

Analiza digitalnog modela sauropodnih otisaka stopala s nalazišta Solaris (Istra).

Šarić, Josipa

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:217:293737>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-08**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Josipa Šarić

**ANALIZA DIGITALNOG MODELA SAUROPODNIH
OTISAKA STOPALA S NALAZIŠTA SOLARIS (ISTRA)**

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

Zagreb, 2017.

Zahvala

Zahvaljujem se mentoru Borni Lužar-Oberiteru na pomoći oko Diplomskog rada, upoznavanju s novim tehnologijama, silnom strpljenju te sugestijama tijekom analize i pisanja rada.

Zahvaljujem se svom neposrednom voditelju Aleksandru Mezgi na pomoći, savjetima, sugestijama i literaturi koji su mi bili od velike pomoći.

Zahvaljujem se Geološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu na ustupljenim prostorijama i tehničkoj podršci tijekom izrade rada te svima koji su mi pomogli tijekom studija.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno- matematički fakultet

Geološki odsjek

Diplomski rad

ANALIZA DIGITALNOG MODELA SAUROPODNIH OTISAKA STOPALA S NALAZIŠTA SOLARIS (ISTRA)

JOSIPA ŠARIĆ

Horvatovac 102 a, 10000 Zagreb, Hrvatska

Snimke nalazišta Solaris u Istri nastale fotogrametrijom i terestričkim laserskim snimanjem bile su podloga za analizu sauropodnih otisaka i izradu nove ihnologije karte. Ichnologija kao kompleksna znanost iziskuje detaljno proučavanje osobina otkrivenih tragova. Sauropodni otisci s ovog nalazišta datiraju iz razdoblja gornjeg alba i izmjerene su im vrijednosti dubine, širine i duljine na temelju geodetskog modela te je naglasak bio na dubini. Analiza se sastojala od pridodavanja izmjerenih vrijednosti pojedinom tragu te otkrivanja novih. Novi tragovi su tijekom terenskog istraživanja nevidljivi golim okom zbog izrazito malih dubina. Dijelovi terena na kojima nema otisaka bili su izloženi nepovoljnim uvjetima u okolišu prilikom prolaska sauropoda tim područjem. Dobro sačuvani otisci su rezultat muljevite podloge i povoljnih klimatskih čimbenika tijekom i nakon njihova nastanka. Najznačajnija opisana sauropodna vrsta s tog nalazišta je *Titanosaurimanus nana*.

(65 stranica, 30 slika, 33 literaturna navoda, jezik izvorni: Hrvatski)

Ključne riječi: nalazište Solaris, fotogrametrija, lasersko snimanje, sauropodi, ichnologija, gornji alb, dubina, *Titanosaurimanus nana*

Rad je pohranjen u Središnjoj geološkoj knjižnici.

Mentor: dr. sc. Borna Lužar-Oberiter, v. pred.

Ocjenjivači: dr. sc. Borna Lužar-Oberiter, v. pred.
dr.sc. Aleksandar Mezga, izv. prof.
mr.sc. Dražen Kurtanjek, v. pred.

Rad prihvaćen: 10.11. 2017.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Geology

Graduation Thesis

DIGITAL MODEL ANALYSIS OF SAUROPOD FOOTPRINTS FROM THE SOLARIS TRACK SITE (ISTRIA)

JOSIPA ŠARIĆ

Horvatovac 102 a, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Digital data of the Solaris track site in Istria have been acquired using photogrammetry and terrestrial lasers scanning and are used as a basis for analysis of Sauropod tracks and deriving new ichnological map. Ichnology as a complex science requires detailed analysis of discovered tracks. Sauropod tracks from this track site are Late Albian in age. Depth, width and length measurements were performed on a digital model, as well as discovery of new tracks. Measured values were assigned to each track. New tracks are invisible on the track site because of their low depth. Parts of the outcrop without tracks were exposed to unfavorable environmental conditions during the time Sauropods were passing through the area. Very well preserved tracks are the result of muddy ground and advantageous climate factors during and after their creation. The most significant Sauropod species from Solaris is *Titanosaurimanus nana*.

(65 pages, 30 figures, 33 references, original: in Croatian)

Key words: track site Solaris, photogrammetry, laser scanning, Sauropods, Ichnology, late Albian, depth, *Titanosaurimanus nana*

Thesis deposited in Central Geological Library

Supervisor: Borna Lužar-Oberiter PhD, sen. lecturer

Reviewers: Borna Lužar-Oberiter PhD, sen. lecturer
Aleksandar Mezga PhD, assoc. prof.
Dražen Kurtanjek MSc, sen. lecturer

Thesis accepted: 10.11.2017.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. CILJEVI ISTRAŽIVANJA	3
2. ISTRAŽIVANJA TRAGOVA DINOSAURA	4
2.1. IHNOLOGIJA.....	4
2.2. IHNOTRAGOVI I NJIHOV NASTANAK.....	6
2.3. SAUROPODI	7
2.4. DIGITALNE METODE ISTRAŽIVANJA.....	9
3. PALEOGEOGRAFIJA ISTRE	11
3.1. NALAZIŠTA SAUROPODA.....	12
4. MATERIJALI I METODE	15
4.1. ISTRAŽIVANI LOKALITET.....	15
4.2. OPIS GEODETSKIH METODA.....	17
4.3. TERENSKA IZMJERA.....	19
4.4. OBRADA PODATAKA	21
4.4.1. PROGRAMSKA PODRŠKA	23
5. REZULTATI	25
5.1. KARTE TRAGOVA	25
5.2. MJERE TRAGOVA	25
5.3. ANALIZA IZDVOJENIH TRAGOVA	28
6. RASPRAVA	44
6.1. OPISANE VRSTE	47
7. ZAKLJUČAK	50
8. LITERATURA	51

1. UVOD

Razvoj tehnologije i napredak znanosti doveli su do potrebe da geologija teži za usvajanjem novih metoda. Prvi ključni korak je suradnja i korelacija s drugim tipovima znanosti. Konkretni primjer gdje je na temelju takve suradnje nastalo izuzetno zanimljivo istraživanje bit će prikazan u ovom radu, a riječ je o geodetskim rezultatima. Geodetska struka već duže vrijeme ima pristup najmodernijim načinima snimanja i analiziranja terena i tako podiže istraživanje na viši nivo. Paleontološka istraživanja potpomognuta upotrebom metoda koje su primarno geodetske, a to su fotogrametrija i terestričko lasersko skeniranje, omogućavaju veću brzinu i točnost prilikom same obrade nalazišta.

Paleontologija je grana geologije koja je u povijesti svoja istraživanja temeljila isključivo na subjektivnim opažanjima i mjerenjima na terenu koja su za to vrijeme bila jedino dostupna. U današnje vrijeme se novim metodama dobiva sasvim novi pristup podacima s terena koji su u konačnici u digitalnom obliku dostupni široj publici. Paleontološki postupci kojima su prikupljeni podaci za istraživanje uglavnom su temeljeni na subjektivnim procjenama, izmjerama i metodama te se može slobodno reći kako nisu uvijek od velike koristi za neke druge znanstvenike. Neupotrebljivost nekadašnjih podataka je rezultat izostanka široko primjenjivih metoda koje su s vremenom otkrivene i dovedene na zavidnu razinu.

Ihnologija kao jedna od novijih i relativno slabo istraženih paleontoloških disciplina nameće potrebu za pronalaskom načina istraživanja takve vrste podataka. Ihnologija proučava ihnotragove (Ćosović, 2015) odnosno aktivnost uginulih organizama te se u samoj srži vidi njena posebnost i nemogućnost upotrebe isključivo klasičnih metoda. Svrha interpretacije ihnoloških podataka je saznanje o rasprostranjenosti i ponašanju organizama koji su stvorili ihnofosile (Ćosović, 2015). Kod ihnologije i ihnofosila iznimno je važno dobiti uvid u prostornu rasprostranjenost, geometriju kao i dimenzije tragova te se udruživanjem geologa s kolegama geodetima stvaraju iznimno zanimljivi radovi jer bez njihove stručnosti bi možda i dalje ostali na zastarjelim i manje preciznim metodama.

Geodezija je znanost koja se bavi izmjerom i kartiranjem zemljine površine te promatranjem njenog gravitacijskog polja i geodinamičkih pojava (Barković, 2007). Stručnjaci koji se bave geodezijom nazivaju se geodetima. Podaci se prikazuju u obliku planova i u obliku karata. Čini ju pet grana od kojih je za paleontološka istraživanja najbitnija „Fotogrametrija i daljinska istraživanja“. Oblici prikupljanja podataka mogu biti neposredni i

posredni, a mjerenje snimaka spada u posredne metode (Barković, 2007). Pri obradi podataka služe se računalima, a obrađeni podaci dalje postaju dijelovi raznih informacijskih sustava . Na temelju kratkog opisa geodezije možemo shvatiti kako je i ona kao i geologija jedna kompleksna znanost koja obuhvaća različita područja te se na temelju toga može primjenjivati u razne svrhe.

Dinosauri su organizmi koji spadaju u grupu gmazova (McIntosh i dr., 1999). Živjeli su tijekom jure i krede te su bili najveći organizmi tih razdoblja. Izumrli su tijekom velikog izumiranja krajem krede, zajedno s brojnim drugim organizmima. Pripadali su isključivo kopnenim životinjama iako ih velika većina pogrešno smatra i vodenim organizmima. Podijeljeni su u dvije skupine; bipedalne i kvadripedalne, odnosno mesojedne i biljojedne (Dalla Vecchia i dr., 2000). Mesojedni ili bipedalni dinosauri nazivaju se teropodima i specifični su zbog izgleda svojih stopala koja sadrže po tri prsta. Bili su manjih dimenzija od druge skupine, ali i dalje zavidnih veličina. Najčešće kretanje bilo je hodanje s obzirom da trčanje zahtjeva više energije. Predmet istraživanja ovog rada su otisci druge biljojedne skupine dinosaura koja se naziva sauropodima. Nešto su većih dimenzija od teropoda i imaju specifičan dugi vrat kao prilagodbu na tip hranjenja (McIntosh i dr., 1999). Kao što je poznato iz literature, hranili su se uglavnom lišćem i nemaju razvijen žvačni aparat već u probavnom traktu imaju gastrolite (Chin, 1999). Biljojedni organizmi sadrže gastrolite koji im služe kao pomoć u razgradnji hrane.

