Fosilni tragovi u stijenama gornjeg karbona na području Velebita (Ričice)

Gajski, Nives

Undergraduate thesis / Završni rad

2011

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:983583

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO – MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

FOSILNI TRAGOVI U STIJENAMA GORNJEG KARBONA NA PODRUČJU VELEBITA (RIČICE)

TRACE FOSSILS IN UPPER CARBONIFEROUS' ROCKS OF VELEBIT MOUNTAIN (RIČICE)

SEMINARSKI RAD

Nives Gajski
Preddiplomski studij Znanosti o okolišu
(Undergraduate Study of Environmental sciences)
Mentor: prof.dr.sc. J. Sremac

Zagreb, 2011

SADRŽAJ

1. UVOD……3
2. KLASIFIKACIJA……..4
3. INFORMACIJE DOBIVENE OD FOSILNIH TRAGOVA…….6
4. PALEOEKOLOGIJA I PALEOOKOLIŠ…….6
5. IHNOFACIJES……..6
6. EVOLUCIJA……..7
7. ZAMJENA SA OSTALIM OBLICIMA FOSILA……8
8. PALEOZOIK…….8
9. KARBON……..10
10. GORNJOPALEOZOJSKE NASLAGE VELEBITA……12
11. FOSILNI TRAGOVI SA PODRUČJA RIČICE……...12
12. ZAKLJUČAK……...15
13. SUMMARY……..16
LITERATURA……17
LITERATURA – DODATAK…….17

1. UVOD

Tragovi su strukture nastale u stijenama, sedimentima i zrncima životnim procesima organizama. Znanost koja ih proučava se naziva ihnologija. Fosilni tragovi su fosilizirani ekvivalent tih struktura. Ihnologija se dijeli na paleoihnologiju - znanost o fosilnim tragovima, i neoihnologiju – znanost o suvremenim tragovima.

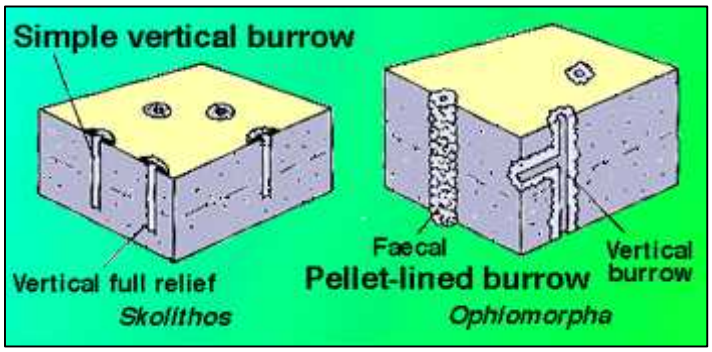
Fosilni tragovi uključuju: (1) otiske, tragove i jazbine u nekonsolidiranim sedimentima; (2) hrapave površine, strugotine od bušenja i porezotine u krutim podlogama; fekalne kuglice, pseudofekalije i koprolite. Neki geolozi također uključuju: (4) strukture nastale prodiranjem korijenja biljaka, i, (5) tanke slojeve algi i stromatolite. U današnjem kontekstu, fosilne tragove se smatra biogenim sedimentnim strukturama. U zoologijskom kontekstu (kao što se koristi u ICZN-u (International Code of Zoological Nomenclature) se gleda na njih kao na rad životinja.

Fosilni tragovi se razlikuju od tjelesnih fosila koji predstavljaju biološke skeletalne strukture ili tjelesne ostatke organizama. (Bromley, Richard G.; (1996): Trace Fossils: Biology, taphonomy and applications)

2. KLASIFIKACIJA

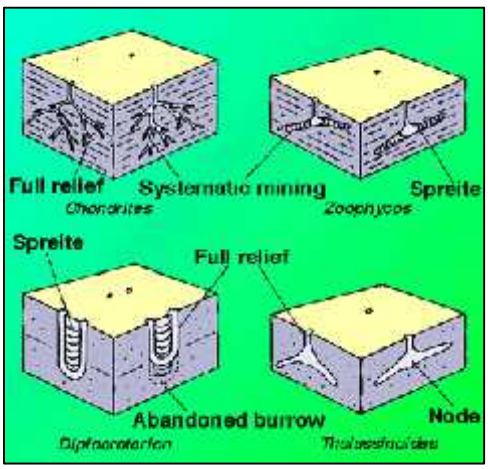
Fosilnim tragovima je teško ili nemoguće odrediti stvaraoca. Samo u vrlo rijetkim slučajevima su stvaraoci nađeni zajedno sa otiscima. Nadalje, posve drugačiji organizmi su u mogućnosti proizvesti identične otiske. Zbog toga konvencionalna taksonomija nije primjenjiva, te je stvoren opsežniji oblik taksonomije. Na najvišem stupnju klasifikacije može se prepoznati pet načina ponašanja: (Seilacher, A. (1967). "Bathymetry of trace fossils". *Marine Geology* 5 (5–6): 413–428.)

