliko sedimentacijskih cjelina s relativno sličnim uvjetima okoliša (Velić et al. 2003):

- a) Peritajdalni i priobalni sedimentacijski sistem tijekom srednjeg i kasnog alba
- b) Diferencijacija sedimentacijskih sistema tijekom vrakona i cenomana
- c) Potopljeni platformski sistem tijekom najmlađeg cenomana i ranog turona
- d) Plitkovodni sedimentacijski sistem tijekom kasnog turona, konijaka i santona

Početak prve cjeline karakteriziran je transgresijom u srednjem albu koja prekriva prethodno emergirane dijelove Istre. Tijekom kasnog alba prevladavaju peritajdalni okoliši uz taloženje plitkovodnih vapnenaca olujnih karakteristika. Gornjoalbske naslage ujedno sadrže najveći

broj nalaza otisaka stopala dinosaura na JDKP, uključujući one opisane u ovom radu. Debljina albskih naslaga iznosi od 300 do 400 m (Pleničar et al. 1973).

Prijelaz iz rane u kasnu kredu obilježen je diferencijacijom sedimentacijskih okoliša u sjevernoj i južnoj Istri (Vlahović et al. 1994). U sjevernoj Istri, tijekom ranog i srednjeg cenomana, uspostavlja se peritajdalni plitkovodni facijes unutarnje rampe. Istovremeno, na južnom dijelu zabilježeni su efekti sinsedimentacijske tektonike, slampovi, tempestiti te rudistne klinoforme. Na otočiću Fenoliga, u gornjocenomanskim plitkovodnim naslagama, nađeni su otisci stopala dinosaura (Gogala, 1975). Unutar naslaga cenomanske starosti nađeni su još brojni otisci i staze kretanja dinosaura na lokalitetima rt Grakalovac, autokamp Ladin Gaj, Lovrečica (Dalla Vecchia et al. 2001) te Karigador (Mezga et al. 2006a).

Krajem cenomana te početkom turona, uspostavljen je taložni sistem potopljene platforme u južnoj Istri uslijed čega se talože dubljevodni vapnenci s amonitima (Polšak, 1965). U sjevernoj Istri ovaj događaj izostaje. Unutar ove cjeline nalazimo jedini dokaz o prisutnosti dinosaura u Dalmaciji, otiske stopala nađene u uvali Žukova na Hvaru, starosti turon – konijak (Mezga et al. 2006b).

Tijekom zadnje cjeline dolazi do pada morske razine te taloženja plitkovodnih vapnenaca, dok najmlađi dio krednog slijeda naslaga nedostaje zbog emerzije tog prostora (Velić et al. 2003).

Posljednja megasekvencija sastoji se od debelog slijeda karbonatnih i siliciklastičnih stijena, a najvećim dijelom izdanjuje u Pazinskom bazenu te okolnim prostorima. Različiti članovi eocenskog slijeda naslaga bili su transgresivno istaloženi na krednu podinu te se generalno mogu podijeliti na *liburnijske naslage*, *foraminiferske vapnence*, *prijelazne naslage* te *fliš* (Velić et al. 2003).

*Liburnijske naslage*, istaložene u najnižim dijelovima paleoreljefa, predstavljene su slatkovodnim i brakičnim naslagama ranog eocena (Velić et al. 2003).

Slijede *foraminiferski vapnenci* sastavljeni od *miliolidnih*, *alveolinskih*, *numulitnih* te *diskociklinskih vapnenaca* koji su međusobno u superpozicijskim odnosima, a ukazuju na progradne promjene okoliša; od zaštićene unutarnje platforme preko plićih i dubljih dijelova obalnog lica do dubokih dijelova karbonatne rampe (Velić et al. 2003).

U dubljim dijelovima rampe talože se *prijelazne naslage* koje su u donjem dijelu izgrađene od *lapora s rakovicama*, a u gornjem dijelu od *globigerinskih lapora*. *Lapori s rakovicama* čine tanke zone građene od glinovitih vapnenaca i lapora s fosilnim ostacima bodljikaša i rakova, dok su *globigerinski lapori* s ostacima planktonskih foraminifera znatno deblji te istaloženi u dubljevodnim okolišima (Velić et al. 2003).



Naslage fliša nastavljaju se na prethodne, a izdanjuju u Tršćansko-Pazinskom, Labinskom i Plominskom bazenu, na planini Učka te djelomično na Ćićariji. Za njih je karakteristična izmjena hemipelagičkih lapora i taloga gravitacijskih tokova (Velić et al. 2003).

Naslage svih četiriju megasekvencija nepravilno su prekrivene tankim slojem kvartarnih naslaga, od kojih su najznačajnije les i crvenica (terra rossa) (Velić et al. 2003).

Tektonski uzorak Istre sastoji se od tri strukturne jedinice. Prva je zapadnoistarska antiklinala u čijoj su jezgri jurske naslage, okružene krednim i eocenskim karbonatima. Slijede pazinski flišni bazen sastavljen od tankih eocenskih vapnenaca i debelih flišnih naslaga te navlačne strukture Ćićarije i Učke (Velić et al. 2003).

Najstariji dokaz tektonske aktivnosti na području Istre datira iz gornjeg bata. Uslijed blage kompresije dolazi do deformacijskih pokreta koji uzrokuju lokalnu emerziju i razvedenost reljefa. Nakon navedenih događaja, ponovno se uspostavlja subtajdalna sedimentacija koja traje do kraja jure, kada ponovno dolazi do emerzije (Velić et al. 2003).

Tijekom rane krede započinje formiranje zapadnoistarske antiklinale. Tektonska aktivnost ovog razdoblja može se pratiti u vidu periodičnih pokreta i sinsedimentacije. Konačna kredna kompresija uzrokovala je regionalnu emerziju koja je do kraja krede zahvatila gotovo cijelu JDKP. Krajem krede započinje dezintegracija karbonatne plaforme (Velić et al. 2003).

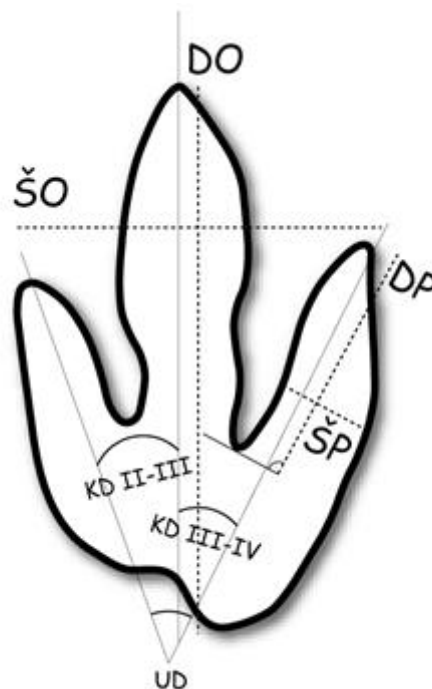
Eocenska transgresija bila je posljedica deformacije uslijed koje dolazi do stvaranja fliškog bazena i regionalne kompresije prostora. Rezultat ove tektonske aktivnosti vidljiv je duž Jadranske obale u vidu tzv. dinaridskog pružanja struktura u smjeru sjeverozapad – jugoistok (Velić et al. 1995). Vrhunac izdizanja Dinarida događa se krajem oligocena i u miocenu (Vlahović et al. 2005).

Neotektonske deformacije u Dinaridima posljedica su regionalnog stresa orijentiranog u smjeru sjever – jug, uslijed kojeg dolazi do formiranja novih struktura te reaktivacije i rotacije starih (Velić et al. 2003).

## 2. Metode

### 2.1 Paleoihnološke metode

Na terenu je zabilježena duljina i širina osam pojedinačnih tridaktilnih otisaka stopala bipednih dinosaura. Duljina otisaka stopala mjerena je od prednjeg do stražnjeg dijela otiska, duž osi srednjeg (III) prsta; dok je širina otisaka mjerena kao udaljenost između vrhova vanjskih prstiju (II i IV) (Slika 4). Spomenute mjere su one unutarnjeg dijela otiska, izuzev eventualnog nasipa istisnutog sedimenta. U pojedinim slučajevima izmjerene su i duljine te širine srednjih (III) prstiju: duljina je mjerena od distalnog do proksimalnog dijela duž središnje osi, a širina na najširem dijelu srednjeg prsta, okomito na središnju os. Izmjereni su kutevi divergencije između prstiju II i III, III i IV te ukupna divergencija između vanjskih prstiju. Zabilježen je i azimut otisaka koji ukazuje na smjer kretanja životinje. Visina kukovlja izračunata je prema morfometrijskom omjeru  $h = 4,5FL$  ( $FL = \text{footprint length}$ ; duljina otiska stopala; Thulborn, 1990) koji se odnosi na male teropode (duljina otiska stopala do 25 cm).



Slika 4: Grafički prikaz mjerenih parametara otiska stopala bipednih dinosaura. DO – duljina otiska; ŠO – širina otiska; DP – duljina prsta; ŠP – širina prsta; KD II-III – kut divergencije između prstiju II i III; KD III-IV – kut divergencije između prstiju III i IV; UD – ukupna divergencija.

## 2.2 Sedimentološke metode

Mikroskopski preparati uzoraka s lokaliteta Mareda analizirani su te određeni prema Dunhamovoj klasifikaciji (1962), s nadopunama Embryja i Klovana (1972) te Folkovoj klasifikaciji vapnenaca (1959, 1962) (preuzeto iz Tišljara, 2001).

Dunhamova klasifikacija (1962) se bazira na strukturnim značajkama vapnenaca: prisustvu ili odsutnosti karbonatnog mulja, odnosu udjela zrna i mulja te litifikacije organizama na mjestu rasta. Na taj način Dunham razlikuje madstone (sadrže manje od 10% čestica) i vekstone (sadrže više od 10% čestica) koji imaju muljevit potporu, od pekstona (sadrže karbonatni mulj) i grejnstona (ne sadrže karbonatni mulj) kod kojih se zrna ili čestice međusobno dodiruju pa je riječ o zrnskoj potpori. Baundston je tip vapnenca kod kojeg su primarne komponente pri taloženju organogeno vezane (Tišljara, 2001).

Embry i Klovana (1972) nadopunjuju Dunhamovu klasifikaciju uvođenjem dvaju novih tipova vapnenaca koji sadrže više od 10% zrna > 2 mm: floutstona (zrna imaju muljevit potporu) i radstona (zrna se međusobno dodiruju te je među njima izlučen kalcitni cement). Također, baundston dijele na tri nova tipa: beflston koji nastaje posredovanjem dendroidnih organizama koji hvataju sediment, bajndston koji nastaje posredovanjem organizama koji vežu sediment te frejmston koji je sastavljen od skeletne rešetke grebenotvornih organizama (Tišljara, 2001).