Geološka istraživanja se u povijesnim okvirima, a i danas smatraju izrazito subjektivnim. Takav podatak je može se reći djelomično točan ako je poznato da terensko istraživanje ovisi o samom znanstveniku i njegovu učenju. Teško se oteti dojmu da veliki broj znanstvenika i zaljubljenika u geologiju želi ponoviti analizu, otići na teren i shvatiti sam postupak nastanka podataka, a to je nemoguće bez podataka koji su podvrgnuti objektivnosti. Nesuglasice koje proizlaze iz takvih spoznaja dovele su do potrebe pronalaska novih metoda koje bi omogućile univerzalna mjerila i izračune. Predmet ovog istraživanja su otisci stopala sauropodnih dinosaura s nalazišta Solaris u Istri čija se starost procjenjuje kao gornji alb. Metode analize se temelje na digitalnim prostornim podacima prikupljenim kombinacijom fotogrametrije i laserskog skeniranja. Podaci koji su korišteni datiraju iz 2014. godine i nastali su udruženim snagama geološke i geodetske struke. Istražuju se dubine ranije identificiranih otisaka stopala sauropoda kao i novih dosad neotkrivenih. Kao cilj je postavljena izrada nove ihnološke karte na temelju geodetskih snimaka. Izrada nove ihnološke karte omogućila bi uvid u otiske stopala koji prilikom terenskog istraživanja nisu vidljivi zbog različitih čimbenika kao što su

erozija osvjetljenje i brojni drugi. Pretpostavka od koje polazim prilikom izrade ovog rada je da terestričke laserske snimke i zapisi blizupredmetne fotogrametrije sadrže podatke o do sada neotkrivenim otiscima stopala sauropodnih dinosaura. Nova ihnološka karta trebala bi sadržavati nove i stare otiske stopala i biti primjenjiva prilikom budućih analiza.

Ovim radom želim dokazati kako korelacijom klasičnih metoda terenske izmjere s modernim tehnikama možemo dobiti cjelovitu sliku nalazišta i detaljniju ihnološku kartu.

1.1. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Ihnotragovi su otisci koji nastaju aktivnošću organizama i ovise ponajprije o tipu podloge na kojoj nastaju i o klimatskim uvjetima. Istraživanje ihnotragova, u ovom slučaju otisaka stopala, odnosilo se na sauropodne dinosaure. Mjerenjem dužine i širine željela sam odrediti veličinu jedinke zaslužne za nastanak otiska. Dubinu sam ispitala kako bih utvrdila ovisi li taj parametar isključivo o veličini jedinke ili su za takve rezultate zaslužni i drugi čimbenici. Cilj analize digitalnog modela nastalog fotogrametrijom i terestričkim laserskim snimanjem bio je otkriti nove tragove. Također sam željela objediniti nove i stare tragove i izraditi novu ihnološku kartu.

2. ISTRAŽIVANJA TRAGOVA DINOSAURA

2.1. IHNLOGIJA

Ihnologija je znanost o ihnofosilima. Obuhvaća prepoznavanje životne aktivnosti koja je ostavila trag i traganje za mogućim „počiniteljem“ (Ćosović, 2015). Ne može se striktno odvojiti od geologije, nego ju se smatra jednom od područja istraživanja geoloških stručnjaka. Velik broj nedovoljno upoznatih ljudi razdvaja pojmove ihnologija i paleontologija, ali oni su povezani jer paleontologija uključuje sve spoznaje o organizmima i njihovim tragovima u prošlosti te samim tim vidljivo je da je ihnologija zapravo podgrana paleontologije. Ihnologija se dijeli na dvije vrste; paleoihnologiju, za koju se većina znanstvenika opredijeli, i neoihnologiju. Neoihnologija služi za usporedbu s paleoihnologijom ako postoje recentne vrste, a ako ne postoje onda se paleoihnološki tragovi interpretiraju na osnovu prijašnjih saznanja i pretpostavki. Rekonstrukciju okoliša teško je vjerno prikazati, ali tragovi hranjenja, hodanja, ponašanja, stanovanja u tome pomažu. Iako je nedovoljno ispitano područje, ihnologija se sve više i više razvija upotrebom novih tehnologija. Nove tehnologije omogućuju detaljniju analizu i mjerenja nalazišta koja su oku nevidljiva, znači mogu se nalaziti i pod površinom što je čest slučaj kod ihnotragova. Biogene strukture dijele se na biostratifikacijske, bioturbacijske i biodepozicijske, a sve te tri mogu se svrstati u biogene sedimentacijske strukture. Takve strukture su definirane kako bi se jasno odijelile strukture koje su napravljene djelovanjem uginulih organizama i njihovim transportom. Kod kralježnjaka pojedinačni otisci (Slika 1.) otkrivaju oslanja li se organizam na cijelo stopalo ili samo na prste, oblik stopala i broj prstiju te veličinu organizma (Ćosović, 2015). Ihnologija je mnogo zanimljivija od analize kostiju ako se želi interpretirati ponašanje, dinamika i druge osobine organizama. Na temelju kostiju može se pretpostaviti samo veličinu te pronalaskom više kostiju različitih jedinki ne može se reći da su bile dijelom jednog krda jer je moguće da su tu dospjele transportom, ljudskom aktivnošću ili drugim djelovanjima. Tijekom povijesti mogu biti i isprane pa su teško prepoznatljive (Lockley i Meyer, 2000). Čak se ne može tvrditi ni da je jedinka uginula na mjestu gdje su kosti pronađene dok se za ihnotragove može sa sigurnošću reći da su organizmi bili aktivni na tom mjestu jer se oni ne mogu prenositi.



Slika 1. Otisak sauropoda preuzeto s
<http://paleo.cc/paluxy/photogal.htm>



Slika 2. Skica ihnološke karte
(preuzeto iz Dalla Vecchia i dr., 2000)

2.2. IHNOTRAGOVI I NJIHOV NASTANAK

Tragovi otisaka stopala dinosaura s nalazišta Solaris mogu se okarakterizirati kao ihnotragovi jer su nastali prilikom životne aktivnosti odnosno kretanja organizama. Ovi ihnotragovi mogu se podijeliti u dvije cjeline, one koje su ostavili troprsti mesojedni dinosauri te one koje su ostavili biljojedni dinosauri s pet prstiju. Troprsti otisci mogu se pripisati teropodnim dinosaurima jer su njihovi oblici lako prepoznatljivi, dok se prilikom determiniranja sauropodnih otisaka pojavljivala nedoumica zbog različitih formi u kojima dolaze, a koje su slične nekim drugim organizmima. Pretpostavke da takvi polumjesečasti, ovalni otisci pripadaju ceratopsinama ili ankilosaurima su odbačene zbog rijetkog pronalaska njihovih fosilnih tragova i cjelokupne morfologije koja ukazuje da su to manualni i pedalni otisci sauropoda (Dalla Vecchia i dr., 2000). Primarna osobina koja se promatra prilikom analize otisaka je broj prstiju iz kojeg se sazna tip ishrane životinje, a zatim se na temelju izgleda može otisak opisati kao prednji ili stražnji (McIntosh i dr., 1999). Postoji više teorija o nastanku tragova, ali nijedna nije sa sigurnošću utvrđena te se može slobodno reći kako su to samo pretpostavke. Za nastajanje samih otisaka tragova potrebni su određeni uvjeti u okolišu u tom trenutku, ali i uvjeti koji su kasnije prisutni su zaslužni za njihovu očuvanost. Proces nastanka i očuvanja je složen događaj koji uključuje prije svega vlažno tlo po kojem se životinja kreće (Dalla Vecchia i dr., 2000). Nakon što je životinja prošla kroz vlažno tlo, ono mora biti izloženo postupku isušivanja djelovanjem sunca, vjetra ili suhog zraka. Vlažno tlo nakon isušivanja je otvrdnulo te je ponovno izloženo erozijskom djelovanju sljedećih morskih mijena i struja donoseći sa sobom novi materijal koji će se istaložiti u sljedećem sloju i prekriti i sačuvati otisak. Otisci stopala nastajali su uglavnom u vrijeme oseke dok se sloj nalazio na suhom, izložen meteorskim uvjetima (Mezga, 2007). Dinosauri su se za vrijeme oseke mogli nesmetano kretati duž muljnih ravnica i pri tom ostavljati tragove. Milijuni godina i procesi litifikacije te ponovne erozije i tektonske sile zaslužni su za njihovo pojavljivanje na površini. Sedimentološki gledano, stijene koje su u osnovi takvih nalazišta su najčešće karbonatnog sastava i dobro su uslojene, a taložene su u plitkomorskim okolišima karbonatnih platformi (Mezga i dr., 2006). Obuhvaćaju područja u rasponima od subtajdala do intertajdala. Prilikom istraživanja nalazišta Solaris, znanstvenici su naišli i na područja koja su necementirana i debelo uslojena te takva područja oskudijevaju nalazištem otisaka. Kanali koji presijecaju zapadnu polovicu terena prema Dalla Vecchiinim istraživanjima ukazuju na paleopadinu i iz toga je donešen zaključak o kretanju vode u smjeru od istoka ka zapadu.

Prisutni su i riplovi čiji je smjer JZ- SI te oni upućuju na vlažan i muljevit paleookoliš prisutan u vrijeme nastanka otisaka (Dalla Vecchia i dr., 2000). Osim teorije koja govori o prolasku životinje kroz vlažno tlo i naglom otvrdnjavanju, postoji i teorija koja uključuje naviranje vode. Naviranjem vode na podlogu nanosi se sediment čijim se taloženjem stvara zaštitni sloj i na taj način se tragovi sačuvaju.