- **Domichnia** – strukture stanovanja koje pokazuju položaj živog organizma koji ga je stvorio



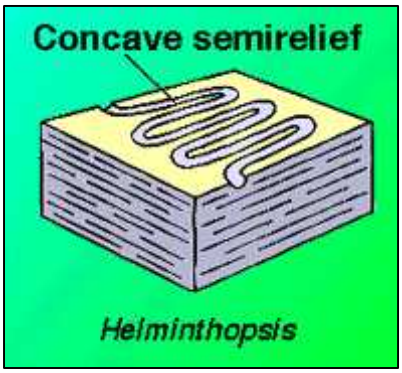
Slika 1. Domichnia
(www.es.ucl.ac.uk)

- **Fodinichnia** – trodimenzionalne strukture preostale nakon što je životinja pojela dio puta kroz sediment (npr. životinje koje se hrane naslagama)



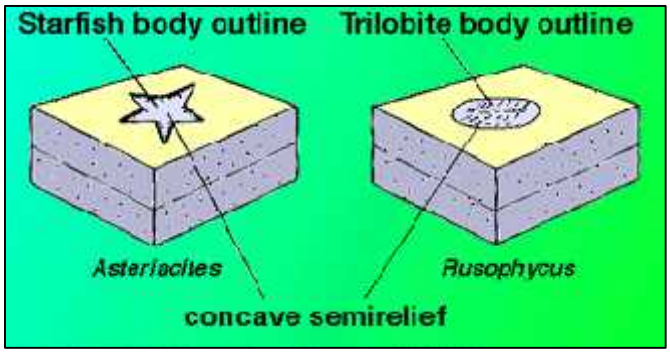
Slika 2. Fodinichnia
(www.es.ucl.ac.uk)

- **Pascichnia** – tragovi hranjenja na površini mekog sedimenta ili mineralne podloge



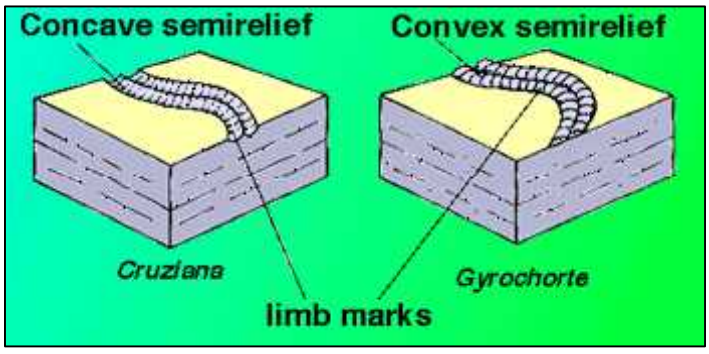
Slika 3. Pascichnia
(www.es.ucl.ac.uk)

- **Cubichnia** – tragovi mirovanja, u obliku utiska, otiska organizma na mekom sedimentu



Slika 4. Cubichnia
(www.es.ucl.ac.uk)

- **Repichnia** – površinski tragovi puzanja



Slika 5. Repichnia
(www.es.ucl.ac.uk)

Fosili su kasnije podijeljeni na rodove, od kojih su neki još podijeljeni na "vrste". Klasifikacija se bazira na stanju, obliku i primjenjivom načinu ponašanja. (Seilacher, A. (1967). "Bathymetry of trace fossils". *Marine Geology* 5 (5–6): 413–428.)

3. INFORMACIJE DOBIVENE OD FOSILNIH TRAGOVA

Zbog toga što identične fosile može stvoriti veliki raspon različitih organizama, fosilni tragovi mogu biti pouzdani u informiranju o dvije stvari: konzistenciji sedimenta u trenutku njegova taloženja, te energetskom nivou taložnog okoliša. Pokušaji utvrđivanja podrijetla takvih tragova, bilo da su taložine morske ili ne-morske, su učinjeni, ali se pokazalo da su nepouzdani. (Woolfe, K.J. (1990). "Trace fossils as paleoenvironmental indicators in the Taylor Group (Devonian) of Antarctica". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 80 (3–4): 301–310)

4. PALEOEKOLOGIJA I PALEOOKOLIŠ

Fosilni tragovi nam osiguravaju indirektan dokaz o životu u prošlosti, kao što su otisci, tragovi, jazbine, strugotine od bušenja i izmet zaostao od životinja, više nego očuvani ostaci tijela same životinje. Za razliku od većine ostalih fosila, nastalih samo nakon smrti organizma, fosilni tragovi nam osiguravaju zapis aktivnosti organizma tijekom njegova života.

Fosilne tragove stvorile su organizmi obavljanjem radnji njihovog svakodnevnog života, kao što je hodanje, puzanje, ukopavanje, bušenje ili hranjenje. Otisci tetrapoda, tragovi crvolikih životinja i jazbine koje su stvorili školjkaši i člankonošci su sve fosilni tragovi.

Vjerojatno najspektakularniji fosilni tragovi su ogromni, troprsti otisci koje su napravili dinosauri i srodni arhosauri. Ti otisci daju znanstvenicima odgovore kako su te životinje živjele. Iako se mogu rekonstruirati kosturi dinosaura, samo njihovi fosilizirani otisci mogu točno odrediti kako su stajali i hodali. Takvi otisci mogu reći mnogo o hodu životinje koja ih je napravila; kakav joj je bio korak, i da li su ili nisu prednji udovi doticali tlo.

Međutim, većina fosilnih tragova nije toliko uočljiva, kao što su tragovi koje su napravili segmentirani crvoliki organizmi ili oblići. Neki od tih crvolikih odljeva su jedini fosilni ostaci koje imamo od tih stvorenja mekog tijela.