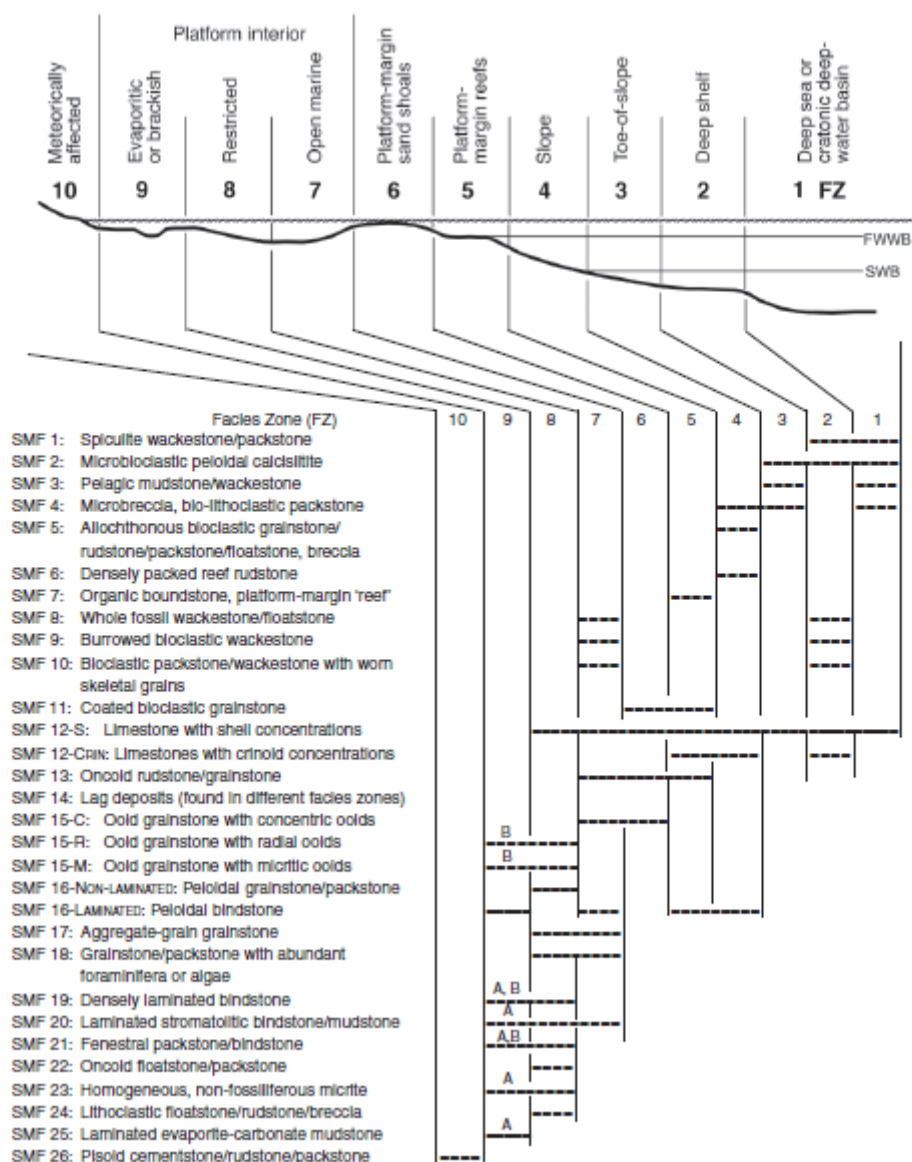
Folkova klasifikacija (1959, 1962) bazirana je na sastavu uzorka: sadržaju alokema i ortokema te se primjenjuje samo na marinskim vapnencima. Alokemi predstavljaju alohtona karbonatna zrna transportirana unutar sedimentacijskog bazena, dok ortokemi predstavljaju sav materijal izlučen *in situ*. Folk razlikuje četiri tipa alokema: intraklaste, obavijena zrna, peloide i fosilna zrna; dok u ortokeme ubraja karbonatni mulj ili mikrit te sparitni kalcit. Na osnovi međusobnih odnosa mikrita i alokema, Folk navodi tri glavne skupine vapnenaca. Ukoliko vapnenci sadrže više od 10% alokema, ovisno o tome prevladava li u njima mikrit ili sparit, razlikuju se dvije skupine vapnenaca: prva skupina ili alokemijski sparitni vapnenci, i druga skupina ili alokemijski mikritni vapnenci. Trećoj skupini pripadaju vapnenci koji sadrže manje od 10% alokema, a dijele se u dvije podskupine: mikritne vapnence koji sadrže od 1 do 10% alokema, i mikritne vapnence s manje od 1% alokema. Četvrta, zasebna skupina vapnenaca su biolititi građeni od skeleta organizama litificiranih na mjestu rasta, prema Dunhamu (1962) baundstoni (Tišljara, 2001).

### **2.3 Mikropaleontološke metode**

Unutar mikroskopskih preparata određena je mikrofosilna zajednica (Sartorio & Venturini, 1988). Temeljem odredbi definiran je stratigrafski raspon mikrofosilnih rodova i vrsta na temelju kojeg je izvršeno biostratigrafsko datiranje istraživanih naslaga (Velić, 2007).

### **2.4 Odredba mikrofacijesa i facijesnih zona**

Nakon primjene navedenih metoda te određivanja vlastitih mikrofacijesa, isti se uspoređuju sa standardnim mikrofacijesnim modelima (Flügel, 2004) s ciljem određivanja facijesnih zona i taložnih okoliša analiziranih uzoraka. Wilson (1975) izdvaja 10 facijesnih zona i 26 standardnih mikrofacijesa (Flügel, 2004) na temelju litoloških značajki, sastava, strukturnih i teksturnih značajki vapnenaca te fosilnog sadržaja u istima. Wilsonovi standardni mikrofacijesi su idealizirani, opći modeli te se pri primjeni istih u praksi mogu razlikovati od istraživanih mikrofacijesa, a moguće je primjenjivati svaki posebno ili više njih zajedno. Deset facijesnih zona razlikuje prema geomorfološkim i fizikalnim čimbenicima poput energije vode, granice oksidacijske zone, baze valova za olujna i mirna vremena te razini plime i oseke. Unutar spomenutih facijesnih zona, Wilson izdvaja 26 standardnih mikrofacijesa na temelju sastava i strukturno-teksturnih značajki vapnenaca, sadržaja primarnih strukturnih sastojaka, prisutne fosilne zajednice, dijagenetskih značajki te zajednice tipova sedimenata (Slika 5; Tišljar, 2001; Flügel, 2004).

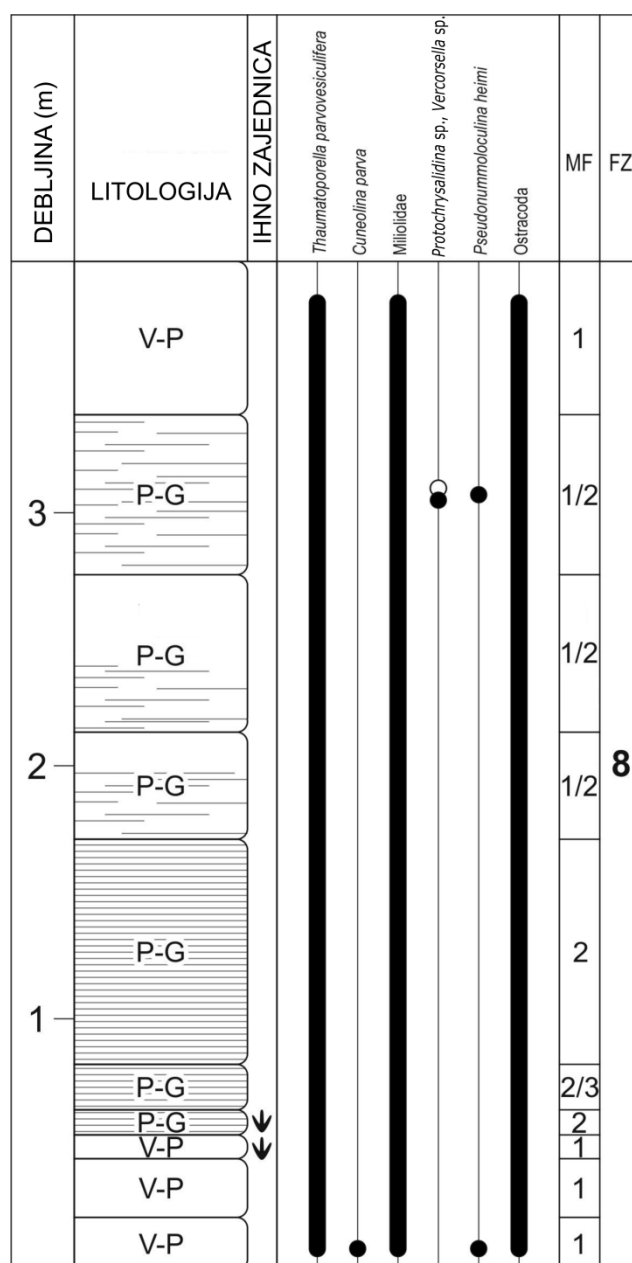


Slika 5: Shematski prikaz 26 standardnih mikrofacijesa (SMF) i 10 facijesnih zona (FZ) (Flügel, 2004).

### 3. Opis istraživanih naslaga

Istraživane naslage prikazane su u geološkom stupu (Slika 6), a njihova debljina iznosi 4 m. Analizirani mikropreparati označeni su kraticama MA (Mareda) i rednim brojevima uz eventualne oznake LAT (lateralno), VL (vrh lateralno), G (gore) ili D (dolje). Spomenuti mikroskopski preparati podijeljeni su u tri mikrofacijesa:

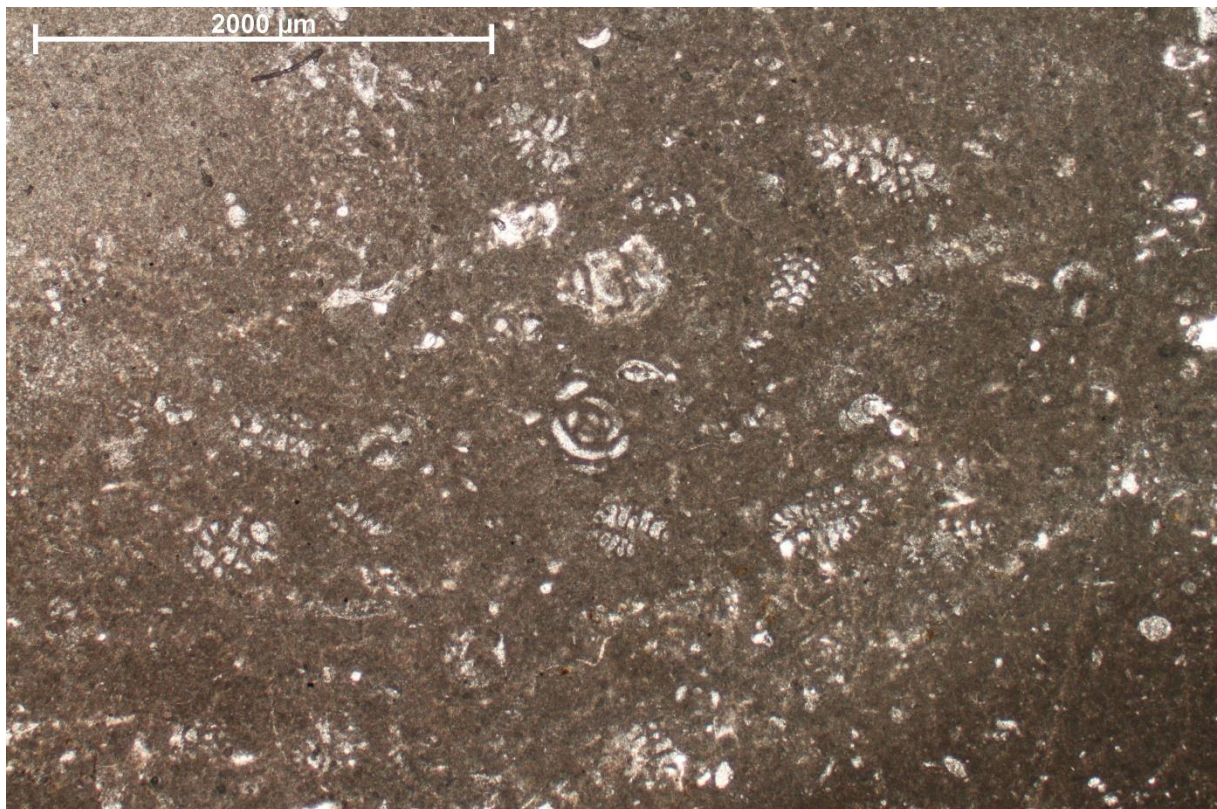
1. Peletno-peloidni vekston-pekston (MF 1)
2. Laminirani peletno-peloidni pekston-grejnston (MF 2)
3. Laminirani intraklastični peletno-peloidni floutston-radston (MF 3)



Slika 6: Geološki stup istraživanih naslaga s prikazanom litologijom (V-P – vekston-pekston, P-G – pekston-grejnston), ihnofacijesima, pojavom fosila (označeni crnim i bijelim točkama) te tipovima mikrofacijesa i facijesne zone.