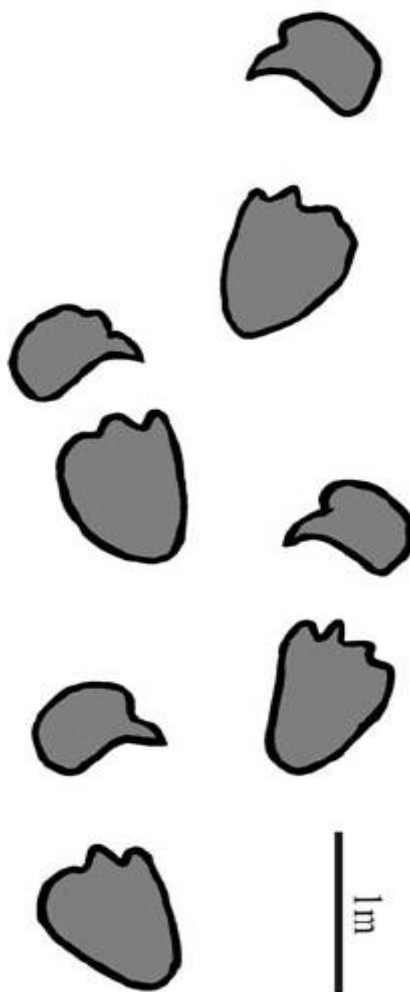
Druga teorija ide u prilog plitkim tragovima jer se teže sačuvaju duboki tragovi kojima je potrebna veća količina sedimenta da ispuni nastali otisak.

Neki od dijelova nalazišta prekriveni su vegetacijom te su klasične metode neadekvatne za analizu tragova na tim predjelima. Metode koje se koriste prilikom novijih istraživanja daju uvid i u te nedostupne dijelove.

2.3. SAUROPODI

Sauropodi su skupina koja se pojavila u srednjoj juri, a prvi put su otkriveni na području Engleske gdje su i opisani. Pripadaju gmazovima, a klasificirani su kao kvadripedalni organizmi čija je dužina tijela odrasle jedinke od 7 do čak 40 metara. Dugih vratova, kostiju, sa po pet prstiju na rukama i nogama, takve osobine ih čine jednim od najvećih ikada živućih kopnenih organizama. Kao što je otprije poznato, dinosauri su isključivo kopneni organizmi. Jedna od podjela sauropoda temeljena je na veličini lubanje te su prema tome podijeljeni na velike sa debelim zubima žličastog oblika i male, lakše, sa zubima nalik klinu. Od iznimne važnosti prilikom definiranja različitih rodova je svakako ukupan broj vratnih kralježaka. Oblik zubiju je čvrst i nepobitan dokaz da nisu bili mesojedi (McIntosh i dr., 1999). Hrane sa samo i isključivo biljkama te zbog takvog načina ishrane nemaju dobro razvijen žvačni aparat, nego se pretpostavlja da za probavljanje lišća i bilja koriste gastrolite smještene unutar trbušne šupljine. Gastroliti su kamenje koje su gutali u svrhu bolje probave hrane (Wedel, 2007). Što se tiče otisaka stopala koji se pronalaze, razlikuju se prednji i stražnji. Prednji otisci stopala su najčešće potkovastog ili polukružnog oblika, dok su otisci stražnjih stopala ovalni ili kružni. Manualni odnosno prednji otisci sastavljeni su od dvaju dijelova od kojih jedan sačinjava okrugli ili polumjesečasti oblik, a drugi dio su prsti s kandžama (Slika 3.). Imaju pet prstiju čija je brojnost veća od one poznate kod teropodnih vrsta, ali možemo pretpostaviti da je to

bio jedan od mehanizama prilagodbe na pokretanje velike težine (McIntosh i dr., 1999). Ako su dobro sačuvani, sauropodni otisci dolaze u dvije forme; prednji kao konjska potkova ili polumjesečasta i stražnji kao ovalna (Dalla Vecchia i dr., 2000). Razlika u veličini i obliku prednjeg i stražnjeg otiska leži u različitoj anatomiji njihovih prednjih i stražnjih stopala (Mezga i dr., 2006). Rubovi nekih otisaka su dobro sačuvani, a kod nekih se jedva primjete. Ako je rub bolje sačuvan, veća je vjerojatnost da će vrijednosti izmjenjenog otiska biti precizne. Na temelju formula znanstvenika Alexandera izračunavaju se visine kukovlja i brzine kretanja sauropoda. Za brzine kretanja određeni su neki prosjeci i prema tome je način pokretanja opisan kao brzi, spori, kas ili trčanje. Predviđena brzina kretanja sauropoda je 3,45-3,67 km/h i svako odstupanje čija je vrijednost manja smatra se sporijim (McIntosh i dr., 1999).



Slika 3. Oblik prednjeg i stražnjeg sauropodnog otiska preuzeto s https://www.researchgate.net/figure/237689054_fig5_Fig-8-Tracing-of-part-of-a-sauropod-trackway-from-the-Middle-Jurassic-Galinha-tracksite

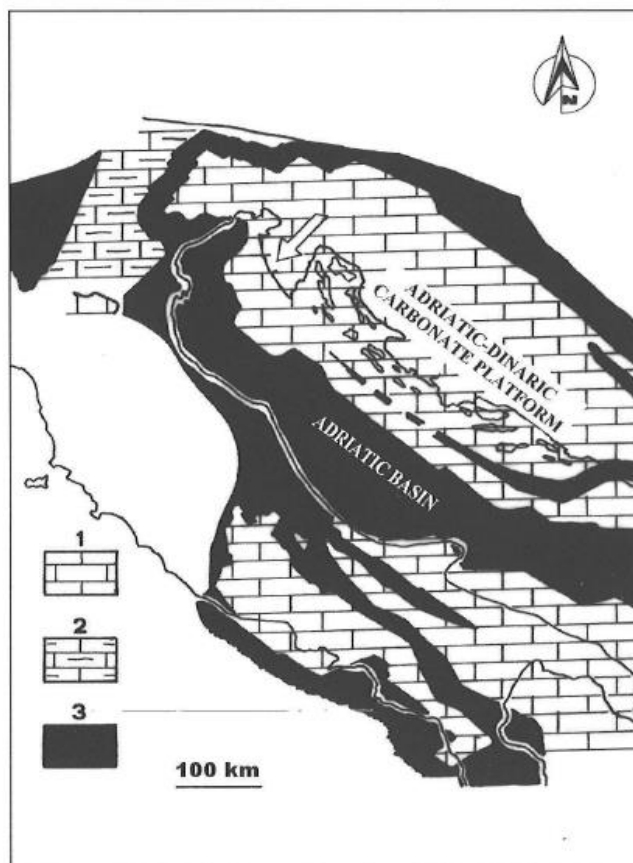
2.4. DIGITALNE METODE ISTRAŽIVANJA

Tehnološki napredak i porast dostupnosti terestričkih laserskih skenera ujedno i napredak u fotogrametriji potaknuli su korištenje geodetskih tehnika prilikom geoloških istraživanja (Bellian i dr., 2005; Pringle i dr., 2006; Buckley i dr., 2008; Westoby i dr., 2012; Rarity i dr., 2014; Tavani i dr., 2014). Termin *virtualni izdanak* postao je zajednički u literaturi kao rezultat korištenja geodetskih tehnika (Xu i dr., 2000). Takve činjenice ukazuju da je

integracijom različitih digitalnih podataka, nastalih upotrebom tehnike, stvoren detaljni digitalni prikaz stvarnog geološkog izdanka. Tradicionalne geološke metode nisu zanemarene uporabom modernijih, nego su podaci nastali na taj način kombinirani s georeferenciranim 3D okolišom. Primjeri gdje je takva metodologija uspješno primijenjena u geološkim istraživanjima su brojni, od strukturalnih istraživanja (npr. Franceschi i dr., 2015), ispitivanja sedimentnog sastava (npr. Pringle i dr., 2010), rezervoarskih stijena (npr. Amour i dr., 2012) do procjena erozije (npr. Lim i dr., 2005) te mnogi drugi. Također, uporaba CT-a i mikro-CT skenera koristi se prilikom 3D rekonstrukcija, a ponajprije prilikom analize mikrofosila sa mikrometarskom preciznošću (Speijer i dr., 2008). Za analize vertebrata te rekonstrukciju njihova skeleta koriste se lasersko skeniranje i fotogrametrija. Prilikom istraživanja otisaka u prošlosti testirane su obje metode. Ichnološka istraživanja su u suštini temeljena na interpretacijama i mjerenjima na izdanku te takve klasične metode imaju neke nedostatke koji su smanjeni razvojem novih tehnologija. Karta otisaka se najčešće izrađuje na terenu konstrukcijom mreže kvadrata određenih mjera te takav postupak može dovesti do odstupanja zbog primjene mjerila koja nisu univerzalna. Primjenom 3D tehnika samo istraživanje dovedeno je na jedan viši nivo gdje se podaci mogu detaljno obrađivati u laboratorijima. Na podacima se mogu vršiti različita mjerenja, u softveru se mogu prilagođavati boje, sjenčanje i brojne druge karakteristike u svrhu dobivanja najbolje karte istraživanog područja (Oberiter i dr., 2017). U budućnosti, takav način istraživanja će spriječiti gubitak podataka s nalazišta koja su izložena erozijskom djelovanju ili pod morskom površinom što je veliki napredak naspram pisanih spisa i karata bez zapisa koja se mogu naknadno istraživati. Digitalne metode zasigurno su našle primjenu u novijim geološkim istraživanjima iako su još uvijek cjenovno skuplje od klasičnih, što neki ističu kao nedostatak. Znajući da podaci dobiveni na taj način se mogu istraživati godinama nakon njihova nastanka vidljivo je da cijena ne smije biti jedino mjerilo za sveopću upotrebu.