Fosilne tragove koje su napravili tetrapodni kralježnjaci teško je identificirati sa određenom životinjskom vrstom, ali nam mogu osigurati vrijedne informacije kao što su brzina, težina, i ponašanje organizama koji su ih stvorili. Takvi fosilni tragovi su nastali kada su vodozemci, gmazovi, sisavci ili ptice hodale preko mekog (vjerojatno vlažnog) blata ili pijeska koji je kasnije dovoljno očvrsnuo kako bi zadržao otisak prije nego se istaložio sljedeći sloj sedimenta. Neki fosili mogu čak osigurati detalje koliko je bio vlažan pijesak kada su nastali, i stoga omogućiti procjenu smjerova paleo-vjetrova. (Woolfe, K.J. (1990). "Trace fossils as paleoenvironmental indicators in the Taylor Group (Devonian) of Antarctica". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 80 (3–4): 301–310) Nastanak fosilnih tragova nastaje na određenim dubinama vode, i isto tako mogu održavati salinitet i zamućenost vodenog stupca. (Seilacher, A. (1967). "Bathymetry of trace fossils". *Marine Geology* **5** (5–6): 413–428)

5. IHNOFACIJES

Skupine fosilnih tragova su više nego slučajne; raspon fosila zabilježenih u skupinama je ograničen okolišem u kojem su organizmi koji su radili otiske živjeli. (Seilacher, A. (1967). "Bathymetry of trace fossils". *Marine Geology* 5 (5–6): 413–428) Paleontolog Adolf Seilacher je začetnik koncepta ihnofacijesa, gdje se stanje sedimentnog u vrijeme taloženja može posredno izraziti bilježeći fosile u zajednici.

Većina fosilnih tragova je poznata iz morskih taložina, naslaga. (Saether, Kristian; Christopher Clowes. "Trace Fossils" Retrieved 2009-06-19) Postoji dva tipa tragova:

egzogeni, nastali na površini sedimenta (npr. staze) ili endogeni, nastali unutar slojeva sedimenta (npr. jazbine).
Površinske staze na sedimentu u plitkim morskim okolišima imaju manju šansu za fosilizaciju jer su pod utjecajem valova i kretanja struja. Uvjeti u tihim, dubinskim okolišima imaju veću tendenciju povoljnijeg očuvanja lijepih struktura tragova.
Većina fosilnih tragova se često zamjenjuje sličnim fenomenima u suvremenim okolišima. Međutim strukture koje su stvorili organizmi u nedavnim sedimentima su jedino proučavane u limitiranom rasponu okoliša, većinom u priobalnim područjima, uključujući plimna područja.

6. EVOLUCIJA

Najraniji cjeloviti, kompleksni fosilni tragovi, ne uključujući mikrobiološke tragove kao što su stromatoliti, potječu od prije 2,000 – 1,800 milijuna godina. To je prerano da bi se govorilo o njihovom životinjskom podrijetlu. Pretpostavlja se da "jazbine", nastale prije oko 1,100 milijuna godina su stvorile životinje koje su se hranile na donjim dijelovima mikrobiološkog "tepiha", koji bi ih štitio od kemijski neugodnog oceana; međutim njihove nejednake širine i zaoštreni rubovi onemogućuju sigurno određivanje biološkog podrijetla.
Za prve dokaze ukopavanja široko je prihvaćeno Ediacara razdoblje, prije oko 560 milijuna godina. Tijekom tog perioda tragovi i jazbine su u biti horizontalne ili samo ispod površine morskog dna. Takvi tragovi su morali stvoriti pokretni organizmi sa glavama, koji bi vjerojatno bili bilateralne životinje. Proučavani tragovi upućuju na jednostavno ponašanje, hranjenje organizama na površini i ukopavanje za zaštitu od predatora. (Dzik, J (2007), "The Verdun Syndrome: simultaneous origin of protective armour and infaunal shelters at the Precambrian–Cambrian transition", in Vickers-Rich, Patricia; Komarower, Patricia, *The Rise and Fall of the Ediacaran Biota*, Special publications, 286, London: Geological Society, pp. 405–414) Suprotno široko raširenom mišljenju da su Ediacara jazbine jedine horizontalne, poznate su i *Skolithos* jazbine. Stvaraoci jazbina *Skolithos declinatus* Ediacara razdoblja u Rusiji, koji potječu iz razdoblja od prije 555,3 milijuna godina nisu pronađeni, te su mogli biti filtratori koji su preživljavali od nutrijenata iz suspenzije. Gustoća ovih jazbina, ukopina je 245 jazbina/dm². Neke Ediacara fosilne tragove se direktno povezuje sa tjelesnim fosilima. *Yorgia* i *Dickensonia* su često nađeni na krajevima dugih putova fosilnih tragova koji odgovaraju njihovim oblicima. (A. Yu. Ivantsov. (2008). "Feeding traces of the Ediacaran animals". HPF-17 Trace fossils ? ichnological concepts and methods. International Geological Congress - Oslo 2008) Hranjenje se odvijalo mehanički, vjerojatno je tijelo ovih organizama bilo sa ventralne strane prekriveno cilijama. *Kimberella* potencijalno u rodu sa mekušcima, povezana je sa tragovima grebanja, vjerojatno nastalima od trenice, dok dalji tragovi iz vremena od prije oko 555 milijuna godina izgleda upućuju na aktivno puzanje i ukopavanje. (According to Martin, M.W.; Grazhdankin, D.V.; Bowring, S.A.; Evans, D.A.D.; Fedonkin, M.A.; Kirschvink, J.L. (2000-05-05). "Age of Neoproterozoic Bilatarian Body and Trace Fossils, White Sea, Russia: Implications for Metazoan Evolution" (abstract). *Science* 288 (5467): 841–5)
Kako je kambrij prolazio, pojavili su se novi oblici fosilnih tragova, uključujući vertikalne ukopine (npr. *Diplocraterion*) i tragovi inače pripisanih člankonošcima. To predstavlja "proširenje repertoara ponašanja", u smislu obilja i složenosti.