### 3.1 Peletno-peloidni vekston-pekston

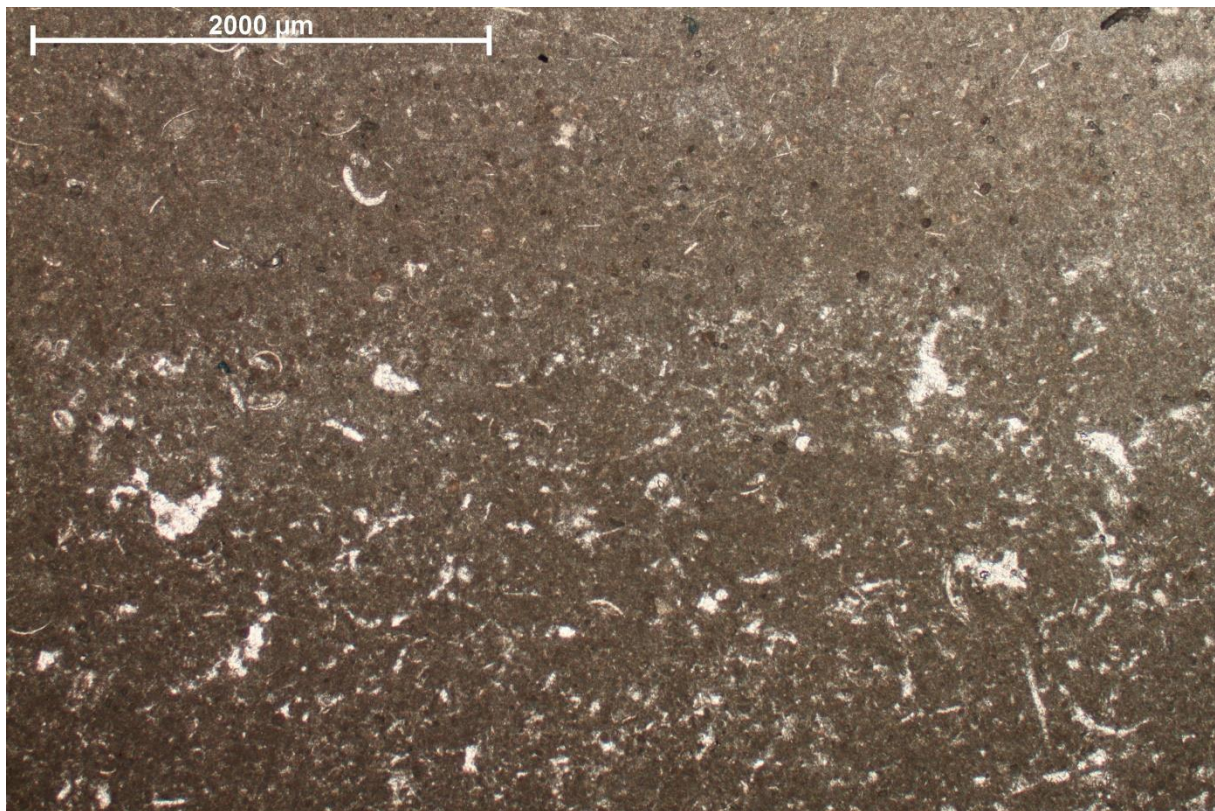
U ovaj mikrofacijes (Slika 7) spadaju mikroskopski preparati MA 1, MA 2/1, MA 2/2, MA 2/3, MA 3, MA 7/1, MA 7/2, MA 8/1, MA 8/2, MA 9/1 te MA 10. Čestice imaju muljevitu potporu, a određeni su peleti, peloidi te bioklasti. Od bioklasta su određene ljušturre ostrakoda, foraminifere *Cuneolina* sp., *Cuneolina parva* Henson, *Pseudonummoloculina heimi* Bonet, *Protochrysalidina* sp. i *Vercorsella* sp. te jedinke alge *Thaumatoporella parvovesiculifera* Raineri. Uzorci MA 3, MA 7/1, MA 7/2 i MA 8/1 sadrže rijetke šupljine s geopetalnim punjenjem. Prema Dunhamu (1962), ovaj tip vapnenca određen je kao vekston do pekston; dok je prema Folku (1959, 1962) određen kao biopelmikrit.



Slika 7: Peletno-peloidni vekston-pekston, preparat MA 1.

### 3.2 Laminirani peletno-peloidni pekston-grejnston

Mikrofacijesu laminiranih peletno-peloidnih pekston-grejnstona odgovaraju preparati MA 4, MA 5/1, MA 5/2, MA 6 VL/G, MA 6 VL/D, MA 9/1 LAT te MA 9/2 LAT. Od čestica se javljaju peleti, peloidi te bioklasti s muljevitom do zrnskom potporom (Slika 8). Od bioklasta su prisutne ljuštore ostrakoda, ostaci alge *T. parvovesiculifera* Raineri te rijetko miliolide. Teksturna karakteristika ovog mikrofacijesa je laminacija, odnosno izmjena mikritnih i sparitnih lamina. Prema Dunhamu (1962), mikropreparati su određeni kao pekston do grejnston, a prema Folku (1959, 1962) kao pelmikriti do pelspariti.

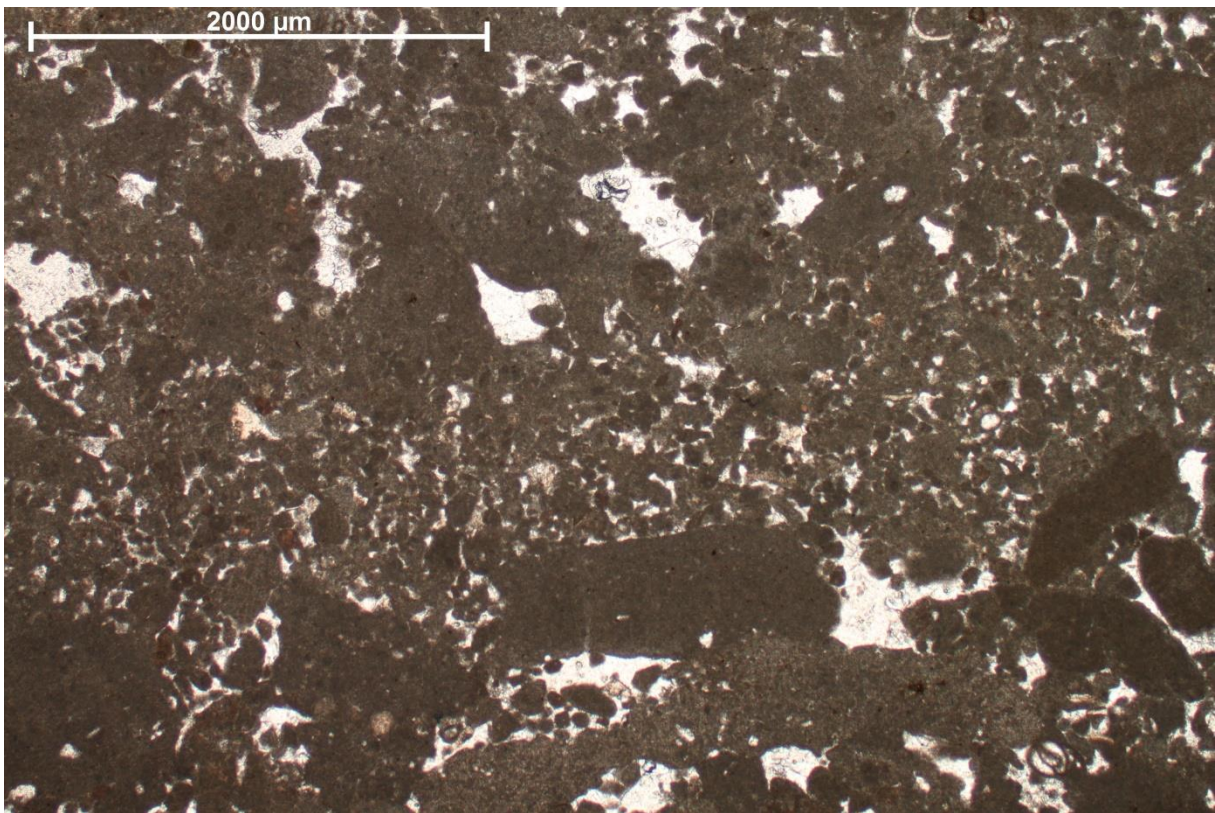


Slika 8: Laminirani peletno-peloidni pekston-grejnston, preparat MA 6 VL/G.



### 3.3 Laminirani intraklastični peletno-peloidni floutston-radston

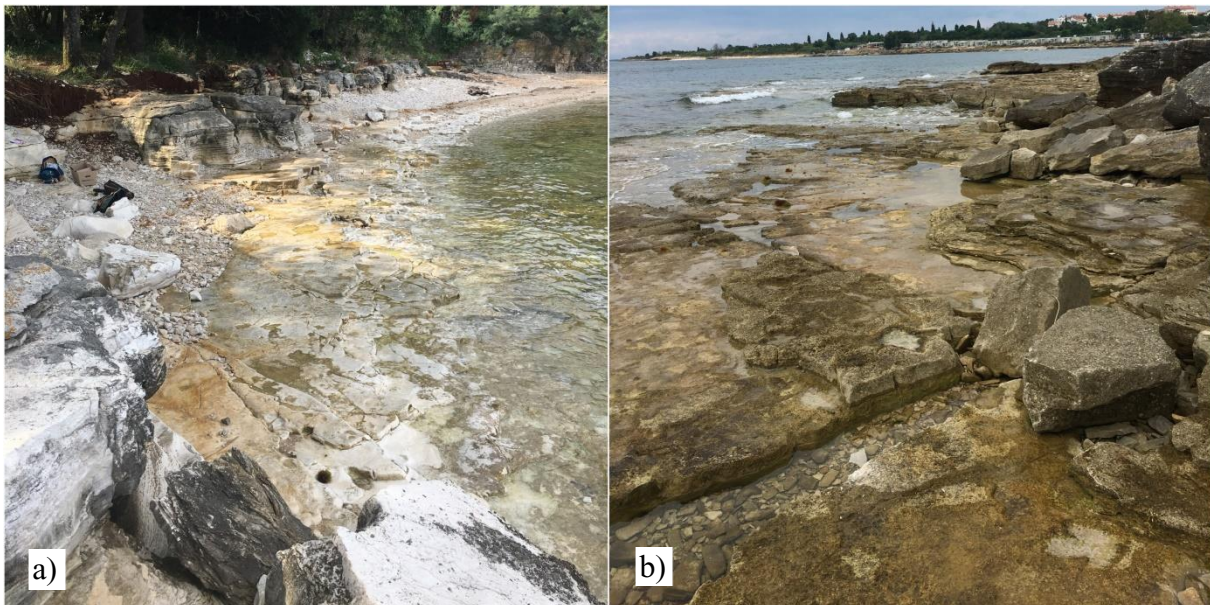
Ovom mikrofacijesu pripadaju mikroskopski preparati s oznakama MA 5 LAT (1), MA 5 LAT (2), MA 8 LAT (2) te MA 8 LAT (3). Potpora je muljevita do zrska, a uz pelete i peloide prevladavaju tamni muljni fragmenti (Slika 9). Bioklasti su rjeđe zastupljeni u vidu ljuštura ostrakoda i miliolida. Prema Dunhamovoj klasifikaciji (1962), ovaj tip vapnenca odgovara floutstonu do radstonu, dok je prema Folku (1959, 1962) definiran kao intramikrit do intrarudit.



Slika 9: Laminirani intraklastični peletno-peloidni floutston-radston, preparat MA 8 LAT (3).

#### **4. Paleoihnologija**

Unutar gornjoalbskih vapnenaca koji izdanjuju uz obalu na lokalitetu Mareda (Slika 10), zabilježeno je osam pojedinačnih tridaktilnih otisaka stopala dinosaura koji nisu organizirani u staze kretanja. Vapnenci su tankouslojeni te približno horizontalni. Zbog jednostavnije orijentacije, otisci su podijeljeni u sektore A i B (Slika 11) te su označeni rednim brojevima. Unutar sektora A zabilježeno je pet otisaka (1A – 5A), dok su u sektoru B zabilježena tri otiska (1B – 3B). Svi se otisci (1A – 5A te 2B i 3B) nalaze u sloju MA 3, osim otiska 1B koji je zabilježen u sloju MA 4.



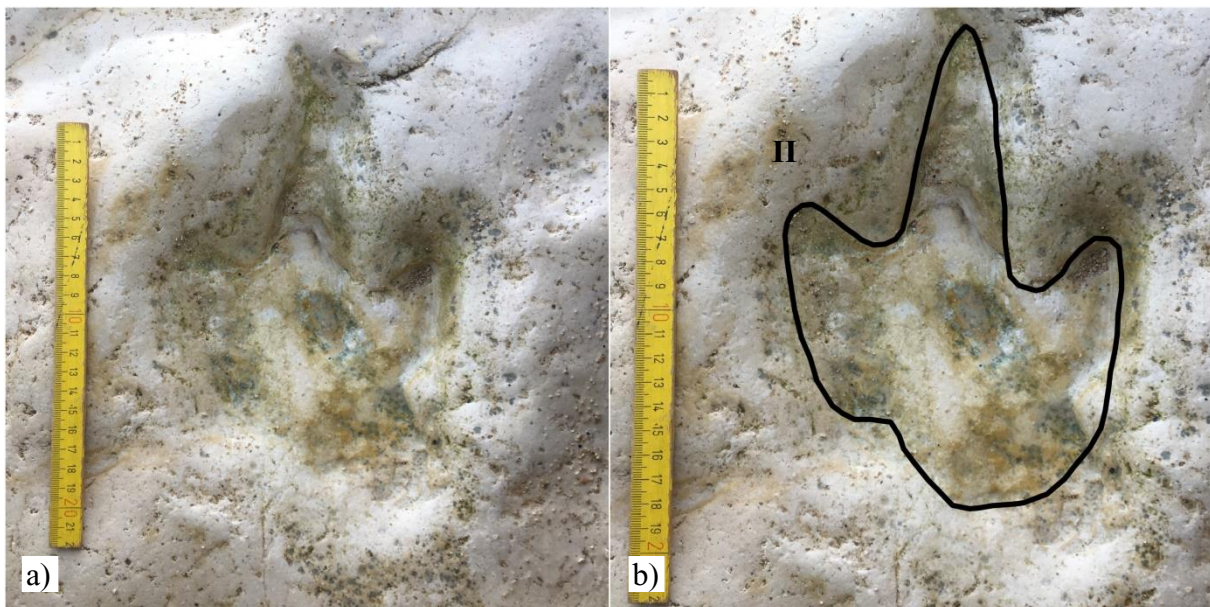
Slika 10: Slojevi u kojima su otkriveni otisci stopala dinosaura; a) Sektor A, b) Sektor B.