3. PALEOGEOGRAFIJA ISTRE

Istra je smještena na rubnom dijelu Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme unutar prostora Vanjskih Dinarida (Slika 4.). Tijekom krede su se na području nekadašnjeg oceana Tethysa odvijali subdukcijski procesi koji su imali utjecaja na područje Unutrašnjih Dinarida i dolazilo je do snažnih tektonskih procesa. Takvi događaji uzrokuju formiranje dubokovodnih jaraka, a na koncu krede i čitav taj prostor bio je emergiran s dubokovodnim uvjetima. Prijelaz jure u kredu obilježilo je globalno sniženje morske razine te s njim i evaporizacija, a nakon toga ponovan rast morske razine. Tijekom razdoblja alba, kada je ovo nalazište formirano, došlo je prvo do emerzije, a nakon toga je uslijedila transgresija. Razdoblje alba karakteristično je po peritajdalnim okolišima s taloženjem plitkomorskih vapnenaca (Bucković, 2006). Jadransko-Dinarska karbonatna platforma tijekom mezozoika predstavljala je paleogeografsku jedinicu čiji se preostali dijelovi nalaze na području sjeveroistočne Italije, Slovenije, Hrvatske, zapadne Bosne te zapadne Crne Gore i imala je smjer pružanja SZ-JI, a sa zapadne, sjeverne i istočne strane bila je okružena dubokim morskim bazenima (Dalla Vecchia i dr., 2000). Istra je uglavnom izgrađena od plitkomorskih karbonata sa stratigrafskim rasponom od srednje jure do eocena (Velić i dr., 1995). slijed naslaga u Istri može se podijeliti na pet sedimentoloških jedinica ili megasekvenci s važnim diskontinuitetima (Tišljarić i dr., 1998; Vlahović i dr., 2005). Te megasekvence su: baton-kimeridž, gornji titon-donji ili gornji apt, gornji alb-donji santon, eocen i kvartar. Megasekvence koje započinju u gornjem titonu se talože u subtajdalnom, intertajdalnom i supratajdalnom okolišu (Tišljarić i dr., 1998).



Slika 4. Paleogeografska rekonstrukcija Jadransko-Dinaridske platforme tijekom razdoblja alba

(preuzeto iz Dalla Vecchia i dr., 2000)

3.1. NALAZIŠTA SAUROPODA

Istra pripada sjeverozapadnom dijelu Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme (Mezga i dr., 2007). Uglavnom je formirana od karbonatnih sedimenata stratigrafskog raspona od srednje jure do eocena (Velić i dr., 1995). Bogatstvo ihnofosila može se pripisati sedimentu pogodnom za njihov nastanak kao i klimatskim uvjetima koji su omogućili njihovo sačuvanje. Poznata su brojna nalazišta dinosaura i to obiju skupina, ali ovdje je naglasak stavljen na sauropodna. Sauropodi su kao što je poznato iz literature bili uglavnom veliki i hranili su se biljkama (McIntosh, 1999), a ostavljali su tragove nalik polumjesecu ili ovalne. Osim

nalazišta Solaris koje je bilo predmetom ovog rada, otkrivena su nalazišta na području otoka Brijuna, otoka Fenolige, Ladinog Gaja pokraj Umaga, Kirmenjaka te uvale Karigador (Slika 5.). Najnovijim nalazištem se smatra ono koje je otkriveno na području otoka Hvara u uvali Žukova. Sva do sada opisana nalazišta pripadaju krednim naslagama. Kirmenjak je jedino nalazište čiji otisci datiraju iz jure i to razdoblja titona te time pripadaju najstarijim pronađenim na Jadransko-Dinaridskoj platformi (Mezga i dr., 2007). Na području Kirmenjaka pronađene su 23 staze čiji otisci pripadaju sauropodnim dinosaurima zbog specifičnih polumjesečastih i okruglih formi. Zbog brojnih otisaka za koje se smatra da su nastali u gotovo jednakom vremenskom periodu teško je interpretirati ih zasebno. Unatoč tome, izvršena su mjerenja na temelju kojih je izračunato da se veličine sauropoda s tog područja kreću u rasponu od 7,5 do 13,5 metara (Mezga i dr., 2007). Nalazište Karigador koje je smješteno u istoimenoj luci na sjeverozapadnom dijelu Istre datira iz razdoblja cenomana (Mezga i dr., 2006). Pronađeni otisci podijeljeni su u dvije skupine, polumjesečaste koji su opisani kao prednji te ovalne koji su opisani kao stražnji otisci. Otisci s područja otoka Brijuna datiraju iz razdoblja alba i nešto su veći. Otok Fenoliga i rt Kamenjak bili su dom sauropodima u razdoblju cenomana. Dužina sauropoda s tog područja je od 12 do 16 metara (Mezga, 2007). Sauropodi su se u uvali Žukova na otoku Hvaru kretali tijekom mlađe krede i bili su duljina od 20 do 35 metara. Osim nalazišta tragova, prisutno je i nalazište u uvali Kolone gdje su pod morem pronađene kosti sauropoda starosti otriv-barem (Mezga, 2007).



Slika 5. Nalazišta dinosaura na području Hrvatske. 1. Kirmenjak; 2. Gustinja; 3. Kolone; 4. Pogledalo; 5. Ploče; 6. Plješivac; 7. Zlatne Stijene; 8. Puntizela; 9. Solaris; 10. Lanterna; 11. Lovrečica; 12. Ladin Gaj; 13. Karigador; 14. Grakalovac; 15. Fenoliga; 16. Žukova

(preuzeto iz Mezga, 2007)

4. MATERIJALI I METODE

Korištene metode prilikom izrade ovog rada mogu se podijeliti u dvije skupine: geodetske i geološke. Geološke metode su nešto jednostavnije i uključuju izmjeru te kasniju obradu i analizu podataka u GIS softveru, dok geodetske metode obuhvaćaju dvije tehnike snimanja i obrade podataka; fotogrametriju i terestričko lasersko skeniranje. Iako su geodetske snimke izrađene 2014. i opisane u radovima Radun (2016) i Lužar-Oberiter i dr. (2017), navedene su kao osnova za analize koje su se vršile prilikom izrade ovog rada.

Za potrebe izračunavanja visine kukovlja i brzine kretanja korištene su formule detaljno opisane u radu Dalla Vecchia i dr. (2000). koje je on preuzeo iz Alexander (1976). Brzina kretanja određena je formulom $V = 0,25 \times g^{0,5} \times SL^{1,67} \times h^{-1,17}$ gdje je SL duljina dvokoraka, h je visina kukovlja jedinke, g je konstanta, a visina kukovlja se izračunava iz formule $h = 4Lp$ gdje Lp oznaka za duljinu otiska (Alexander, 1976; Dalla Vecchia i dr., 2000).