Fosilni tragovi su naročito značajan izvor podataka iz tog vremena jer predstavljaju izvor podataka koji nisu direktno povezani sa prisustvom jednostavno fosiliziranih teških dijelova, koji su rijetki tijekom Kambrija. Dok je teško točno označavanje stvaraoca fosilnih tragova, zapis fosilnih tragova izgleda upućuje da pri barem velikim bilateralno simetričnim organizmima koji su živjeli na dnu, postoji nagla raznovrsnost tijekom ranog Kambrija.

Kasnije je došlo do manje nagle raznovrsnosti, i mnogi tragovi su samostalno promijenjeni nepovezanim skupinama organizama. (Seilacher, A. (1967). "Bathymetry of trace fossils". *Marine Geology* 5 (5–6): 413–428)
Fosilni tragovi osiguravaju najranije dokaze životinjskog života na kopnu. Najraniji tragovi člankonožaca potječu iz razdoblja Kambrij-Ordovicij, i tragovi ordovicijskog Tumblagooda pješčenjaka omogućuju određivanje ponašanja ovih životinja. Zagonetni fosilni trag *Climactichnites* mogao bi predstavljati raniji miran, nepokretan zemni trag, kojeg je po mogućnosti napravio organizam nalik pužu golaću.

7. ZAMJENA SA OSTALIM OBLICIMA FOSILA

Fosilni tragovi nisu tjelesni odljevi. Ediacara biota, na primjer, primarno obuhvaća odljeve, kalupe organizama u sedimentu. Slično, otisak stopala nije replika tabana noge, i trag odmaranja morske zvjezdače ima drugačije detalje nego otisak zvjezdače.
Rani paleobotaničari krivo su identificirali široku raznolikost struktura koje su našli na ravnim plohama sedimentnih stijena kao *Fucales* (vrsta smeđe alge ili morske trave). Međutim, čak i tijekom ranijih razdoblja proučavanja ihnologije, neki fosili su bili prepoznati kao otisci životinja i jazbine. Studije iz 1880.-ih godina, koje su provodili A.G.Nathorst i Joseph F. James uspoređujući *Fucales* sa modernim tragovima jasno su pokazale da je većina uzoraka identificirana kao fosilni *Fucales* bile životinjski tragovi i ukopine. Pravi *Fucales* fosili su prilično rijetki.
Pseudofosile, koji nisu pravi fosili, isto ne bi trebalo zamijeniti sa ihnofosilima, koji su stvarni indikatori, pokazatelji pretpovijesnog života.

8.PALEOZOIK

Paleozoik ili Paleozojska era (grč. palaios – star, i zoe – život, davni život) je najranija od triju geoloških era Fanerozojskog eona. Obuhvaća vrijeme od prije 542 – 251 milijuna godina (ICS, 2004), i podijeljen je na šest geoloških perioda; od najstarijeg do najmlađeg to su: Kambrij, Ordovicij, Silur, Devon, Karbon i Perm. U Devonu je došlo do razvoja populacija riba. Tijekom kasnog Paleozoika, velike šume primitivnih biljaka bačene na zemlju formirale su velike bazene ugljena Europe i Sjeverne Amerike. Do kraja ere nastali su prvi, veliki, razvijeniji gmazovi i prve moderne biljke (*Coniferophyta*).
Paleozojska era je završila najvećim masovnim izumiranjem u Zemljinoj povijesti, Permsko-Trijaskim izumiranjem. Posljedice ove katastrofe su bile toliko poražavajuće da je životu na kopnu bilo potrebno 30 milijuna godina za obnovu. (Sahney, S. and Benton, M.J. (2008). "Recovery from the most profound mass extinction of all time" (PDF). *Proceedings of the Royal Society: Biological* 275 (1636): 759–765) Oporavak života u moru zbio se mnogo brže.