Slika 11: Smještaj sektora A i B na lokalitetu Mareda (Google Earth).

#### 4.1 Otisak 1A

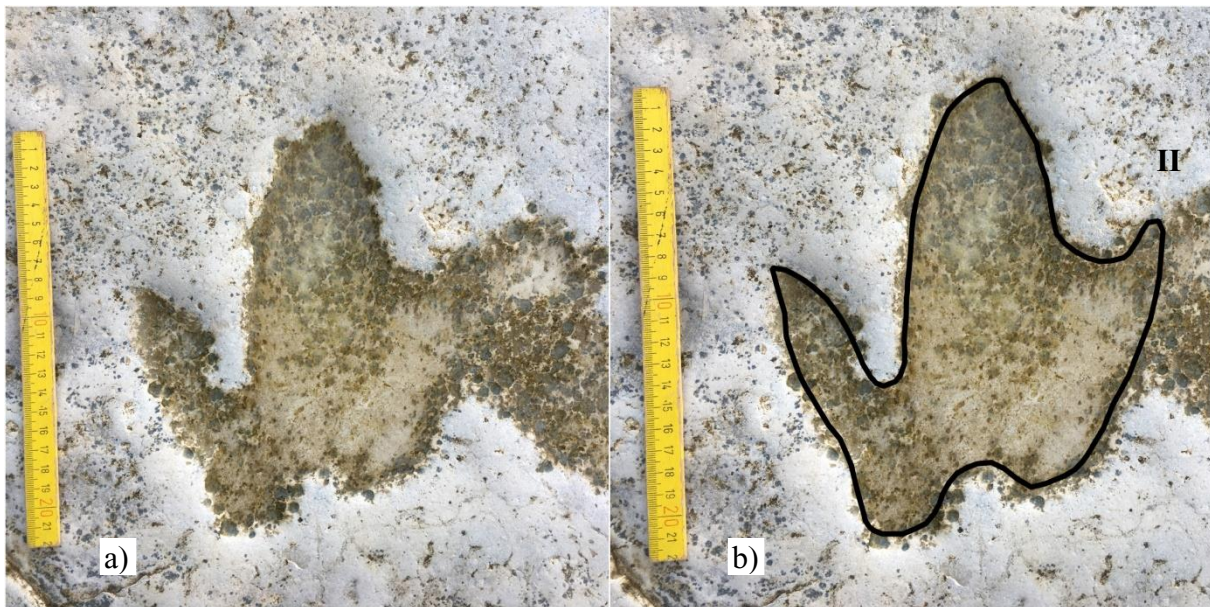
Otisak 1A tridaktilni je otisak duljine 25 cm te širine 16 cm (Slika 12). Otisak je dubok približno 2,5 cm, uz vidljivi nasip istisnutog sedimenta koji nastaje prilikom utiskivanja stopala u isti. Udubljenje je izraženije duž osi srednjeg i desnog prsta te se proksimalno smanjuje. Zamjetno je proširenje otiska u predjelu prstiju koje je moglo nastati prilikom utiskivanja stopala u sediment visoko saturiran vodom ili uslijed naknadne erozije djelovanjem morske vode i atmosferilija. Srednji (III) prst je najveći te njegova duljina iznosi 11,5 cm, a širina 6 cm. Kut divergencije između srednjeg (III) prsta te lijevog (II) i desnog (IV) prsta iznosi  $22^\circ$ , dok je ukupni kut divergencije među vanjskim prstima  $44^\circ$ . Azimut kretanja iznosi  $296^\circ$  NW. Obzirom na položaj lijevog (II) prsta koji je odvojen od ostalih te srednjeg (III) i desnog (IV) prsta koji se nastavljaju u otisak metapodija, otisak stopala se može interpretirati kao desni.



Slika 12: a) Otisak stopala 1A; b) Otisak stopala 1A s iscrtanim unutarnjim granicama. Mjerilo = 22 cm.

## 4.2 Otisak 2A

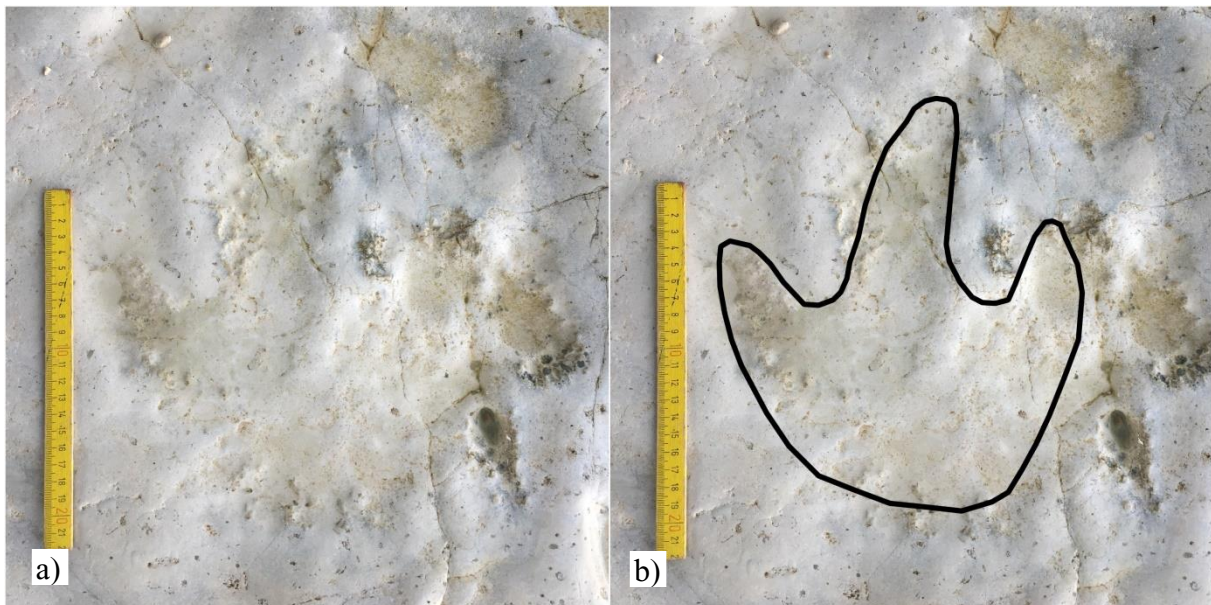
Otisak 2A je plitki tridaktilni otisak duljine 21,5 cm te širine 19 cm (Slika 13). Srednji (III) prst je najveći te je uslijed intenzivnog trošenja proširen i parcijalno spojen s desnim (II) prstom, a njegova duljina iznosi 14,5 cm te širina 7,5 cm. Prsti su najširi u središnjem dijelu te se sužavaju proksimalno i distalno. Na lijevom (IV) prstu zamjetan je otisak kandže u obliku slova V. Azimut kretanja iznosi  $276^{\circ}$  W. Kut divergencije između lijevog i srednjeg prsta iznosi  $32^{\circ}$ , a onaj između desnog i srednjeg prsta  $23^{\circ}$ . Ukupni kut divergencije između vanjskih prstiju je  $55^{\circ}$ . Obzirom da se lijevi i srednji prst nastavljaju u otisak metapodija, može se zaključiti da se radi o otisku lijevog stopala.



Slika 13: a) Otisak stopala 2A; b) Iscrtane granice otiska stopala 2A. Mjerilo = 22 cm.

### 4.3 Otisak 3A

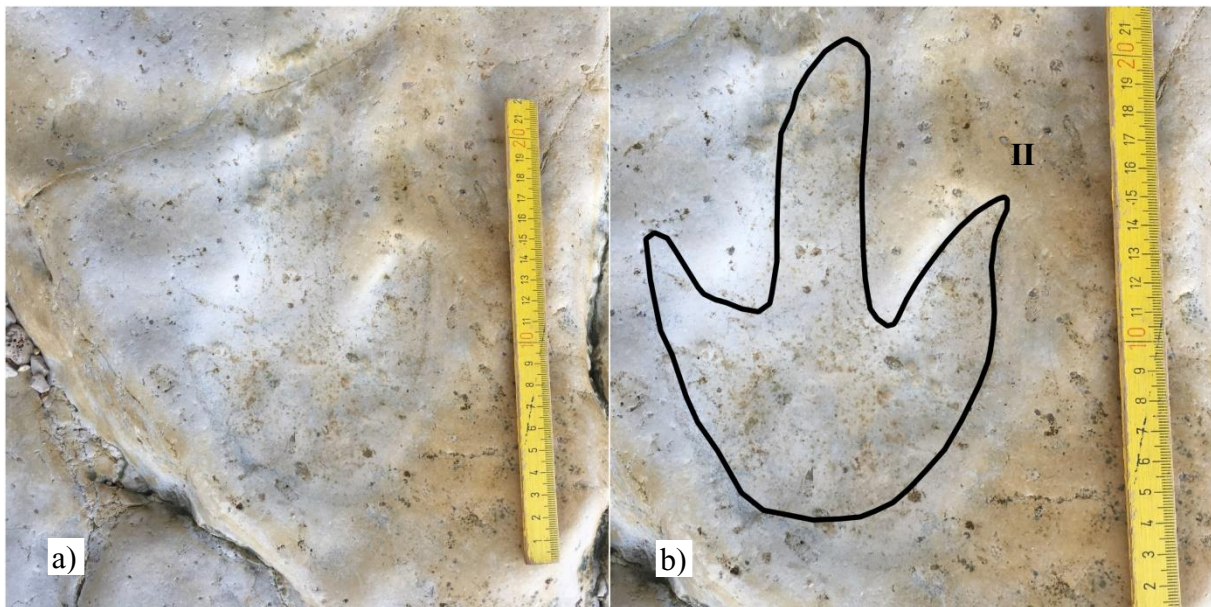
Otisak 3A je tridaktilni otisak jako niskog stupnja očuvanosti, plitak i proširen uslijed dugotrajnog trošenja u okolišnim uvjetima ili zbog konzistencije sedimenta pri samom utiskivanju stopala (Slika 14). Njegova duljina iznosi 24,5 cm, dok je širina otiska 17,5 cm. Smjer kretanja, odnosno azimut iznosi  $142^{\circ}$  SE. Kut divergencije između lijevog i srednjeg prsta iznosi  $29^{\circ}$ , između desnog i srednjeg prsta  $20^{\circ}$ , dok je ukupni kut divergencije između vanjskih prstiju  $49^{\circ}$ . Zbog niskog stupnja očuvanosti otiska nije moguće odrediti o kojem se otisku stopala radi, a morfološke značajke su slabo vidljive.



Slika 14: a) Otisak stopala 3A; b) Iscrtane granice otiska stopala 3A. Mjerilo = 22 cm.