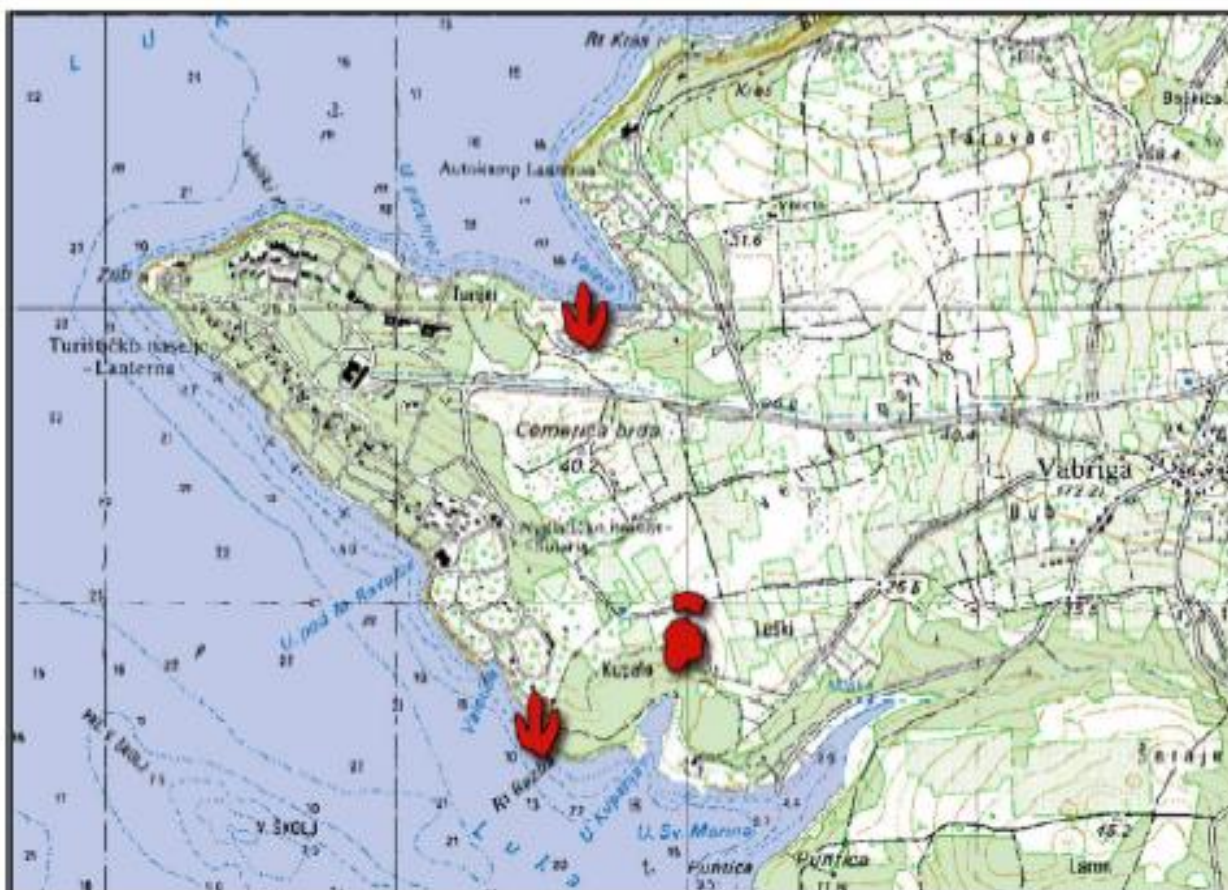
4.1. ISTRAŽIVANI LOKALITET

Paleontološko nalazište Solaris smješteno je unutar nudističkog kampa u Istri, sjeverno od Poreča (Slika 6.). Nalazište je nekada predstavljalo dio kamenoloma (Mezga, 2007) . Brojni nalazi otisaka stopala dinosaura pronađeni su na dvama izdancima od kojih je jedan smješten na obali i označen je kao Solaris I, a drugi je spomenuti izdanak u literaturi nazivan Solaris II. Samo nalazište otkriveno je 90-ih godina 20. stoljeća, ali detaljna analiza i podaci mogu se pronaći tek u radu iz 2000. čiji je autor Talijan Dalla Vecchia. Slojna ploha koja sadrži otiske pokriva približno 430 kvadratnih metara na nadmorskoj visini od oko 7 metara. Otkriveno je više od 500 otisaka stopala, od kojih je oko sto grupirano u 32 staze (Dalla Vecchia i dr., 2000). Većinu tih staza čine otisci teropodnih dinosaura. Staze i otisci često se nalaze jedni iznad drugih te se smatra da su se organizmi kretali u različitim vremenskim intervalima. Pretpostavka je da oba izdanka pripadaju jednoj slojnoj plohi (Tunis i Venturini, 2000). Slojna ploha sadrži brojne fosilne zajednice *Nezzazatinella picardi*, *Cuneolina pavonia* i *Neoiraqia insolita* koje ukazuju na razdoblje gornjeg alba (Lužar-Oberiter i dr., 2017). Otisci pronađeni na nalazištu Solaris mogu se podijeliti u dvije različite skupine; mesojedne troprste

i biljojedne ne troprste otiske. Prvi otisci se pripisuju teropodnim gmazovima, a drugi sauropodnim čiji su otisci i predmet analize ovog rada.



Slika 6. Karta Istre s označenim nalazištima; 6. Solaris
(preuzeto iz Dalla Vecchia i dr., 2000)

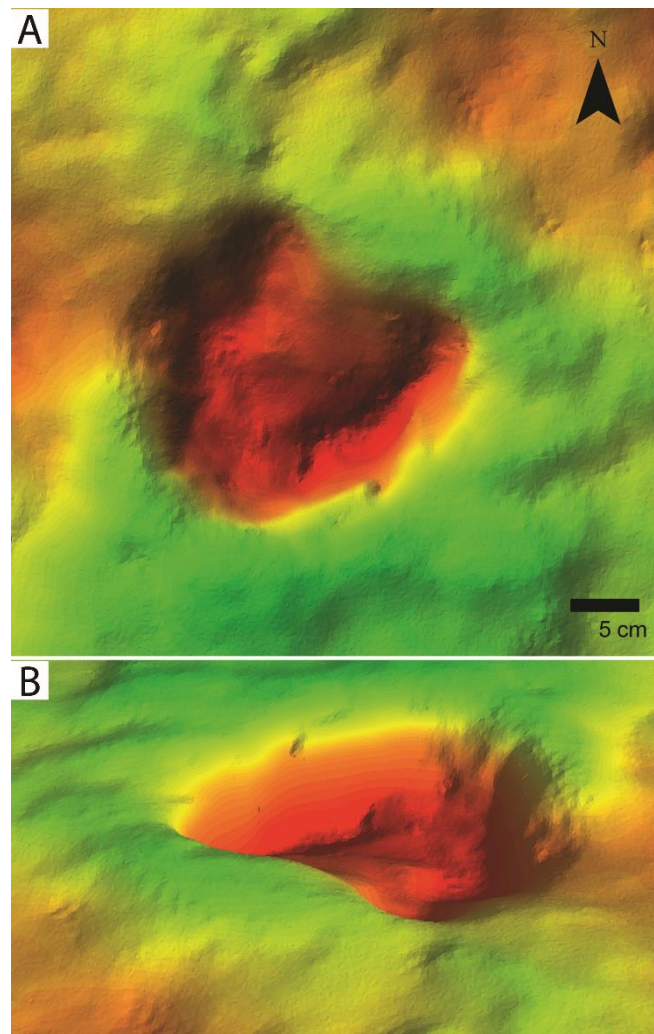


Slika 7. Topografska karta s označenim nalazištima Solaris (južno) i Lanterna (sjeverno) (preuzeto iz Dalla Vecchia i dr., 2000)

4.2. OPIS GEODETSKIH METODA

Izmjera na terenu vršena je 2014. godine primjenom dviju metoda, terestričkog laserskog skeniranja i fotogrametrije. Laserski skeneri su uređaji koji automatski prikupljaju 3D koordinate točaka određenog objekta ili područja i to sve obavljaju visokom brzinom u realnom vremenu i tako kreiraju „oblak“ točaka (Boehler i Marbs, 2002). Pripadaju skupini

laserskih skenera koji su namijenjeni snimanju na zemlji. Za njihovu popularnost prilikom geodetskih snimanja zaslužna je automatiziranost, kvaliteta podataka te efikasnost izmjere. Prihvatljiva cijena je još jedan veliki plus kod takvih uređaja. Princip njihova rada temeljen je na mjerenju vremena putovanja laserske zrake od odašiljača do točke i povratak reflektiranog signala (Radun, 2016). Laserski skeneri mogu imati i integriranu kameru pomoću koje se prikupljaju podaci o boji i naposljetku oni daju realističan prikaz interesnog objekta (Slika 8.). Rezolucija snimanja određuje koliko će detaljan biti prikaz snimljenog objekta. Druga primijenjena metoda je fotogrametrija koja se neprecizno može definirati kao znanost o prikupljanju upotrebljivih i mjerljivih podataka o plohama i objektima bez fizičkog kontakta sa samim objektom te interpretacija tih podataka. Podaci sakupljeni fotogrametrijom dijele se u nekoliko kategorija, a ovisno o položaju kamere prilikom prikupljanja podataka postoje i dvije različite vrste; zračna i terestrička fotogrametrija. Zračna kao što joj i samo ime govori podrazumijeva da se kamera nalazi na zrakoplovu i koristi se kod mjerenja velikih područja. Terestrička fotogrametrija se primjenjuje za detaljnije snimanje manjih područja. Kod fotogrametrije najznačajniji su vremenski uvjeti, odnosno svjetlost. Difuzna svjetlost za oblačnih dana je najpogodnija za takvu vrstu snimanja, a za sunčanog vremena treba snimati dok se sunce nalazi u zenitu. Raspored stajališta je osim vremenskih uvjeta bitan prilikom snimanja terena. U paleontologiji je kombinacija tih dviju metoda dala dobre rezultate i prepoznata je njezina prednost naspram klasičnih metoda koje podrazumijevaju izradu skica i odljevaka (Remondino i dr., 2010). Jedna od najznačajnijih prednosti ovih geodetskih metoda je i u snimanju plitkih otisaka koje je moguće detaljno analizirati izvan nalazišta. Također je vrlo bitno napomenuti kako je ovakav oblik izmjere terena bitan prilikom mjerenja nedostupnih nalazišta kao što su litice. Jedina zamjerka ovih metoda je to što su skuplje od klasičnih, ali ne smijemo biti kritični jer se na ovaj način dobivaju informacije o velikom broju otisaka koje se klasičnim pristupom ne bi nikada otkrili (Radun, 2016).



Slika 8. 3D model sauropodnog otiska
(preuzeto iz Lužar-Oberiter i dr.,2017)

4.3. TERENSKA IZMJERA

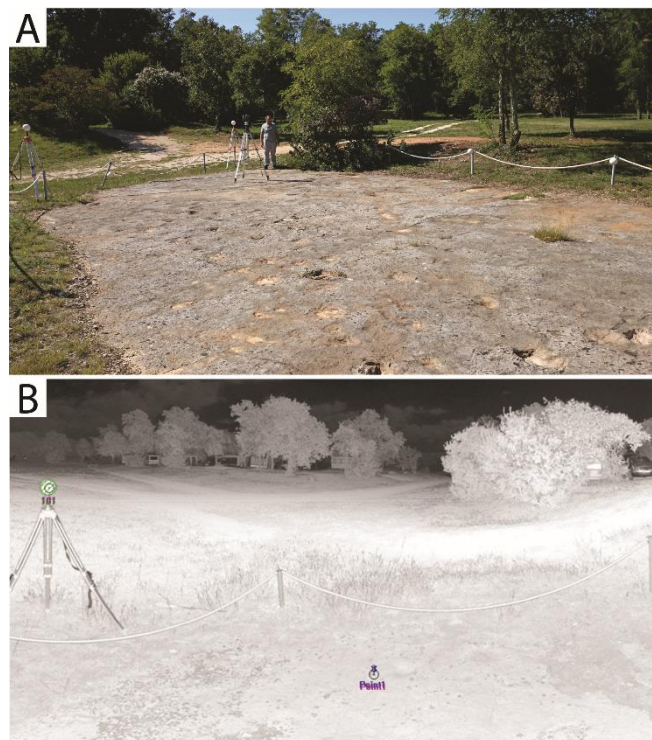
Područje nalazišta Solaris snimano je panoramskim skenerom FARO Focus 3D u aspektu terestričkog laserskog skeniranja, dok je za potrebe fotogrametrijskih snimaka korištena digitalna SLR kamera Nikon D300 (Slika 9.). Snimano područje je površine oko 430 m². Za terestričko lasersko skeniranje uzeto je 30 stajališta pravilno raspoređenih u svrhu što bolje pokrivenosti snimanog područja (Radun, 2016). Trajanje snimanja odvijalo se oko 10 minuta po svakoj točki. Fotogrametrijsko snimanje obavljeno je držeći kameru u ruci u visini prsa promatrača te se zbog takvog načina snimanja može reći da se radi o blizupredmetnoj

fotogrametriji. Snimke dobivene na taj način smatraju se „oblique“ snimkama kod kojih se os snimanja namjerno otklanja od horizonta da bi se postigla veća pokrivenost objekta (Radanović i Radun, 2015).