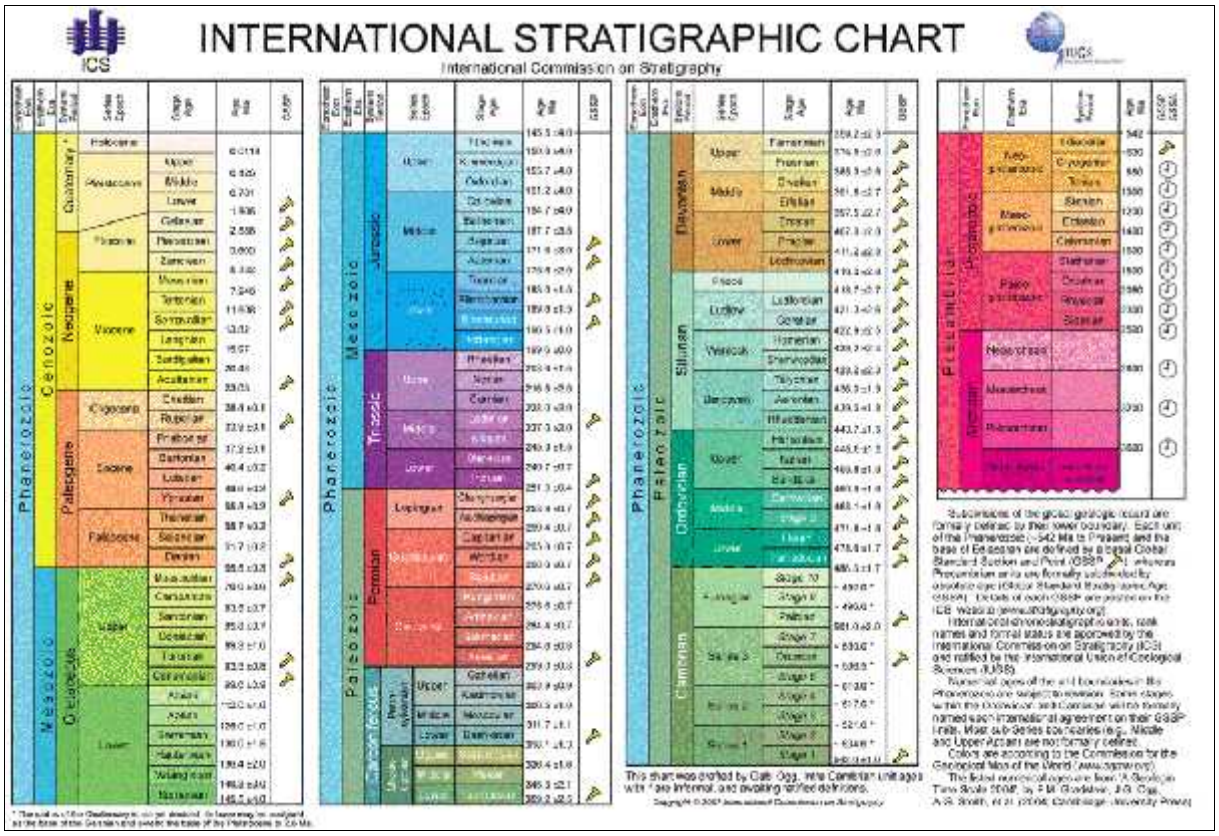
U razdoblju između kasnog Prekambrija i Paleozoika, većina tragova o Zemljinoj ranoj povijesti je uništila erozija. Od početka Paleozoika, plitka mora su počela prodirati na kontinente, veliki dijelovi Sjeverne Amerike su bili kompletno potopljeni.
U Sjevernoj Americi, paleozojska era je započela potopljenim geosinklinalama, ili silaznim potiskom Zemljine kore, uzduž istočne, sjeveroistočne i zapadne strane kontinenta, dok je u unutrašnjosti bila suha zemlja. Kako se era nastavila, rubna mora periodično su ispirala stabilnu unutrašnjost, ostavljajući sedimentni nanos kojim se obilježilo njihovo prodiranje.
Tijekom ranog dijela ere, područja izloženog Prekambrija, ili štita, stijena u središnjoj Kanadi su erodirale, opskrbljujući geosinklinale iz unutrašnjosti. Početkom Ordovicija, povremeno se nastavilo izdizanje planina na istočnoj strani Appalachian geosinklinale kroz čitavu eru, donoseći novi sediment. Sediment ispiran iz Akadijskih planina punio je zapadni dio