#### 4.4 Otisak 4A

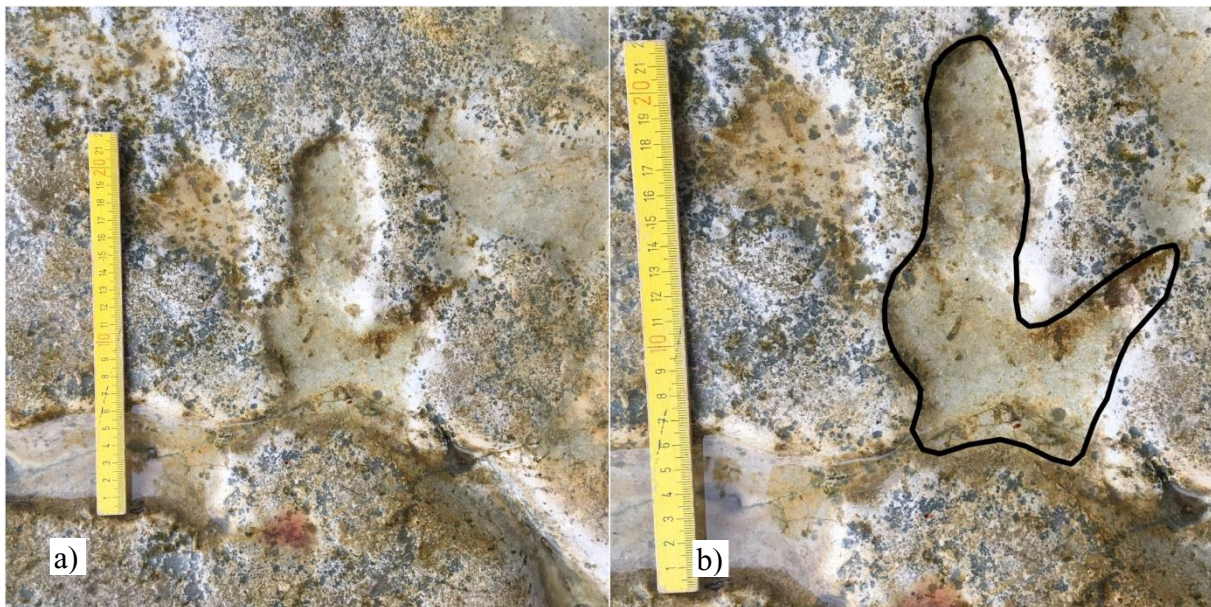
Ovaj tridaktilni otisak niskog je stupnja očuvanosti, plitak i trošen (Slika 15). Duljina otiska 4A iznosi 18 cm, a širina 11 cm. Srednji (III) prst je najvećih dimenzija, duljine 9 cm te širine 4 cm. Azimut kretanja životinje iznosi  $107^{\circ}$  E. Primjetna je medijalna torzija desnog prsta prema čemu se može zaključiti da se radi o prstu II te otisku lijevog stopala. Udubljenje je izraženije s unutarnje strane otiska gdje je vidljiv i nasip istisnutog sedimenta. Prsti su najširi u središnjem dijelu te se distalno i proksimalno sužavaju. Kut divergencije između prstiju II i III iznosi  $22^{\circ}$ , između prstiju III i IV  $29^{\circ}$ , a ukupna divergencija među vanjskim prstima je  $51^{\circ}$ .



Slika 15: a) Otisak stopala 4A ; b) Iscrtane unutarnje granice otiska stopala 4A. Mjerilo = 22 cm.

#### 4.5 Otisak 5A

Otisak 5A je parcijalni otisak kod kojeg je u potpunosti očuvan samo srednji (III) prst te djelomično desni prst (Slika 16). Nalazi se uz udubine nastale djelovanjem vode, što ukazuje na uzrok erozije otiska. Uz otisak je vidljiv nasip istisnutog sedimenta koji je nastao utiskivanjem stopala u supstrat. Srednji prst je proširen uslijed saturacije sedimenta vodom pri nastanku otiska i naknadne erozije. Proširenje je najveće u središnjem dijelu te se proksimalno i distalno smanjuje. Duljina srednjeg prsta iznosi 11 cm, a širina 5,5 cm. Azimut kretanja je  $46^\circ$  NE. Zbog niskog stupnja očuvanosti otiska, moguće je izmjeriti kut divergencije jedino između srednjeg i desnog prsta, a koji iznosi  $34^\circ$ .

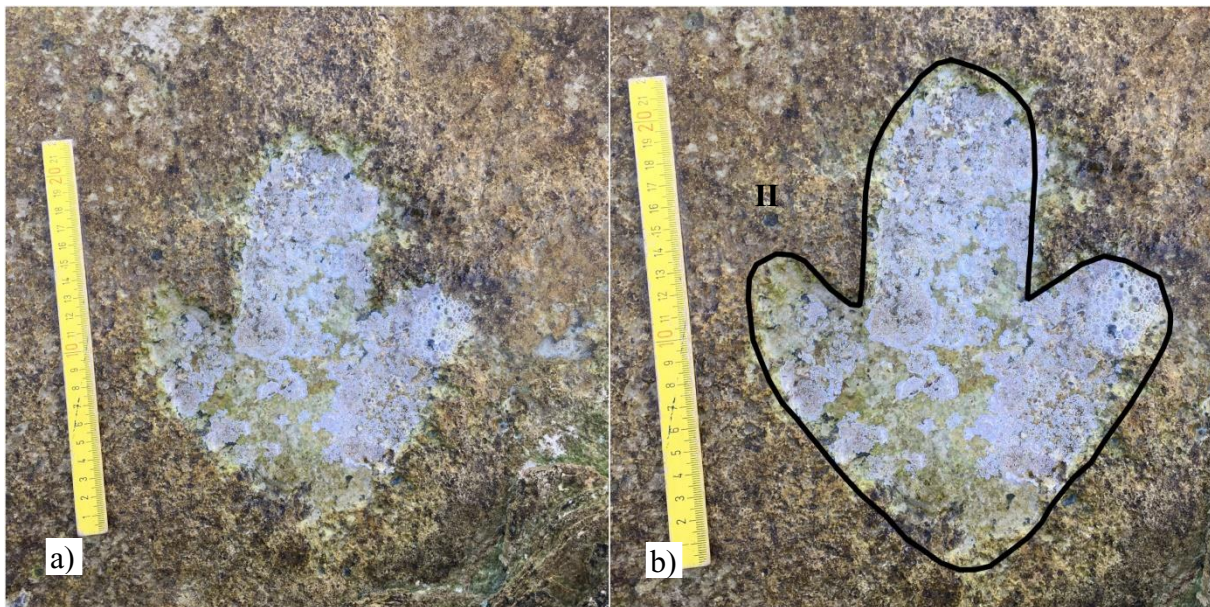


Slika 16: a) Otisak stopala 5A; b) Otisak stopala 5A s iscrtanim unutarnjim granicama. Mjerilo = 22 cm.



#### 4.6 Otisak 1B

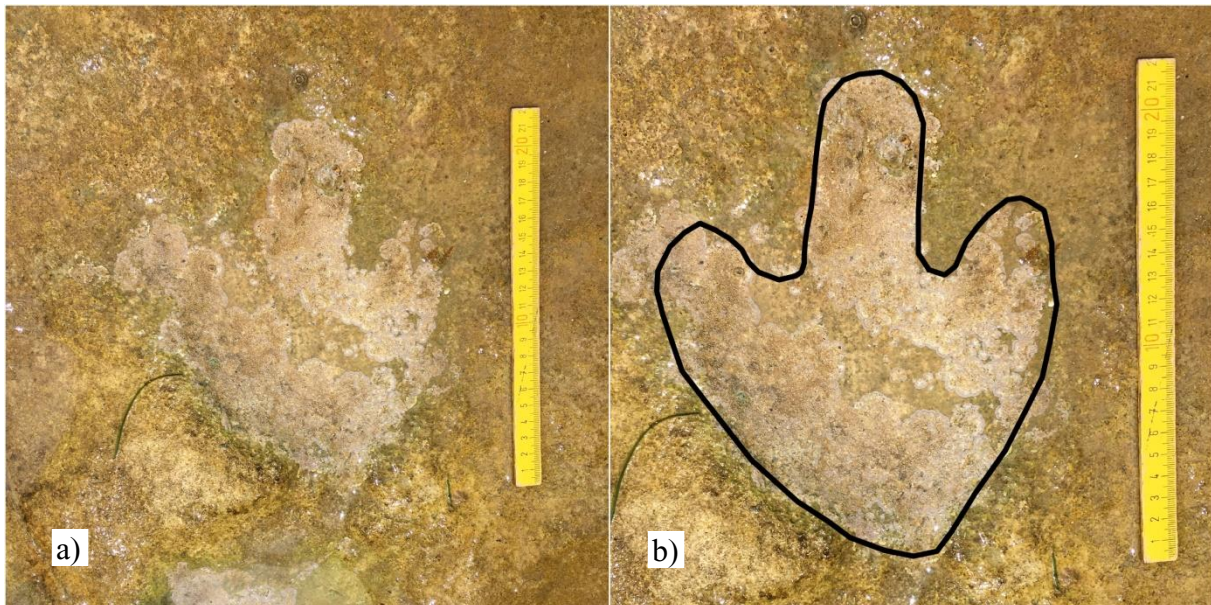
Otisak 1B je prošireni, plitki i trošeni tridaktilni otisak duljine 22 cm i širine 16,5 cm (Slika 17). Ovo je jedini otisak koji se nalazi unutar sloja MA 4. Morfologija otiska je izmijenjena dugotrajnim djelovanjem morske vode i atmosferilija, a moguće i samom konzistencijom sedimenta prilikom prolaska životinje kroz isti. Srednji prst je najveći, dok su vanjski prsti sličnih duljina uz veće proširenje desnog prsta. Obzirom na položaj lijevog prsta koji je ponešto odvojen od ostalih dvaju, otisak se može interpretirati kao onaj desnog stopala. Azimut kretanja iznosi  $306^\circ$  NW. Kut divergencije između srednjeg (III) i lijevog prsta (II) iznosi  $28^\circ$ , između srednjeg (III) i desnog (IV)  $30^\circ$ , a ukupni kut divergencije je  $58^\circ$ .



Slika 17: a) Otisak stopala 1B ; b) Is crtani obrisi otiska stopala 1B. Mjerilo = 22 cm.

#### 4.7 Otisak 2B

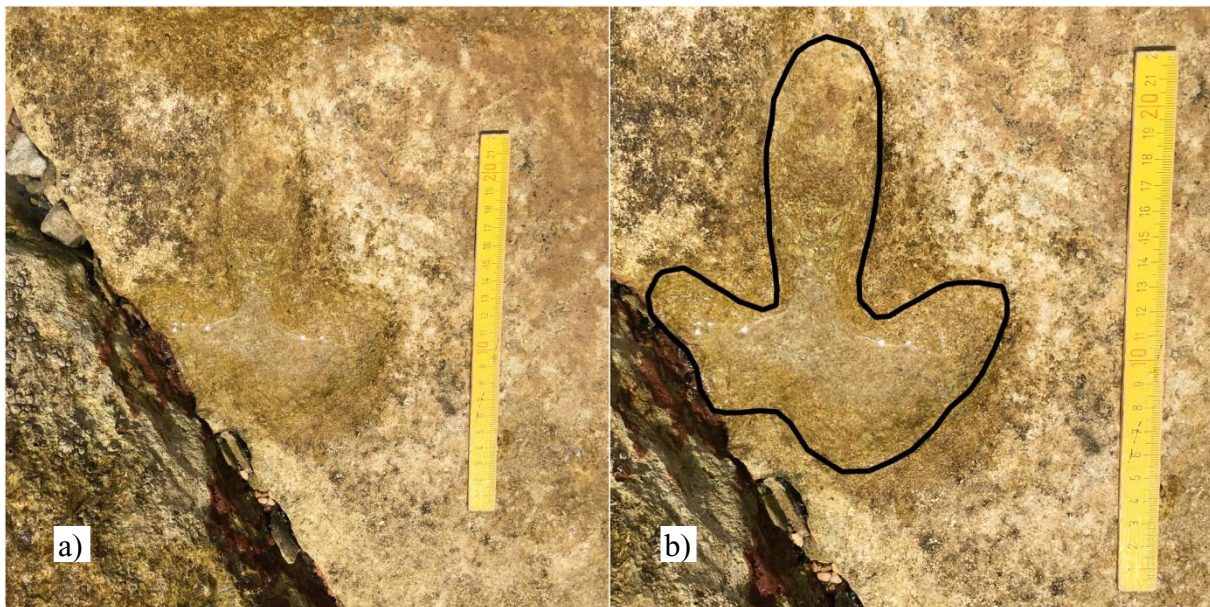
Otisak 2B je tridaktilni otisak duljine 20 cm te širine 16 cm. Otisak je niskog stupnja očuvanosti, plitak te proširen (Slika 18). Ovakva izmjena morfologije posljedica je, kao i kod ostalih otisaka s ovog lokaliteta, visoke saturacije sedimenta vodom u trenutku utiskivanja stopala i dugotrajne erozije uzrokovane uvjetima u okolišu. Azimut otiska, odnosno smjer kretanja životinje iznosi  $4^{\circ}$  N. Kut divergencije između lijevog i srednjeg prsta iznosi  $26^{\circ}$ , između desnog i srednjeg  $21^{\circ}$ , a ukupni kut divergencije je  $47^{\circ}$ . Obzirom na očuvanost otiska, nije moguće sa sigurnošću utvrditi o otisku kojeg stopala se radi budući da je erozija zahvatila dio između lijevog i srednjeg metatarzala. Srednji prst je najveći, dok su vanjski prsti sličnih dimenzija.



Slika 18: a) Otisak stopala 2B; b) Otisak stopala 2B s iscrtanim obrisima. Mjerilo = 22 cm.