Slika 9. Digitalna kamera Nikon D3000

(preuzeto iz Radun, 2016)



Slika 10. Prikaz načina snimanja

(preuzeto iz Lužar-Oberiter i dr.,2017)

4.4. OBRADA PODATAKA

Podjela metoda može se primjeniti i na obradu podataka jer je prvi dio trebalo računalno obraditi kako bi se mogla vršiti daljnja geološka analiza na dobivenim podacima. Kao što je spomenuto i u prethodnom poglavlju, računalna obrada nije vršena tijekom izrade ovog rada, ali je od iznimne koristi opisati postupak nastanka podataka i snimaka zaslužnih za detaljne geološke analize. Terenski podaci korigirani su i napravljeni su modeli u standardnim GIS softverima.

Prva etapa prilikom obrade bila je georeferenciranje i određivanje mjerila dobivenog iz fotogrametrijskih podataka. Nakon prve etape, dobiven je oblak točaka koji je korigiran te su mu uklonjeni nedostaci kao što su šumovi i rupe u oblaku. Naposljetku je iz oblaka točaka visoke rezolucije dobiven digitalni model visina DEM (digital elevation model) te digitalni ortofoto model DOF. Jedan od modela obuhvaća cjelovito nalazište, a drugi je sastavljen od dvaju modela izdvojenih otisaka. Digitalna dokumentacija je osnova za daljnje detaljne analize u GIS softveru. Također je kreiran i 3D model za lakšu vizualizaciju (Lužar Oberiter i dr., 2017). TIN (triangulated irregular network) modeli izrađeni su za pojedine otiske stopala gdje su potrebna precizna mjerenje. Inače, TIN model koristi se prilikom obrade GIS softverom i u osnovi je to vektorski digitalni model nastao triangulacijom skupa točaka. Vertikale su spojene sačinjavajući tako mrežu trokuta, a različite metode interpolacije koriste se za formiranje tih trokuta. Ne smijemo izostaviti ihnološku mapu koju su napravili Dalla Vecchia i Tarlao (2000) jer je i ona korištena kao osnova te je georeferencirana i preklapljena s DEM modelom (Lužar Oberiter i dr., 2017).

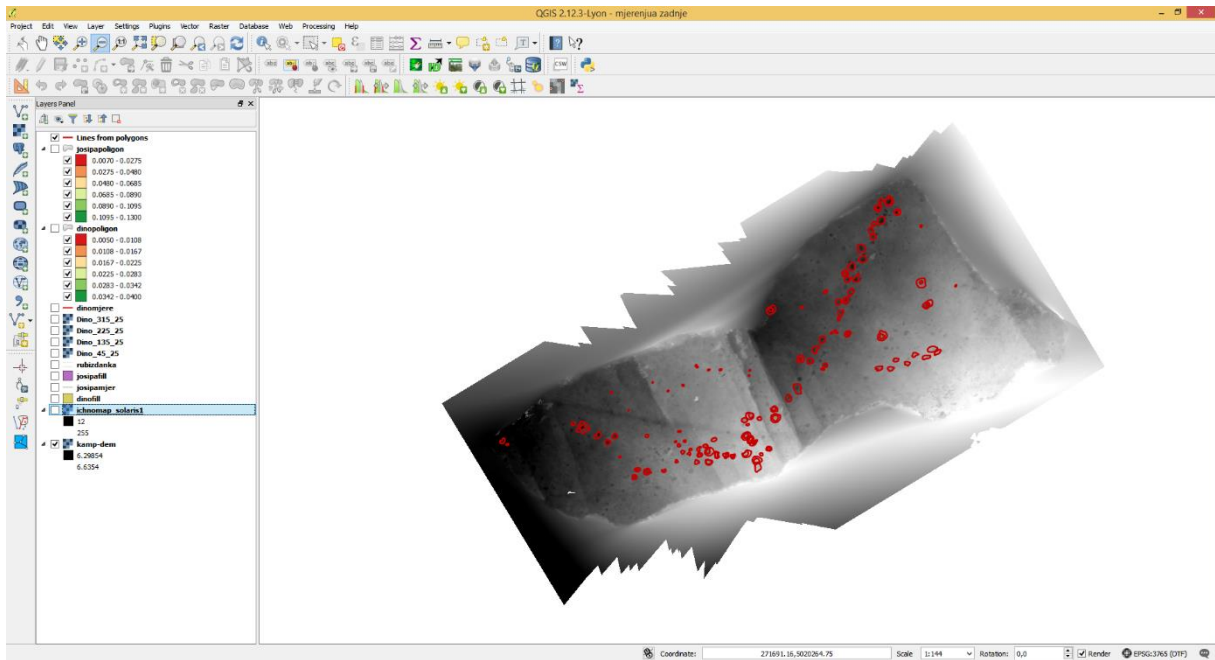
Vizualizacija je u grubo podijeljena na dvije vrste od kojih prva obuhvaća model s različitim kutom sjena i ona omogućuje identifikaciju otisaka i mjerenje staza, dok druga obuhvaća mape čiji su djelovi različito obojeni na osnovu visina i one su bile osnova prilikom mjerenja pojedinog otiska.

Prilikom obrade geodetskih podataka u laboratoriju korišten je GIS softver i to njegova besplatna inačica QGIS. Kombinacijom, preklapanjem modela DOF i DEM te ihnološke karte dobiveni su optimalni uvjeti za mjerenje starih tragova, a ujedno i otkrivanje i mjerenje novih tragova. Dubina pojedinog otiska najpreciznije je mjerena na osnovu DEM modela jer sjene jasno prikazuju prijelaze iz viših u niža područja terena (Slika 11.). Mjerena su sva tri elementa otiska; dubina, širina i duljina, ali naglasak je stavljen na dubinu zbog svoje

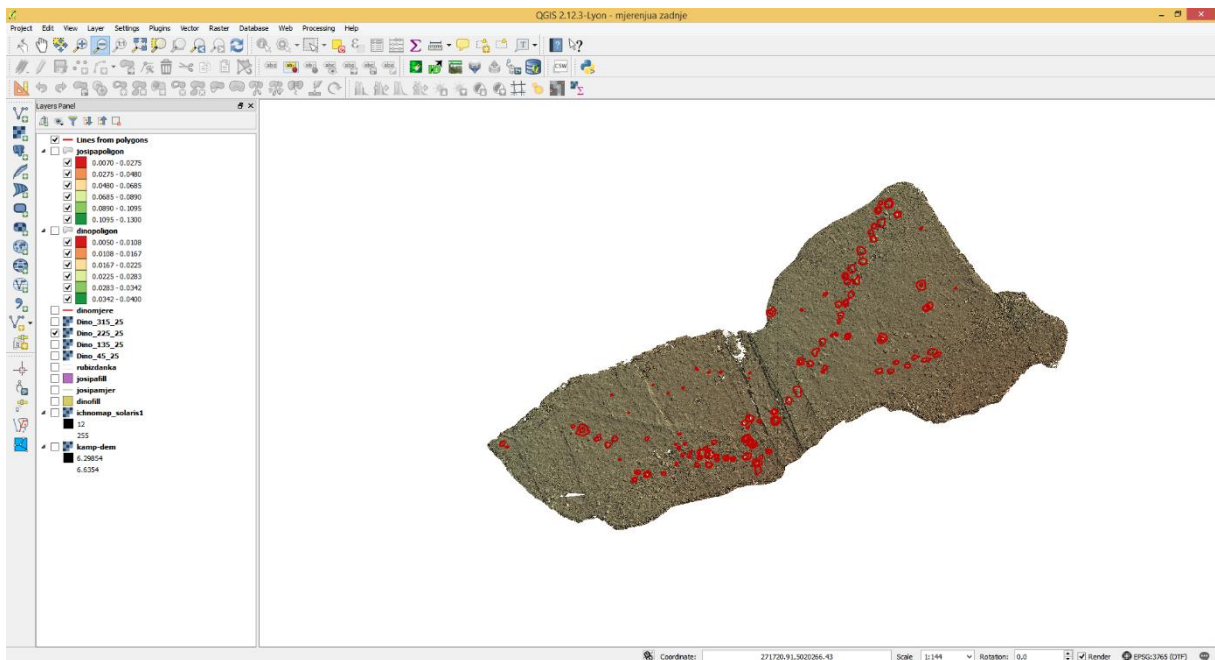
specifičnosti. Dubina je mjerena alatom *identificiraj elemente* te je uspoređivana na različitim dijelovima terena da bi se moglo odrediti nalazi li se u osnovi isti sastav podloge. Na temelju razlike visine okolne slojne plohe i najveće dubine otiska dobivena je razlika koja čini dubinu. Duljina i širina nisu toliko precizno odredive kod sauropodnih otisaka zbog prirode njihova traga koji su zaobljenih formu te ih je teško jednoznačno i sa sigurnošću razdvojiti. Na nekim dijelovima modela tragovi su jasno vidljivi što se ne može nažalost reći i za rubne dijelove gdje je vidljivo da su trošeni i gotovo stopljeni s podlogom. Na istraživanom lokalitetu sauropodni otisci tvore jednu dugu stazu, a ostali otisci su najčešće grupirani u skupinama od nekoliko samostalnih tragova (Dalla Vecchia i dr., 2000). Na osnovu istraživanja Dalla Vecchie i Tarlaoa (2000) može se sa sigurnošću za neke tragove reći kojoj vrsti pripadaju. Osim analiza dubine, širine i duljine, zadatak je bio na osnovu starih i novootkrivenih tragova načiniti novu ihnološku kartu nalazišta. Taj postupak je uključivao detaljnu analizu novih snimaka te naposljetku orijentaciju stare ihnološke karte kako bi odstupanja u kutovima tragova bila što manja. Nove tragove je golim okom bilo teško otkriti na terenu zato što su im dubine najčešće nekoliko centimetara, a ako nisu idealni svjetlosni uvjeti, ne mogu se primjetiti. Nova ihnološka karta sadrži stare i nove otiske te su im pridodane izmjerene vrijednosti. Izmjerene koordinate s terena prenešene su u koordinatni sustav kojem pripada Hrvatska, a to je HTRS96/ TM. Prilikom otvaranja različitih vektorskih i rasterskih podataka u GIS softveru te njihovim preklapanjem naišlo se na problem odstupanja starih tragova od novih, a to se pripisuje nemogućnosti preciznog mjerenja na terenu kod izrade originalne karte.