Appalachian geosinklinale, te su nastale poznate ugljene močvare Karbona. Izdizanje Appalachiana značilo je da regiju nikad više nisu preplavila rubna mora.
Paleoklimatska istraživanja i dokazi ledenjaka upućuju na to da je središnja Afrika vjerojatno bila u polarnoj regiji tijekom ranog Paleozoika. Tijekom ranog Paleozoika, veliki kontinent Gondwana je već bila formirana ili se tek formirala. Do sredine Paleozoika, kolizijom Sjeverne Amerike i Europe nastala su Akadijsko-Kaledonska gorja, uzdignuća, i subdukcijska ploča uzdignula je istočnu Australiju. Tijekom kasnog Paleozoika, kontinentalna kolizija formirala je superkontinent Pangeu, te rezultirala nastankom nekih velikih planinskih lanaca, uključujući Appalachian, Ural i Tasmanijske planine.
Značajno obilježje Paleozoika je nagla pojava gotovo svih redova beskralježnjaka u velikom mnoštvu početkom Kambrija. Nekoliko primitivnih ribolikih beskralježnjaka, a zatim kralježnjaka, se pojavilo u Kambriju i Ordoviciju, škorpioni u Siluru, kopneni beskralježnjaci i vodozemci u Devonu, kopneni gmazovi u Karbonu, te morski gmazovi u Permu. Vodozemci su bili dominanti kralježnjaci do sredine Karbona, te su tada klimatske promijene dovele do smanjenja njihove raznolikosti. U međuvremenu gmazovi su napredovali, te im se povećavao broj i raznolikost tijekom kasnog Perma.
Biljni svijet je dostigao svoj vrhunac u Karbonu, kada su dominirale vrlo visoki Lycopsidi u tropskom pojasu Euramerike. Klimatske promijene uzrokovale Karbonski kolaps kišnih šuma, koje su fragmentirale njihovo stanište, umanjujući raznolikost biljnog svijeta u kasnom Karbonu i Permu.
Paleozoik je započeo netom nakon raspada superkontinenta Pannotije na kraju globalne Varanger glacijacije ("Snowball Earth"). Tijekom ranog Paleozoika, Zemljina se kontinentalna masa podijelila na znatan broj relativno malih kontinenata. Prema kraju ere, kontinenti su se spojili u superkontinent Pangea-u, koja je sadržavala većinu kopnenih područja Zemlje.
Ordovicij i Silur su bila razdoblja sa toplim "efekt staklenika" periodima, sa najvećim razinama mora tijekom Paleozoika (200 m iznad današnje). Topla klimatska razdoblja bila su isprekidana samo hladnim razdobljem koje je trajalo oko 30 milijuna godina, i kulminiralo tijekom Hirnantian glacijacije. Klima ranog Kambrija je u početku vjerojatno bila umjerena, da bi postala sve toplija kako je Kambrija napredovao, i jer je u tijeku bilo drugo najveće povećanje morske razine u Fanerozoiku. Kako bi se izjednačio taj trend, Gondwana se pomakla prema jugu značajnom brzinom, tako da je tijekom Ordovicija veći dio zapadne Gondwane (Afrika i Južna Amerika) ležala direktno preko Južnog pola. Klima ranog Paleozoika je također bila snažno zonalna, tako da je klima u sažetom smislu postala toplija, ali je životni prostor većine organizama tog vremena (kontinentalni šelfni morski okoliš) postao znatno hladniji. Međutim, Baltika (sjeverna Europa i Rusija) i Laurencija (istočna Sjeverna Amerika i Grenland) ostali su u tropskoj zoni, dok su Kina i Australija bile okružene vodama koje su bile najmanje umjerene. Rani Paleozoik je završio poprilično iznenada, sa kratkim, ali očito teškim ledenim dobom kasnog Ordovicija. Ovo zahlađenje uzrokovalo je drugo po redu najveće masovno izumiranje u Fanerozoiku. Tijekom vremena, došlo je do zatopljenja u Paleozoiku.
Srednji Paleozoik je bilo vrijeme poprilične stabilnosti. Razine mora su pale sukladno sa ledenim dobom, ali su se polako obnavljale u razdobljima Silura i Devona. Sporo spajanje Baltike i Laurencije, i pomicanje dijelova Gondwane prema sjeveru stvorili su velik broj područja relativno toplih, plitkih mora. Kako se biljni svijet razvijao na kopnenim obalama, porasla je razina kisika, a razina ugljičnog dioksida se smanjila, ali ne toliko značajno. Temperaturni gradijent sjever-jug je izgleda postao umjeren, ili je metazojski život postao napredniji, ili oboje. Najudaljenije južne kontinentalne granice Antraktike i zapadne Gondwane postale su značajno manje neplodne. Devon je završio serijom "turnover pulses" koja je uništila velik dio kralježnjaka tijekom srednjeg Paleozoika, bez vidljivog smanjenja

raznolikosti vrsta. (Sahney, S., Benton, M.J. & Falcon-Lang, H.J. (2010). "Rainforest collapse triggered Pennsylvanian tetrapod diversification in Euramerica" (PDF). *Geology* 38 (12): 1079–1082)
Kasni Paleozoik je bilo vrijeme koje je ostavilo dosta neodgovorenih pitanja. Missisipian je počeo povećanjem razine atmosferskog kisika, dok je razina ugljičnog dioksida značajno pala. To je destabiliziralo klimu, i dovelo do jednog ili možda dva ledena doba tijekom Karbona, koji su bili intenzivniji od onog tijekom Kasnog Ordovicija, ali su posljedice za život bile nedosljedne. Do Cisurala su se obje razine, i kisika i ugljičnog dioksida oporavile i vratile na normalnije razine. S druge strane, nastanak Pangea stvorio je velika ardina područja u unutrašnjosti podložna temperaturnim ekstremima. Loping asocira na pad morske razine, povećanim ugljičnim dioksidom i općenitim klimatskim pogoršanjem, i vrhuncem sa uništenjem Permskog izumiranja. (Munnecke, A.; Calner, M.; Harper, D. A. T.; Servais, T. (2010). "Ordovician and Silurian sea-water chemistry, sea level, and climate: A synopsis". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 296 (3–4): 389–413)

9. KARBON

Karbon je geološko razdoblje, period koji je trajao prije 359 – 299 milijuna godina (gornji paleozoik). Bio je razdoblje glacijacija, niske razine mora i uzdizanja planina, diverzifikacije i izumiranja (manji morski i kopneni događaj izumiranja koji je zahvatio životinje i biljke (Karbonski kolaps tropskih šuma) zbio se tijekom srednjeg karbona, i uzrokovao promjenu klime).
Razdoblje karbona obilježeno je bogatstvom vegetacije. Biljke su tada imale neviđeno rasprostranjenje, raznolikost vrsta, te su imale veliku ulogu u nastanku najvećih ležišta ugljena.
Karbonski period dobio je ime po bogatim naslagama ugljena često prisutnim unutar taložnih slijedova gornjeg karbona. Uspostavljen je 1822. u Velikoj Britaniji. Zbog razlika u taložnim sljedovima donjeg i gornjeg karbona, američki su geolozi u 19.st. donji karbon nazvali Mississippian , a gornji Pennsylvanian, zbog dobre površinske rasprostranjenosti na tim područjima. 1953. je ovakva podjela i službeno priznata, no europski geolozi smatraju karbon i dalje jednim sistemom.