#### 4.8 Otisak 3B

Otisak 3B je tridaktilni otisak smješten uz stijensku pukotinu zbog čega parcijalno nedostaje lijevi prst (Slika 19). Duljina otiska iznosi 22 cm, dok širina iznosi 15,5 cm. Udubljenje je izraženije u središnjem dijelu otiska te se proksimalno i distalno smanjuje. Uz otisak je vidljiv nasip istisnutog supstrata koji je nastao prilikom utiskivanja stopala. Srednji (III) prst je najširi u središnjem dijelu, uz proksimalno i distalno sužavanje. Njegova duljina iznosi 10,5 cm, a širina 6 cm što ga čini najvećim prstom stopala. Kut divergencije između srednjeg i lijevog prsta iznosi  $33^\circ$ , između srednjeg i desnog  $36^\circ$ , a ukupni kut divergencije je  $69^\circ$ . Azimut kretanja iznosi  $20^\circ$  N.



Slika 19: a) Otisak stopala 3B; b) Iscrtane unutarnje granice otiska stopala 3B. Mjerilo = 22 cm.

Tablica 1: Izmjere parametara teropodnih otisaka stopala s lokaliteta Mareda. **Objašnjenje kratica:** DO – duljina otiska; ŠO – širina otiska; DP II/III/IV – duljina prsta II/III/IV; UKD – ukupni kut divergencije; KD II-III – kut divergencije između prstiju II i III; KD III-IV – kut divergencije između prstiju III i IV. DO, ŠO i DP II/III/IV prikazani u cm; UKD, KD II-III i KD III-IV prikazani u stupnjevima.

Otisak stopala	DO	ŠO	ŠO/DO	DP II	DP III	DP IV	UKD	KD II-III	KD III-IV
1A	25	16	0,64	3	11,5	3,5	44	22	22
2A	21,5	19	0,88	-	14,5	8	55	23	32
3A	24,5	17,5	0,71	-	-	-	49	-	-
4A	18	11	0,61	5	9	4,5	51	22	29
5A	-	-	-	-	11	-	-	-	-
1B	22	16,5	0,75	5	11	4,5	58	28	30
2B	20	16	0,8	-	-	-	47	-	-
3B	22	15,5	0,7	-	10,5	-	69	-	-
Srednja vrijednost	<b>21,86</b>	<b>15,9</b>	<b>0,73</b>	<b>4,33</b>	<b>11,25</b>	<b>5,13</b>	<b>53,3</b>	<b>23,75</b>	<b>28,25</b>

## 5. Rasprava

### 5.1 Odredba taložnih okoliša i facijesnih zona

Opisani mikrofacijesi su uspoređeni sa standardnim mikrofacijesima (SMF) u svrhu određivanja facijesnih zona (FZ), odnosno okoliša taloženja (Tišljar, 2001; Flügel, 2004).

Mikrofacijes peletno-peloidnog vekston-pekstona (MF 1) odgovara standardnom mikrofacijesu (SMF) 16 nelaminirani peloidni grejnston-pekston koji je karakterističan za facijesnu zonu (FZ) 8, odnosno područje zaštićene unutrašnje platforme (Flügel, 2004).

Laminirani peletno-peloidni pekston-grejnston (MF 2) može se usporediti sa SMF 16 laminirani peloidni bajndston te SMF 19 gusto laminirani bajndston pri čemu je prvi SMF indikativan za FZ 9 (evaporitni ili brakični okoliš) i FZ 7 (područje otvorene platforme), a drugi SMF za FZ 9 (evaporitni ili brakični okoliš) i FZ 8 (područje zaštićene unutrašnje platforme).

Laminirani intraklastični peletno-peloidni floutston-radston (MF 3) odgovarao bi SMF 24 litoklastične floutston-radston-breče koji upućuje na taložni okoliš zaštićene unutrašnje platforme (FZ 8).

Od određenih mikrofacijesa, mikrofacijesi peletno-peloidnog vekston-pekstona (MF 1) i laminiranih intraklastičnih peletno-peloidnih floutston-radstona (MF 3) odgovaraju taložnom okolišu FZ 8 (područje zaštićene unutrašnje platforme). Laminirani peletno-peloidni pekston-grejnston (MF 2) odgovara FZ 7 (područje otvorene platforme) i FZ 9 (evaporitni ili brakični okoliš).

Mnoge vapnence karakteriziraju šupljine koje mogu biti ispunjene kalcitom ili sedimentom. Najčešće se javljaju u madstonima, pekstonima i bajndstonima. Dva su glavna tipa ovakvih šupljina koje podsjećaju na slijepi prozor na tamnom zidu (Flügel, 2004) te se nazivaju fenestre: stromataksis i šupljine ptičjeg oka (bird's eye). Uz razlike u obliku i dimenzijama, osnovna razlika između njih je u ispuni koja je prisutna kod stromataksisa. Rijetke geopetalno ispunjene šupljine (fenestre) u MF 1 su vjerojatno stromataksisi koji se najčešće javljaju u subtajdalnom okolišu s muljnim humcima (Flügel, 2004).

Laminacija kao teksturna karakteristika javlja se unutar peritajdalnih vapnenaca i to posebno u intertajdalnoj zoni. Plitkomorski vapnenci su najčešće povezani s ciklusima oplićavanja koji se sastoje od nadplimne, plimne i podplimne zone (Tišljar, 2002) te ostaju zapisani u vertikalnom slijedu naslaga uslijed subsidencije. Karakteristika plitkomorskih naslaga ihnocenoze s otiscima stopala dinosaura je njihovo javljanje u subtajdalnom i intertajdalnom

okolišu, dok su u supratajdalnom uništeni izronjavanjem (Moro et al. 2008). Kod istraživanih naslaga javlja se izmjena laminiranih i nelaminiranih vapnenaca koji bi odgovarali subtajdalnom okolišu, pri čemu laminirani predstavljaju najplići dio. Premda je laminacija generalno karakteristika intertajdalnih okoliša, temeljem terenskih opažanja te paleontoloških kriterija (Flügel, 2004), laminacija karakterizira i plitki subtajdal (Moro et al. 2007, 2008).

Prisutnost mikrofosila u MF 2 ukazuje na najplići dio subtajdalnog okoliša, kao i njegova karakteristika javljanja kod muljnih humaka u području zaštićene platforme (FZ 8) (Flügel, 2004), premda se prvenstveno javlja u okolišima otvorene platforme (FZ 7) te evaporitnim ili brakičnim okolišima (FZ 9).

MF 3 (laminirani intraklastični peletno-peloidni floutston-radston) koji odgovara taložinama plimskih zaravni i plimskih kanala vjerojatno predstavlja najplići dio istraživanih naslaga. Temeljem njegove prisutnosti u izmjeni sa subtajdalnim okolišem, može se pretpostaviti da su pojedini lateralni dijelovi subtajdalnog okoliša izronjavali i postajali najplići dijelovi ciklusa oplićavanja, odnosno paleokopno koje je dalo mogućnost migracije i životnih procesa populaciji kopnenih gmazova.

Temeljem vertikalne i lateralne izmjene gore određenih mikrofacijesa, rekonstruirani okoliš taloženja odgovarao bi plitkom subtajdalnom okolišu koji ima karakteristike plimskih otočića kod kojih su različiti dijelovi plitkog subtajdalnog okoliša emergirani.

## 5.2 Biostratigrafska starost istraživanih naslaga

Analizom mikropreparata određena je mikrofosilna zajednica koja se sastoji od sljedećih rodova i vrsta: *Vercorsella* sp. (mikropreparat MA 9), *Protochrysalidina* sp. (mikropreparat MA 9), *Pseudonummoloculina heimi* Bonet (mikropreparati MA 1 i 9), *Cuneolina* sp. (mikropreparat MA 1) te *Cuneolina parva* Henson (mikropreparat MA 1). Biostratigrafski su važni rodovi i vrste *Vercorsella* sp., *Pseudonummoloculina heimi* Bonet te *Protochrysalidina* sp.

*Vercorsella* sp. pojavljuje se u rasponu od kasnog berijasa do kasnog alba te unutar *Vercorsella camposaurii* rasponske zone (kasni berijas, valendis i rani otriv), *Vercorsella camposaurii* – *Campanellula capuensis* intervalne zone (otriv), *Campanellula capuensis* – *Palorbitolina lenticularis* intervalne zone (rani do srednji barem), *Mesorbitolina subconcava* rasponske zone (prijelazni nivo između apta i alba) te „*Valdanchella*“ *dercourti* djelomične

rasponske zone ili „*Valdanchella*“ *dercourtii* – *Neoiraquia convexa* intervalne zone (stariji dio kasnog alba) (Velić, 2007).

*Protochrysalidina* sp. indikativna je za kasni alb te se pojavljuje unutar *Neoiraquia convexa* taksonske rasponske zone ili *Neoiraquia convexa* – *Conicorbitolina conica* intervalne zone (kasni alb; vrakon do rani cenoman) (Velić, 2007).

*Pseudonummoloculina heimi* Bonet ima raspon unutar dvaju biostratigrafskih zona: *Mesorbitolina subconcava* rasponske zone (prijelazni dio između apta i alba) i „*Valdanchella*“ *dercourtii* – *Neoiraquia convexa* intervalne zone čiji je stratigrafski raspon stariji dio kasnog alba (Velić, 2007).

*Cuneolina parva* pojavljuje se u rasponu od ranog alba do kasnog kampana te unutar *Mesorbitolina subconcava* rasponske zone koja označava njenu prvu pojavu, dok se *Cuneolina* sp. uz navedenu zonu pojavljuje i u *Murciella cuvillieri* i *Rhapydionina liburnica* zajedniškoj zoni (mastiht) (Velić, 2007).

Temeljem gore određene mikrofosilne zajednice, biostratigrafska starost istraživanih naslaga određena je kao kasni alb.

Pojedini od gore navedenih rodova i vrsta određeni su u naslagama ostalih kasnoalbskih nalazišta u Istri. Dalla Vecchia et al. (1993) bilježe nalaze roda *Vercorsella* na nalazištu Lanterna; na nalazištima Ploče i Plješivac (Veli Brijun) autori navode nalaze roda *Cuneolina* i *Pseudonummoloculina heimi* Bonet (Dalla Vecchia et al. 2002; Mezga & Bajraktarević, 2004); dok su na nalazištu Zlatne stijene Mezga et al. (2007) utvrdili prisutnost vrsta rodova *Vercorsella* i *Protochrysalidina* te vrstu *Pseudonummoloculina heimi* Bonet koje ukazuju na kasnoalbsku starost.

### 5.3 Interpretacija otisaka stopala

Tridaktilni otisci stopala dinosaura pronađeni na lokalitetu Mareda, obzirom na morfologiju i dimenzije, pripadaju teropodima. Otisci su dulji no širi, a prsti su tanki te izduženi, što je karakteristika bipednih teropodnih dinosaura. Nadalje, slični su ostalim teropodnim otiscima pronađenim u gornjoalbskim naslagama Istre (Tablica 1). Duljinske vrijednosti otisaka kreću se od 18 do 25 cm, što upućuje na teropode srednje veličine (Dalla Vecchia et al. 2000). Obzirom na prosječnu duljinu otisaka, najbliža vrijednost je ona otisaka s lokaliteta Lanterna. Širina ovih otisaka stopala najbližnja je širini otisaka stopala s lokaliteta Ploče. Prema omjeru

širine i duljine otiska stopala, jednaki su otiscima s lokaliteta Plješivac. Ukupni kut divergencije najusporediviji je s onim otisaka s lokaliteta Zlatne stijene.

Visina kukovlja teropoda s lokaliteta Mareda izračunata je Thulbornovim morfometrijskim omjerom za male teropode (4,5FL; 1990), a za parametar duljine otiska stopala uzeta je srednja vrijednost. Na temelju navedenoga, visina kukovlja iznosi 0,98 m. Primjenom ove vrijednosti na skelet teropoda srednje veličine za kojeg se smatra da je najbliži onome s lokaliteta Mareda te usporedbom s vrijednostima nalaza otiska stopala teropoda srednje veličine u naslagama gornjeg alba (Mezga & Bajraktarević, 2004; Mezga et al. 2007), duljina životinje se može pretpostaviti na približno 3 m.

Obzirom da na JDKP nisu pronađene kosti teropodnih dinosaura, pripadnost otisaka stopala s lokaliteta Mareda ne može se sa sigurnošću pripisati određenoj vrsti ili rodu. Umjesto toga, moguće je izvršiti usporedbe te na temelju skeletnih nalaza srednje velikih teropoda iz obližnjih područja (južna Europa i Afrika) iznijeti pretpostavke. Ti nalazi uključuju ostatke roda *Elaphrosaur*, ceratosaura koji je nastanjivao današnji saharski dio Afrike u razoblju od apta do cenomana (Weishampel et al. 2004). Uz navedeni, obližnji nalazi albske starosti uključuju vrste *Genusaurus sisteronis* Accarie et al. s juga Francuske te *Scipionyx samniticus* Dal Sasso & Signore, celurosaura s juga Italije.