4.4.1. PROGRAMSKA PODRŠKA

QGIS je besplatni geografski informacijski sustav. Široko je primjenjiv i omogućuje vizualizaciju, upravljanje te analizu i uređivanje geografskih podataka. Svrha programa je obrada i analiza karata, prikaz prostornih podataka te upravljanje i njihovo dijeljenje, a ujedno i tome slični procesi. Podatci koji se koriste mogu biti u dva oblika, rasterskom i vektorskom. Vektorski podaci za prikaz objekata koriste geometriju poput točaka, linija i poligona. Izolinije i triangulirane nepravilne mreže, koje su korištene i prilikom obrade podataka iz ovog istraživanja, koriste se za prikazivanje visina ili drugih promjenjivih vrijednosti. Rasterski oblik podataka sastoji se od redova i stupaca ćelija gdje se u svakoj ćeliji sprema pojedinačna vrijednost. Najčešće su rasterski podaci prikazani u obliku slike, ali boje mogu sadržavati posebne vrijednosti. Rasterski i vektorski podaci kao i svaki drugi imaju svoje prednosti i nedostatke, ali gledajući u konačnici na temelju upotrebe tih dviju vrsta podataka sačinjene su tehnološke karte s čitavim nizom bitnih atributa. Prvi put se na tržištu pojavio 2002. godine i od tada do danas razvio se u brojnim inačicama koje su upotpunjene novim alatima i dodacima. Zbog raznovrsnosti formata podataka korišten je od strane brojnih ustanova i organizacija jer nije ograničen samo na geostruku i geopodatke. Jednostavnost, široka dostupnost i primjena te činjenica da je i dalje besplatan softver na tržištu čine ga izuzetno korisnim i zanimljivim. Osim njega, postoje i brojni drugi softveri koji koriste te dvije vrste podataka i sadrže veliki broj mogućnosti, ali su cjenovno neisplativi za pojedinca.



Slika 11. Prikaz analize DEM modela u QGIS-u



Slika 12. Prikaz analize DOF modela u QGIS-u

5. REZULTATI

5.1. KARTE TRAGOVA

Karte koje se nalaze u Dodatku (2., 3., 4., 5.) izrađene su na temelju ihnološke karte iz 2000. te kombinacijom s DEM i DOF modelima nalazišta Solaris u Istri. Dodatak 2. prikazuje kartu s iscrtanim rubom izdanka i označenim starim i novim sauropodnim otiscima u obliku poligona obojenih različitim bojama nastalih na temelju određenog raspona dubine. Za izradu Dodatka 3. korištena je kao podloga ihnološka karta od Dalla Vecchie (2000) te su na njoj izdvojeni sauropodni otisci čije su različite dubine prikazane paletom boja. Dodatak 4. je DOF model nalazišta Solaris. Posljednja izrađena karta (Dodatak 5.) prikazuje DOF model na kojem su iscrtani sauropodni otisci u obliku poligona čija različita boja prikazuje određene raspone dubine.

5.2. MJERE TRAGOVA

Rezultati ovog istraživanja ne mogu se odrediti jednoznačno jer je veliki broj faktora utjecao na nastanak tragova. Mjerenjem pojedinačnih tragova može se vidjeti kako njihova dubina varira na nekim dijelovima terena. Svakom tragu određena su sva tri parametra; dubina, dužina i širina na temelju čega sam izračunavala i predviđjela ostale parametre kao što je visina kukovlja. Prilikom istraživanja najbitnija nam je dubina jer ona ovisi o sedimentu, klimi i drugim vanjskim čimbenicima koji formiraju uvjete u okolišu. Tragovi koje su ostavljali sauropodi nisu izdvojeni kao staze, ali možemo vidjeti na karti (Dodatak 2.) da se jedna takozvana staza proteže od jugozapadnog dijela prema sjeveroistočnom obuhvaćajući tako cijelu dijagonalu nalazišta. Nove tragove sam uvrstila u tablicu i navela im izmjerene vrijednosti (Tablica 1) te naposljetku odredila visinu kukovlja na temelju Alexandrove jednadžbe (1976) i također prikazala u toj tablici. Kako bih olakšala iščitavanje velikog broja vrijednosti tragova, posebno sam ih navela u Dodatku 1 i na temelju uvida u taj dodatak možemo zaključiti kako se broj mjerljivih sauropodnih otisaka kreće oko broja sto. Usporedbom dužina koje sam mjerila na temelju fotogrametrijskih i laserskih snimaka i onima koje je mjerio Dalla Vecchia, vidimo da nema nekih velikih razlika i prosječna dužina otisaka je 20 ili 30 cm. Nove tragove je izostavio prilikom terenske analize jer je smatrao da

ili ne pripadaju sauropodima ili su nekakve brazde u sedimentu, a ne otisci stopala. Njih sam opisala i izmjerila te ih okarakterizirala kao nove tragove. U Tablici 1 navedene su izmjerene vrijednosti novih tragova i ako se bolje pogleda uoči se da su duljine novih tragova u prosjeku manje od starih tragova, osim par iznimaka čija duljina doseže 20 cm, a visina kukovlja sauropodnih dinosaura s nalazišta Solaris je u rasponu od 4 do 10 metara. Da ne bi došlo do zabune, otiske s oznakom G, Dalla Vecchia je izdvojio kao stazu ST1 te je nekim tragovima pridodao vrijednosti, a pojedine je izostavio pa sam ih radi lakšeg snalaženja označila novom oznakom.

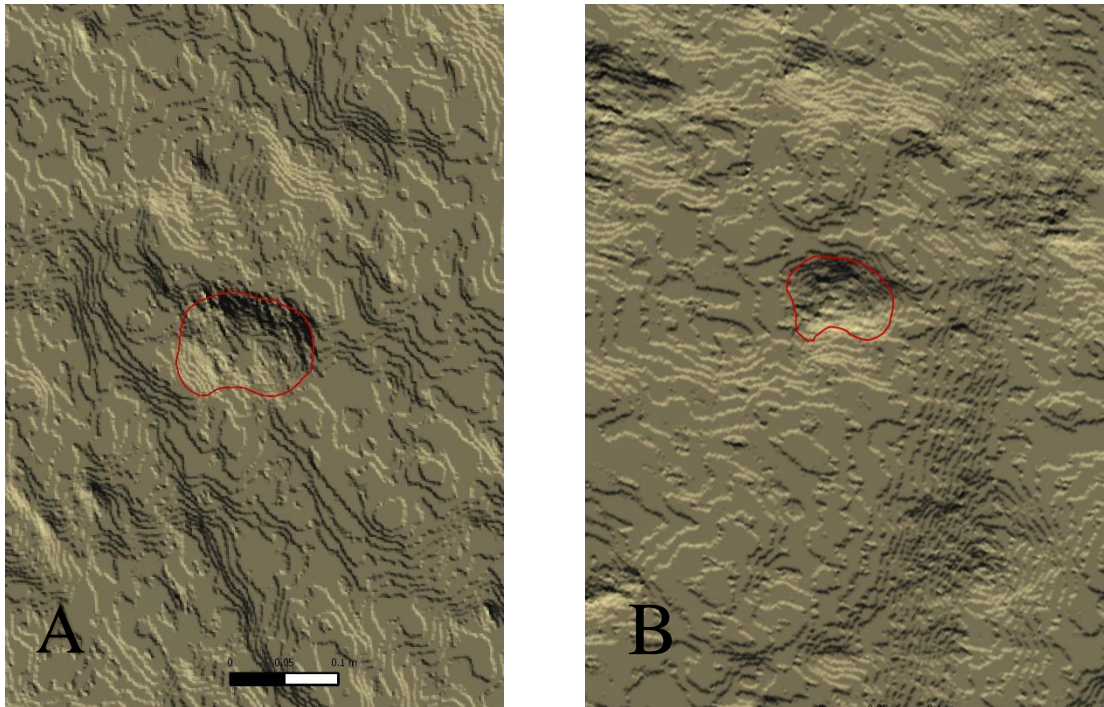
Tablica 1: Izmjerene vrijednosti novih tragova.