Slika 6. Vremenska skala "Međunarodnog povjerenstva za stratigrafiju" (www.stratigraphy.org)

Globalni pad morske razine na kraju Devona doživio je obrat u Karbonu; to je rezultiralo široko rasprostranjenim epikontinentalnim morima i karbonatnim taloženjem tijekom Mississippiana. Također je došlo do pada temperature na Južnom polu; južni dio Gondwane je bio pod ledom , ali nije sigurno da li su ledeni pokrovi preostali iz Devona ili ne. Ti uvjeti su očito imali mali utjecaj u tropima, gdje su se ugljene močvare razvile unutar 30 stupnjeva od najsjevernijeg ledenjaka. (Stanley, S.M. (1999). *Earth System History*. New York: Freeman and Company)

U srednjem Karbonu pad morske razine imao je za posljedicu morsko izumiranje, koje je posebno pogodilo krinoide i amonite. Ovaj pad morske razine i s time povezana neprilagođenost u Sjevernoj Americi odvaja Mississippian podperiod od Pennsylvanian podperioda. To se dogodilo prije 318 milijuna godina, na početku Perm-Karbon glacijacije.

Karbon je bio period aktivnog uzdizanja planina. Kako je nastajao superkontinent Pangea. Južni kontinenti ostali su povezani zajedno u superkontinent Gondwana, koja se sudarila sa Sjevernom Amerikom – Europom (Laurusija) u području današnje linije istočne Sjeverne Amerike. Ova kontinentalna kolizija rezultirala je Hercinskom orogenezom u Europi i Alegenijskom orogenezom u Sjevernoj Americi; također je došli proširenja novo uzdignutih Appalachiana u smjeru sjeverozapada u obliku Ouachita planina. U istom vremenskom periodu, veći dio današnje istočne Europske ploče pripojio se Europi uzduž linije Urala. Veći dio mezozojskog superkontinenta Pangea-e je sada bio sastavljen, iako su kontinenti Sjeverna Kina (koja će se sudariti tijekom kasnog Kambrija) i Južna Kina bili odvojeni od Laurazije. Pangea je tijekom kasnog Karbona bila u obliku slova "O". U karbonu su postojala dva velika oceana – Panthalassa i Paleo-Tethys, koji su bili unutar "O" Pangea-e. Ostali manji oceani su se smanjivali i tijekom vremena zatvarali - Rheic ocean (zatvoren spajanjem Južne i Sjeverne

Amerike), mali, plitki Ural ocean (zatvoren spajanjem kontinenata Baltike i Siberije, stvarajući Ural planine) i Proto – Tethys ocean (zatvoren spajanjem Sjeverne Kine sa Siberijom/Kazakhstanijom).
Što se tiče klime, prvi dio Karbona je bio većinom topao, dok je tijekom kasnijeg Karbona došlo do zahlađenja. Glacijacija na Gondwani je rezultat njenog pomicanja prema jugu, te se nastavila u Perm. Zbog nedostatka jasnih markera i prekida, taložine ovog glacijalnog perioda se često označavaju kao permsko-karbonske starosti. Zahlađenje i sušenje klime dovelo je do Karbonatnog kolapsa tropskih šuma. Tropske šume su se fragmentirale i tada su eventualno bile uništene promjenom klime. (Sahney, S., Benton, M.J. & Falcon-Lang, H.J. (2010). "Rainforest collapse triggered Pennsylvanian tetrapod diversification in Euramerica" (PDF). *Geology* 38 (12): 1079–1082)

10. GORNJOPALEOZOJSKE NASLAGE VELEBITA

Gornjopaleozojske naslage nalazimo na području sjevernih padina Velebita. Taložene su na sjeveroistočnom, marinskom, šelfnom rubu tadašnje Gondwane. Tekućice sa kopna donašale su siliciklastični materijal koji ih je zapunjavao. Također su postojala razdoblja slabijeg donosa terigene komponente ili privremena izoliranost tog prostora od kopna, na što upućuju mjestimični vapnenci.
Tektonski pojas gornjeg Paleozoika Velebita i Like predstavlja najpoznatiju i potpuno razvijenu površinu Paleozoika u Hrvatskoj. On pokazuje više ili manje kontinuirano taloženje iz Pennsylvaniana (Moskovij) prema kraju Perma. Postoji djelomična analogija sa Karničkim Alpama.
Depoziti Karbona zastupljeni su tamno sivim, masivnim vapnencima, ponekad lateralno zamijenjeni dolomitima i/ili sitnim aržilitnim pločama i grauvakama. Njihova starost je određena na temelju fuzulinidnih i vapnenačkih algi.
Osim mikrofosila, unutar tih sedimenata se pojavljuju puževi, trilobiti, te brojni ramenonošci.
Sedimenti gornjeg Kasimovija pokrivaju puno veće područje. Mogu se razlikovati različite vrste sedimenata s brojnim ostacima foraminifera, ramenonošcima, školjkašima i trilobitima:

1. Aržilitne ploče sa ramenonošcima, krinoidima, trilobitima, školjkašima i puževima. Lokalna nalazišta kopnene flore ukazuju na blizinu obale.
2. Fuzilinidni pješčenjaci sa fuzulinidima, krinoidima i malim ramenonošcima.
3. Vapnenci u kombinaciji s aržilnim škriljavcima sa krinoidima i ramenonošcima.
4. Kvarcni konglomerati.