Kako na lokalitetu nisu prepoznate staze kretanja koje bi otisci formirali, paleoetološku analizu je moguće izvršiti iz pojedinačnih otisaka. Obzirom na otiske različitih dimenzija te njihovo pojavljivanje unutar dvaju slojeva (MA 3 i 4), moguće je zaključiti da ih je ostavilo više različitih jedinki. Nema dokaza o kretanju u krdu ili drugim oblicima socijalnog ponašanja. Nije vjerojatno da su teropodi ovih dimezija živjeli na samoj plimnoj ravnici, već im je ona mogla biti područje prolaska. Pojedinačni otisci ukazuju na to da su teropodi vjerojatno prolazili ovim područjem u potrazi za hranom ili su migrirali drugdje. Pri tome je njihovo kretanje zasigurno bilo uvjetovano paleotopografskim ograničenjima, poput pružanja obalne linije.

Dalla Vecchia et al. (2002) predlažu kako je pojava malih do srednje velikih predatorkih dinosaura poput teropoda s lokaliteta Mareda te malih sauropoda na JDKP u vremenu od apta do turona posljedica otočne izolacije. Naime, u tom se razdoblju JDKP kontinuiranim kretanjem prema Lauraziji potpuno odvojila od kopna Gondwane s kojim je prije apta bila povezana „mostom“ te postigla geografsku izolaciju (Vlahović et al. 2005). Uslijed toga, fauna koja je nastanjivala to područje razvila je prilagodbe na ograničene uvjete otočne izolacije. Ista se manifestira pojavom patuljastih faunalnih oblika uz potpuni izostanak velikih predatora.



Tablica 2: Usporedba parametara teropodnih otisaka stopala iz gornjoalbskih naslaga Istre. Podaci prikupljeni iz Dalla Vecchia et al. (1993, 2002); Dalla Vecchia & Tarlao (2000); Mezga & Bajraktarević (2004); Mezga et al. (2007). **Objašnjenje kratica:** DO – duljina otiska; ŠO – širina otiska; UKD – ukupni kut divergencije. DO i ŠO prikazani u cm; UKD prikazan u stupnjevima. Sve mjere su srednje veličine.

<b>Nalazište</b>	<b>DO</b>	<b>ŠO</b>	<b>ŠO/DO</b>	<b>UKD</b>
Lanterna	21,75	13	0,57	34,2
Ploče	20,13	13,9	0,68	41,6
Plješivac	18,6	13,6	0,73	72,8
Puntižela	19	-	0,60	46
Solaris I	19,69	-	0,64	44,2
Solaris II	18,16	-	0,61	38,8
Zlatne stijene	19,5	12	0,62	47
<b>MAREDA</b>	<b>21,86</b>	<b>15,9</b>	<b>0,73</b>	<b>53,3</b>

## 6. Zaključak

Temeljem sedimentoloških, mikropaleontoloških te paleoiknoloških analiza lokaliteta Mareda kod Novigrada u Istri, mogu se iznijeti sljedeći zaključci:

- 1) Određeni mikrofacijesi odgovaraju facijesnoj zoni područja zaštićene unutrašnje platforme, a karbonatne naslage su karakterizirane vapnencima tipa madston-vekston, pekston-grejnton te floutston-radston. Temeljem njihove vertikalne izmjene, strukturnih karakteristika te teksture laminacije, rekonstruirani paleookoliš interpretiran je kao plitki subtajdalni okoliš s karakteristikama plimskih otočića.
- 2) Biostratigrafska starost istraživanih naslaga određena je temeljem mikrofosilne zajednice bentičkih foraminifera *Vercorsella* sp., *Protochrysalidina* sp. i *Pseudonummoloculina heimi* kao kasni alb.
- 3) Tridaktilni otisci stopala pripadaju teropodnim dinosaurima srednje veličine (približno 3 m duljine) te su obzirom na dimenzije i morfologiju usko povezani s ostalim nalazima teropodnih otisaka kasnoalbske starosti u Istri. Otisci su pojedinačni, a ostavilo ih je više različitih jedinki koje su prolazile plimnom ravnicom za vrijeme niske razine mora. Usporedbom s nalazima fosilnih kostiju srednje velikih teropoda iz kasnog alba Afrike i Europe, otiske stopala moguće je povezati s rodom *Elaphrosaurus* te vrstama *Genusaurus sisteronis* i *Scipionyx samniticus*. Obzirom da je JDKP u doba kasnog alba bila geografski izolirana, ihnocenoza dinosaura s područja Istre specifična je po pojavi patuljastih oblika.

## 7. Literatura

- Bajraktarević, Z. & Mezga, A. (2010) – Importance of dinosaur remains (mostly footprints) for science tourism in the National park Brijuni islands (Istria, Croatia). In: The First International Applied Geological Congress, Iran 2010, 1959–1963.
- Boehm, G. (1894) – Beiträge zur Kenntniss der Kreide in den Südalpen: Die Schiosi-und Calloneghe-Fauna. *Paleontographica XLI*, 80.
- Boehm, G. (1897) – Beitrag zur Gliederung der Kreide in den Venetianer Alpen. *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft XLIX*, 160-181.
- Buser, S. & Pleničar, M. (1962) – Geološki profil Rovinj – Vrhnika. Tipkan izvod, 1–71, 18 prilog, arhiv Geološkega zavoda, Ljubljana.
- Buser, S. (1964) – Tolmač k osnovni geološki karti SFRJ, list Gorica – Palmanova, 1–222, 23, prilog, 8 tabel, arhiv Geološkega zavoda, Ljubljana.
- Dalla Vecchia, F. M., Tarlao, A. & Tunis, G. (1993) – Theropod (Reptilia, Dinosauria) footprints in the Albian (Lower Cretaceous) of the Quieto/Mirna river mouth (NW Istria, Croatia) and dinosaur population of the Istrian region during the Cretaceous. *Mem. Sci. Geol.*, 45, 139–148.
- Dalla Vecchia, F. M. (1998) – Theropod footprints in the Cretaceous Adriatic-Dinaric Carbonate Platform (Italy and Croatia). *Gaia*, 15, 355–367.
- Dalla Vecchia, F. M., Tarlao, A., Tunis, G. & Venturini, S. (2000) – New Dinosaur track sites in the Albian (Early Cretaceous) of the Istrian Peninsula (Croatia). *Mem. Sci. Geol*, 52, 2, 193–292.
- Dalla Vecchia, F. M., Tarlao, A., Tunis, G. & Venturini, S. (2001) – Dinosaur track sites in the upper Cenomanian (Late Cretaceous) of the Istrian peninsula (Croatia). *Boll. Soc. Paleont. It.*, 40, 1, 25–54.
- Dalla Vecchia F. M., Vlahović I., Posocco L., Tarlao A. & Tentor M. (2002) – Late Barremian and Late Albian (Early Cretaceous) dinosaur tracksites in the Main Brioni/ Brijun Island (SW Istria, Croatia). *Natura Nascosta*, 25, 1–36.
- Drobne, K. (1964) – Alveoline staroterciarnih plasti Slovenije. I. faza – območje Črnega Kala. Tipkan izvod, arhiv Geološkega zavoda, Ljubljana.
- Dunham, R. J. (1962) – Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W. E. (ed.), Classification of Carbonate Rocks, *Am. Assoc. Pet. Geol. Mem.*, 1, 108– 121.

- Flügel, E. (2004) – Microfacies of Carbonate Rocks. Analysis, interpretation and application. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 976 str.
- Folk, R. L. (1959) – Practical petrographic classification of limestones. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 43, 1–38.
- Folk, R. L. (1962) – Spectral subdivision of limestone types. In: Ham, W. E. (ed.): Classification of Carbonate Rocks. *Am. Ass. petrol. Geol. Mem.*, 1, 62–84.
- Futterer, K. (1893) – Die Gliederung der oberen Kreide in Friaul. *Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss.* 847, Bd. XL., Berlin.
- Futterer, K. (1896) – Ueber einige Versteinerungen aus der Kreideformation der Karnischen Voralpen. *Palaeont. Abh.* VI., Wien.
- Gogala, M. (1975) – Sledi iz davnine na jugu Istre. *Proteus*, 37, 229–232.
- Haidinger, W. (1845) – Geognostische Übersichtskarte der österreichischen Monarchie, 1:864.000. Wien.
- Hauer, F. (1868) – Geologische Uebersichtskarte der österreichischen Monarchie. *Jahrb. Geol. Reichsanst.*, 18, 1–44.
- Hrvatski geološki institut (2009) – Geološka karta Republike Hrvatske M 1:300 000. Zagreb, Hrvatski geološki institut.
- Lockley, M. & Meyer, C. (2000) – Dinosaur Tracks and Other Fossil Footprints of Europe. Columbia University Press, New York, 323 str.
- Malez, M. (1957) – Tragovi dinosaurusu na Brionima. *Priroda*, 2, 50–51.
- Mezga, A., Bajraktarević, Z., Cvetko Tešović, B. & Gušić, I. (2003) – Dinosaur tracks as an evidence for the terrestriality in the Late Jurassic sediments of Istria, Croatia. In: 22nd IAS Meeting of Sedimentology, Opatija 2003, Abstracts Book, 126.
- Mezga, A. & Bajraktarević, Z. (2004) – Cretaceous dinosaur and turtle tracks on the island of Veli Brijun (Istria, Croatia). *Geologica Carpathica*, 55, 5, 355–370.
- Mezga, A., Tunis, G., Moro, A., Tarlao, A., Čosović, V. & Bucković, D. (2006a) – A new dinosaur tracksite in the Cenomanian of Istria, Croatia. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 112, 3, 435–445.
- Mezga, A., Meyer, C., Cvetko Tešović, B., Bajraktarević, Z. & Gušić, I. (2006b) – The first record of dinosaurs in the Dalmatian part (Croatia) of the Adriatic-Dinaric carbonate platform (ADCP). *Cretaceous Research*, 27, 735–742.
- Mezga, A., Cvetko Tešović, B., Bajraktarević, Z. & Bucković, D. (2007) – A new dinosaur tracksite in the late Albian of Istria, Croatia. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 113, 1, 139–148.

- Mezga, A., Hinkelman, J., Bajraktarević, Z. & Cvetko Tešović, B. (2015) – Novootkriveno nalazište otisaka stopala dinosaura na otočiću Vrsar (Brijunsko otočje). In: 5. Hrvatski geološki kongres.
- Morlot, A. (1848a) – Geologische Verhaeltnisse von Istrien. Berichte von Haidinger 2. Wien.
- Morlot, A. (1848b) – Geologie von Istrien. Berichte von Haidinger 4. Wien.
- Morlot, A. (1848c) – Geologische Karte von Istrien. Berichte von Haidinger 4. Wien.
- Moro, A., Tunis, G., Mezga, A., Tarlao, A. & Čosović, V. (2007) – Depositional environments of upper Cenomanian limestones with rudists and dinosaur footprints, Istria, Croatia. In: Scott, R. W. (ed.) *Cretaceous Rudists and Carbonate Platforms: Environmental Feedback*. Tulsa, SEPM, 37–44.
- 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. *Bol. Soc. Geol. It.*, 127, 2, 423–428.
- Parona, C. F. (1926) – Ricerche sulle Rudiste e su altri fossili del Cretaceo superiore del Carso Goriziano e dell'Istria. *Mem. Ist. Geol.*, 7, 1–56, Padova.
- Pavlovec, R. (1965) – Numuliti, asiline in operkuline iz vzhodnega dela Brkinov. Tipkan izvod, arhiv Sklada Borisa Kidriča, Ljubljana.
- Pleničar, M., Grimšičar, A., Ocepek, T. & Novak, D. (1959) – Tolmač k geološki karti listov Trst in Koper. Tipkan izvod, arhiv Geološkega zavoda, Ljubljana.
- Pleničar, M. (1960a) – Tolmač k geološki karti FNRJ, list Sežana. Tipkan izvod, arhiv Geološkega zavoda, Ljubljana.
- Pleničar, M. (1960b) – Stratigrafski razvoj krednih plasti na južnem Primorskem in Notranjskem. *Geologija* 6, 22–145, 6 prilog, 16 tabel, Ljubljana.
- Pleničar, M., Polšak, A. & Šikić, D. (1969) – Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Trst, L33-88. Inst. za geol. istraž. Zagreb, Geol. zavod Ljubljana (1951-1964), Sav. geol. zavod, Beograd.
- Pleničar, M., Polšak, A. & Šikić, D. (1973) – Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Tolmač za list Trst L33-88. Geološki zavod Ljubljana i Institut za geološka istraživanja Zagreb (1965), Zvezni geološki zavod, Beograd, 64 str.
- Polšak, A. (1958) – Izvještaj o izradi geološke karte zapadne Istre. Arhiv Inst. za geol. istraž. u Zagrebu.
- Polšak, A. & Šikić, D. (1960) – Izvještaj o izradi geološkog profila Gorski kotar – Istra. Arhiv Instituta za geološka istraživanja, br. 3293. Zagreb.