Razlike u facijesu ukazuju na ritmičke oscilacije razine mora. Morski sedimenti prevladavaju nad sporadičnim uklopinama kontinentalnog podrijetla. Isti tip sedimentacije nastavlja se i u Perm. Popis određenih makrofosila Pennsylvaniana iz ovog područja je poprilično velik, te uključuje brojne školjkaše, puževe, ramenonošce, ehinoderme i biljke. (Sremac, J.; (2006): *Carboniferous of Croatia*; str. 7-8)

11. FOSILNI TRAGOVI SA PODRUČJA RIČICE

Na području Ričica (Velebit) nalazimo nekoliko tipova fosilnih tragova. U većini slučajeva se radi o kombinaciji nekoliko tipova fosilnih tragova, te će u daljnjem tekstu biti tako predstavljeni.

1. Repichnia i Pascichnia

Predstavljaju kombinaciju dva tipa ponašanja. Ovi fosilni tragovi predstavljaju površinske tragove puzanja, te tragove hranjenja na površini mekog sedimenta ili mineralne podloge.



Slika 7. Repichnia i Pascichnia
(osobni album autora)



Slika 8. Uvećan prikaz – Repichnia i Pascichnia
(osobni album autora)

2. Domichnia

Strukture stanovanja koje pokazuju položaj živog organizma koji ga je stvorio. Ovo je primjer ukopavanja životinje, što se vidi po oznakama prodiranja u unutrašnjost sedimenta. Mogu biti horizontalne ili vertikalne često cilindričnog oblika sa složenim sustavom grananja. Na slikama su vidljive jednostavne vertikalne oznake prodiranja.



Slika 9. Domichnia
(osobni albuma autora)



Slika 10. Domichnia – poprečni presjek
(osobni album autora)

12. ZAKLJUČAK

Fosilni tragovi (ihnofosili) su geološki zapisi biološke aktivnosti. Tragovi kretanja se razlikuju od tjelesnih fosila, koji su fosilizirani ostaci dijelova tijela organizama. Fosilni tragovi mogu biti otisci na podlozi, jazbine, ukopine, strugotine od bušenja (bioerozija), otisci, tragovi hranjenja, šupljine u korijenu itd. Znanost koja proučava fosilne tragove se naziva ihnologija.

U Hrvatskoj, u stijenama Velebita na području Ričice nalazimo nekoliko tipova fosilnih tragova koji starošću odgovaraju razdoblju gornjeg Karbona. Razlikujemo fosilne tragove koje možemo svrstati u skupine Repichnia**,** Pascichnia, Domichnia. Određene fosilne tragove na ovom području možemo gledati i kao kombinaciju određenih skupina (npr. Repichnia i Pascichnia).

13. SUMMARY

Trace fossils (or ichnofossils) are geological records of biological activity. Trace fossils contrast with body fossils, which are the fossilized remains of parts of organisms' bodies. Trace fossils may be impressions, burrows, borings (bioerosion), footprints, feeding marks and root cavities. The study of traces is called ichnology.

In Croatia, trace fossils in Upper Carboniferous' rocks of Velebit Mt. (Ričice) can be found in several types. They can be divided in to Repichnia**,** Pascichnia, Domichnia groups. Some can be identified as a combination of two groups (for example Repichnia and Pascichnia).

LITERATURA

Bromley, Richard G.; (1996): Trace Fossils: Biology, taphonomy and applications

Dzik, J (2007), "The Verdun Syndrome: simultaneous origin of protective armour and infaunal shelters at the Precambrian–Cambrian transition", in Vickers-Rich, Patricia; Komarower, Patricia, *The Rise and Fall of the Ediacaran Biota*, Special publications, 286, London: Geological Society, pp. 405–414

Martin, M.W.; Grazhdankin, D.V.; Bowring, S.A.; Evans, D.A.D.; Fedonkin, M.A.; Kirschvink, J.L. (2000-05-05). "Age of Neoproterozoic Bilatarian Body and Trace Fossils, White Sea, Russia: Implications for Metazoan Evolution" (abstract). *Science* 288 (5467): 841p

Ivantsov, A.Yu (2008). "Feeding traces of the Ediacaran animals"; HPF-17 Trace fossils ichnological concepts and methods. International Geological Congress - Oslo 2008

Munnecke, A.; Calner, M.; Harper, D. A. T.; Servais, T. (2010). "Ordovician and Silurian sea-water chemistry, sea level, and climate: A synopsis". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 296 (3–4): 389–413

Saether, Kristian; Christopher Clowes. "Trace Fossils" Retrieved 2009-06-19

Sahney, S., Benton, M.J. & Falcon-Lang, H.J. (2010). "Rainforest collapse triggered Pennsylvanian tetrapod diversification in Euramerica" (PDF). *Geology* 38 (12): 1079–1082

Sahney, S. and Benton, M.J. (2008). "Recovery from the most profound mass extinction of all time" (PDF). *Proceedings of the Royal Society: Biological* 275 (1636): 759–765

Seilacher, A. (1967). "Bathymetry of trace fossils". *Marine Geology* **5** (5–6): 413–428

Sremac, J.; (2006): *Carboniferous of Croatia*; str. 7-8

Stanley, S.M. (1999). *Earth System History*. New York: Freeman and Company

LITERATURA – DODATAK (Porijeklo slika – izvori)

Slike 1., 2., 3., 4., 5. www.es.ucl.ac.uk
Slika 6. www.stratigraphy.org
Slike 7., 8., 9., 10. osobni album autora