- Polšak, A. (1961) – Geološka građa Savudrija – Buzet. Arhiv Instituta za geološka i rudarska istraživanja, br. 3379. Zagreb.
- Polšak, A. & Šikić, D. (1963) – Osnovna geološka karta SFRJ. Tumač lista Rovinj, 1:100 000. Arhiv Instituta za geološka i rudarska istraživanja. Zagreb.
- Polšak, A. (1965a) – Geologija južne Istre s osobitim obzirom na biostratigrafiju krednih naslaga. (Geologie de l'Istrie meridionale spécialement par rapport e la biostratigraphie des couches cretacees). *Geološki Vjesnik*, 18, 415–509.
- Polšak, A. (1965b) – Stratigrafija jurskih i krednih naslaga centralne Istre. *Geol. vjesnik*, 18/1. Zagreb.
- Redlich, K. A. (1899) – Vorläufige Mitteilung über die Kreide von Pingente in Istrien. *Verh. geol. R. A.*, 5. Wien.
- Redlich, K. A. (1901) – Ueber Kreideversteinerungen aus der Umgebung von Görz und Pingente. *Jahrb. Geol. Reichsanst.*, 51, 75–86.
- Sartorio, D. & Venturini, S. (1988) – Southern Tethys biofacies. Agip S. p. A., S. Donato Milanese, 235 str.
- Schmid, S. M., Bernoulli, D., Fügenschuh, B., Matenco, L., Schefer, S., Schuster, R., Tischler, M. & Ustaszewski, K. (2008) – The Alpine – Carpathian – Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. *Swiss Journal of Geoscience*, 101, 139–183.
- Stache, G. (1891) – Geologische Verhältnisse und Karte der Umgebung von Triest. *Verh. geol. R. A.*, 71. Wien.
- Šikić, D. (1952) – Geološko kartiranje područja Vodica – Dana – Movraža i Sočerga. Arhiv Instituta za geološka i rudarska istraživanja, br. 2064. Zagreb.
- Šikić, D. (1958) – Prethodni tumač geološke karte srednje Istre. Arhiv Inst. za geol. istraž. U Zagrebu, br. 3023. Zagreb.
- Thulborn, T. (1990) – Dinosaur Tracks. Chapman and Hall, London, 410 str.
- Tišljar, J. (2001) – Sedimentologija karbonata i evaporita. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 375 str.
- Velić, I. & Tišljar, J. (1987) – Biostratigrafske i sedimentološke značajke donje krede otoka Veli Brijun i usporedba s odgovarajućim naslagama jugozapadne Istre. (Biostratigraphic and sedimentologic characteristics of the Lower Cretaceous deposits in SW Istria). *Geološki vjesnik*, 40, 149–168.
- Velić, I. & Tišljar, J. (1988) – Litostratigrafske jedinice u dogeru i malmu zapadne Istre (zapadna Hrvatska, Jugoslavija). *Geološki vjesnik*, 41, 25–49.

- Velić, I., Tišljarić, J., Matičec, D. & Vlahović, I. (1995) – A Review of the Geology of Istria. In: Vlahović, I. & Velić, I. (eds) – Excursion Guidebook, First Croatian Geological Congress, Zagreb 1995, 5–30.
- Velić, I., Tišljarić, J., Vlahović, I., Matičec, D. & Bergant, S. (2003) – Evolution of Istrian Part of the Adriatic Carbonate Platform from the Middle Jurassic to the Santonian and Formation of the Flysch Basin During the Eocene: Main Events and Regional Comparison. In: Vlahović, I. & Tišljarić, J. (eds.) – Evolution of Depositional Environments from the Palaeozoic to Quaternary in the Karst Dinarides and the Pannonian Basin. Field Trip Guidebook, 22nd IAS Meeting of Sedimentology, Opatija 2003, 3–17.
- Velić, I. (2007) – Stratigraphy and Paleobiography of Mesozoic Foraminifera of the Karst Dinarides (SE Europe). *Geologia Croatica*, 60,1, 1–133.
- Vlahović, I., Tišljarić, J. & Velić, I. (1994) – Facies succession in the Cenomanian of Istria (Western Croatia): tectonics vs. eustatic control. First internat. meeting on Perimediteranean carbonate platforms, Marseille 1994, Abstracts, 169–171.
- Vlahović, I., Tišljarić, J., Velić, I. & Matičec, D. (2005) – Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 220/3, 333–360.
- Weishampel, D. B., Barrett, P. M., Coria, R. A., Leloueff, J., Xing, X., Xijin, Z., Sahni, A., Goman, E. M. P. & Noto, C. R. (2004) – Dinosaurian distribution. In: Weishampel, D. B., Dodson, P. & Osmolska, H. (eds.) – *The Dinosauria*, 517–606.
- Wilson, J. L. (1975) – Carbonate facies in geologic history. Springer-Verlag, Berlin, 471 str.
- Wiontzek, H. (1934) – Rudisten aus der oberen Kreide des mittleren Isonzgebietes. *Palaeontographica*, Bd LXXX, Abt. A, 1–40, 2 tab; Stuttgart.

Mrežni izvori:

<https://www.google.com/earth/>, 4. 9. 2020.

**8. Popis slika u tekstu**

Slika 1: Geološki i geografski smještaj nalazišta Mareda (modificirano prema Geološka karta RH 1:300 000; HGI, 2009).	2
Slika 2: Isječak Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000, list Trst, s naznačenim nalazištem Mareda (modificirano prema Pleničar et al. 1969).	2
Slika 3: Distribucija megasekvencija u Istri (preuzeto iz Velić et al. 2003).	7
Slika 4: Grafički prikaz mjerenih parametara otiska stopala bipednih dinosaura. DO – duljina otiska; ŠO – širina otiska; DP – duljina prsta; ŠP – širina prsta; KD II-III – kut divergencije između prstiju II i III; KD III-IV – kut divergencije između prstiju III i IV; UD – ukupna divergencija.	11
Slika 5: Shematski prikaz 26 standardnih mikrofacijesa (SMF) i 10 facijesnih zona (FZ) (Flügel, 2004).	14
Slika 6: Geološki stup istraživanih naslaga s prikazanom litologijom (V-P – vekston-pekston, P-G – pekston-grejnston), ihnofacijesima, pojavom fosila (označeni crnim i bijelim točkama) te tipovima mikrofacijesa i facijesne zone.	15
Slika 7: Peletno-peloidni vekston-pekston, preparat MA 1.	16
Slika 8: Laminirani peletno-peloidni pekston-grejnston, preparat MA 6 VL/G.	17
Slika 9: Laminirani intraklastični peletno-peloidni floutston-radston, preparat MA 8 LAT (3).	18
Slika 10: Slojevi u kojima su otkriveni otisci stopala dinosaura; a) Sektor A, b) Sektor B.	19
Slika 11: Smještaj sektora A i B na lokalitetu Mareda (Google Earth).	20
Slika 12: a) Otisak stopala 1A; b) Otisak stopala 1A s iscrtanim unutarnjim granicama. Mjerilo = 22 cm.	21
Slika 13: a) Otisak stopala 2A; b) Iscrtane granice otiska stopala 2A. Mjerilo = 22 cm.	22
Slika 14: a) Otisak stopala 3A; b) Iscrtane granice otiska stopala 3A. Mjerilo = 22 cm.	23
Slika 15: a) Otisak stopala 4A ; b) Iscrtane unutarnje granice otiska stopala 4A. Mjerilo = 22 cm. ....	24
Slika 16: a) Otisak stopala 5A; b) Otisak stopala 5A s iscrtanim unutarnjim granicama. Mjerilo = 22 cm.	25
Slika 17: a) Otisak stopala 1B ; b) Iscrtani obrisi otiska stopala 1B. Mjerilo = 22 cm.	26
Slika 18: a) Otisak stopala 2B; b) Otisak stopala 2B s iscrtanim obrisima. Mjerilo = 22 cm.	27
Slika 19: a) Otisak stopala 3B; b) Iscrtane unutarnje granice otiska stopala 3B. Mjerilo = 22 cm.	28



## 9. Popis tablica u tekstu

Tablica 1: Izmjere parametara teropodnih otisaka stopala s lokaliteta Mareda. <b>Objašnjenje kratica:</b> DO – duljina otiska; ŠO – širina otiska; DP II/III/IV – duljina prsta II/III/IV; UKD – ukupni kut divergencije; KD II-III – kut divergencije između prstiju II i III; KD III-IV – kut divergencije između prstiju III i IV. DO, ŠO i DP II/III/IV prikazani u cm; UKD, KD II-III i KD III-IV prikazani u stupnjevima. ....	29
Tablica 2: Usporedba parametara teropodnih otisaka stopala iz gornjoalbskih naslaga Istre. Podaci prikupljeni iz Dalla Vecchia et al. (1993, 2002); Dalla Vecchia & Tarlao (2000); Mezga & Bajraktarević (2004); Mezga et al. (2007). <b>Objašnjenje kratica:</b> DO – duljina otiska; ŠO – širina otiska; UKD – ukupni kut divergencije. DO i ŠO prikazani u cm; UKD prikazan u stupnjevima. Sve mjere su srednje veličine. ....	34

## 10. Prilozi

Tablični popis mikroskopskih preparata (Prilog 1).

## PRILOG 1

Redni broj preparata	Oznaka mikroskopskog preparata	Klasifikacija vapnenca po Dunhamu (1962) i Folku (1959, 1962)	Fosilni sadržaj	Biostratigrafska starost
1.	MA 1	Peletno-peloidni vekston-pekston Biopelmikrit	<i>Cuneolina</i> sp., <i>Cuneolina parva</i> , <i>Pseudonummoloculina heimi</i> , <i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb
2.	MA 2/1	Peletno-peloidni vekston-pekston Biopelmikrit	<i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb
3.	MA 2/2	Peletno-peloidni vekston-pekston Biopelmikrit	<i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb
4.	MA 2/3	Peletno-peloidni vekston-pekston Biopelmikrit	<i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb
5.	MA 3	Peletno-peloidni vekston-pekston Biopelmikrit	<i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb
6.	MA 4	Laminirani peletno-peloidni pekston-grejnston Pelmikrit-pelsparit	<i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb
7.	MA 5/1	Laminirani peletno-peloidni pekston-grejnston Pelmikrit-pelsparit	<i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb
8.	MA 5/2	Laminirani peletno-peloidni pekston-grejnston Pelmikrit-pelsparit	<i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb
9.	MA 5 LAT (1)	Laminirani intraklastični peletno-peloidni floutston-radston Intramikrit-intrarudit	<i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb
10.	MA 5 LAT (2)	Laminirani intraklastični peletno-peloidni floutston-radston Intramikrit-intrarudit	<i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb
11.	MA 6 VL/G	Laminirani peletno-peloidni pekston-grejnston Pelmikrit-pelsparit	<i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb

12.	MA 6 VL/D	Laminirani peletno-peloidni pekston-grejnston Pelmikrit-pelsparit	<i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb
13.	MA 7/1	Peletno-peloidni vekston-pekston Biopelmikrit	<i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb
14.	MA 7/2	Peletno-peloidni vekston-pekston Biopelmikrit	<i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb
15.	MA 8/1	Peletno-peloidni vekston-pekston Biopelmikrit	<i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb
16.	MA 8/2	Peletno-peloidni vekston-pekston Biopelmikrit	<i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb
17.	MA 8 LAT (2)	Laminirani intraklastični peletno-peloidni floutston-radston Intramikrit-intrarudit	<i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb
18.	MA 8 LAT (3)	Laminirani intraklastični peletno-peloidni floutston-radston Intramikrit-intrarudit	<i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb
19.	MA 9/1	Peletno-peloidni vekston-pekston Biopelmikrit	<i>Protochrysalidina</i> sp., <i>Vercorsella</i> sp., <i>Pseudonummoloculina heimi</i> , <i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb
20.	MA 9/1 LAT	Laminirani peletno-peloidni pekston-grejnston Pelmikrit-pelsparit	<i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb
21.	MA 9/2 LAT	Laminirani peletno-peloidni pekston-grejnston Pelmikrit-pelsparit	<i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb
22.	MA 10	Peletno-peloidni vekston-pekston Biopelmikrit	<i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , miliolide, ostrakodi	Gornji alb