TRAG	DUBINA (m)	DUŽINA (m)	ŠIRINA (m)	VISINA KUKOVLJ A (m)
J₁	0,018	0,237	0,384	0,948
J₂	0,011	0,096	0,18	0,384
J₃	0,011	0,099	0,13	0,396
J₄	0,011	0,063	0,1	0,252
J₅	0,011	0,108	0,146	0,432
J₆	0,016	0,233	0,194	0,932
J₇	0,01	0,09	0,145	0,36
J₈	0,03	0,202	0,206	0,808
J₉	0,029	0,158	0,178	0,632
J₁₀	0,014	0,1	0,219	0,4
J₁₁	0,007	0,06	0,107	0,24
J₁₂	0,007	0,1	0,133	0,4
J₁₃	0,017	0,116	0,154	0,464
J₁₄	0,015	0,148	0,218	0,592
J₁₅	0,011	0,1	0,164	0,4
J₁₆	0,015	0,1	0,186	0,4
J₁₇	0,009	0,145	0,21	0,58
J₁₈	0,016	0,08	0,105	0,32
J₁₉	0,012	0,05	0,14	0,2
J₂₀	0,016	0,11	0,194	0,44
J₂₁	0,022	0,161	0,298	0,644
J₂₂	0,015	0,114	0,175	0,456
J₂₃	0,01	0,09	0,164	0,36

$$h = 4 Lp \quad Lp\text{- duljina otiska stopala}$$

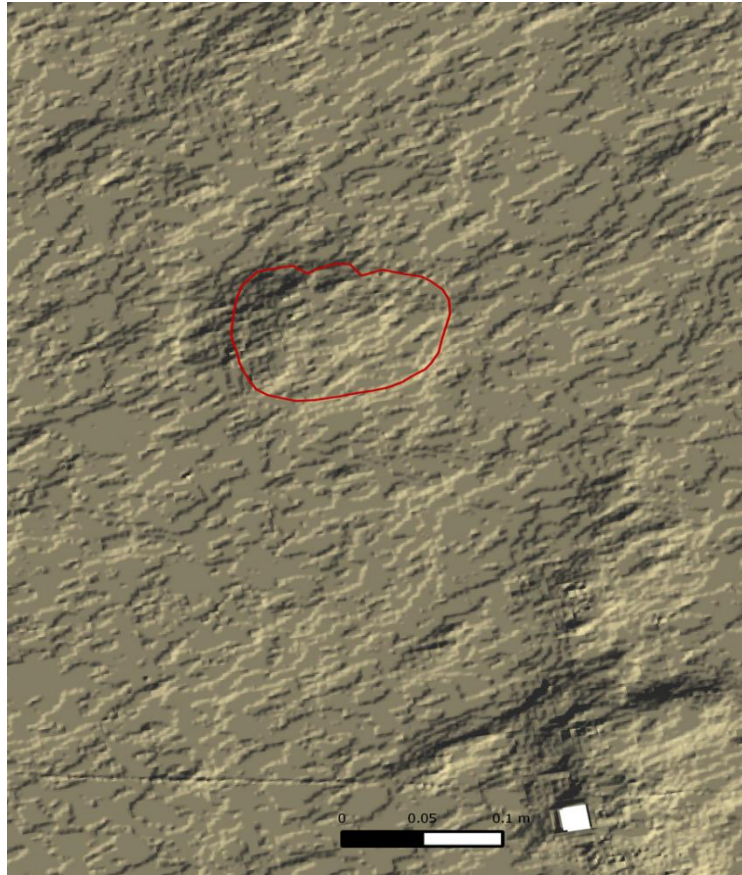
5.3. ANALIZA IZDVOJENIH TRAGOVA

Pojedine tragove sam detaljnije opisala kako bi lakše shvatili značenje dubine otisaka. Izdvojila sam samo one koji su zanimljivi ili po izgledu ili procijenjenoj veličini jedinke. Prilikom interpretacije napravila sam u GIS softveru sliku otiska usmjerenu sjever-jug gdje sjever predstavlja prednji, a jug stražnji dio, iako je to teško sa sigurnošću tvrditi te su kao podloga korišteni DOF modeli. Poznato je, na temelju istraživanja u prošlosti, kako se kružni otisci opisuju kao otisci stražnjih stopala, a potkovičasti ili polumjesečasti kao otisci prednjih stopala te su na nalazištu Solaris prisutni i jedni i drugi. 23 nova traga označila sam slovom J i smješteni su uglavnom na zapadnom dijelu istraživanog lokaliteta.



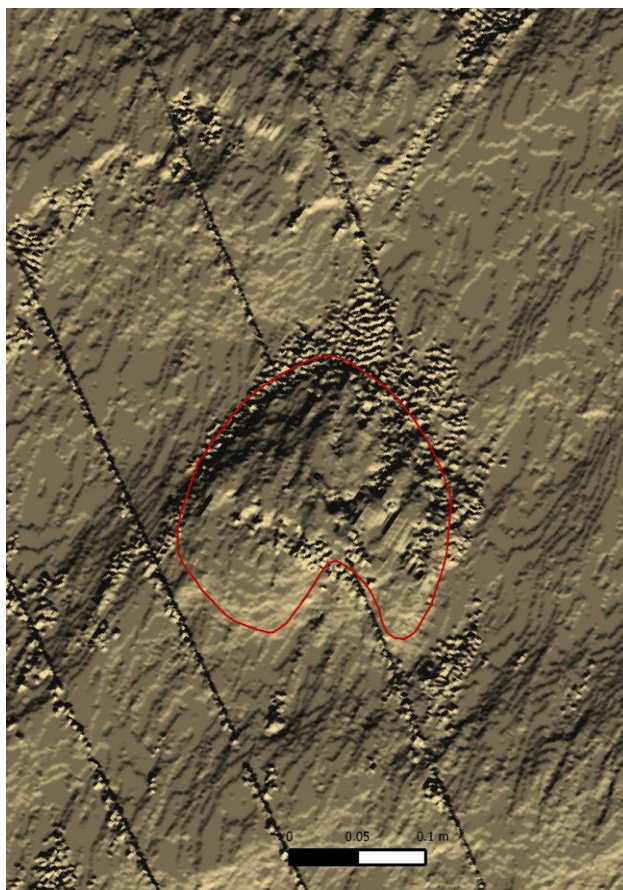
Slika 13. A) Otisak J3 B) Otisak J4

Na Slici 13. B prikazan je trag nazvan J4 čija dubina iznosi 1 cm i teško je vidljiv na terenu, ali smatram da pripada sauropodu čija se dimenzija može procijeniti na 30 cm. Na temelju ovih podataka i duljine stopala koja je 6 cm vidi se kako je riječ o vrlo maloj jedinki. Otisak je deformiran vjerojatno zbog sedimenta koji je sadržavao veću količinu vode i pripada skupini prednjih otisaka. Problem kod novih tragova kao i većine koje je Dalla Vecchia opisao je što nemamo cjelovitu stazu već otiske koji se nalaze pojedinačno. Mogući razlog takvim pronalascima je izrazito trošenje ili nepovoljna podloga na određenim dijelovima terena te su ti zalutali otisci nastali pod nerazjašnjenim okolnostima.



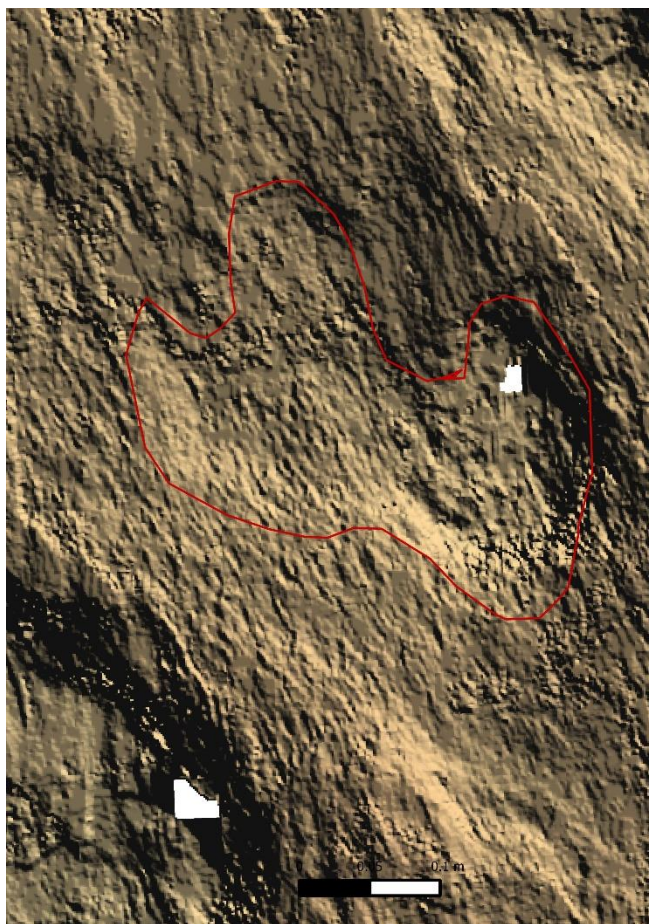
Slika 14. Otisak J5

Drugi od tragova koje sam izdvojila je trag J5. Zanimljiv je jer se vidi na prednjem dijelu da je nazubljen te to ukazuje da je riječ o otisku stražnjeg stopala i prstima koji su se sačuvali u sedimentu. Dubina mu je jednaka kao i prethodno opisanom tragu, ali vrijednosti duljine i širine su za nekoliko centimetara veće. Zajedno s povećanjem vrijednosti, porasla je i visina kukovlja jedinke za 2 puta.



Slika 15. Otisak J8

Trag označen kao J8 i prikazan na Slici 15. spada također među nove tragove i ima izražen polumjesečasti oblik te tako znamo da se radi o prednjem tragu. Dubina mu je približno 3 cm, a duljina i širina su gotovo jednake i iznose 2 cm. Procijenjena visina kukovlja je oko 90 cm.



Slika 16. Otisak J13

Slika 16. prikazuje trag J13 koji ima kružni oblik bez vidljivih otisaka prstiju i okarakterizirala sam ga kao otisak stražnjeg stopala upravo zbog oblika. Dubina mu je oko 2 cm te je jedinka koja je ostavila takav otisak bila približno pola metra visoka. Kako se veličina jedinki kreće oko 90 cm, odnosno 1 metra, ovo je izrazito mala jedinka.



Slika 17. Otisak J17

Trag označen kao J17 (Slika 17.) ima izražene otiske prstiju koji se nastavljaju na ovalni dio stopala. Dubina je u prirodi neprimjetna jer iznosi oko 1 cm te ju je moguće samo na fotogrametrijskim snimkama otkriti. Zanimljivo je da je jedinka koja je ostavila takav trag bila veličine 60 cm i kao i otisak koji je skriven pod oznakom J13 pripadala maloj jedinki. Kako je jedinka izrazito mala, tako je i njena težina bila mala te je ostavljeni otisak zbog takvih saznanja i nepovoljnih uvjeta gotovo nevidljiv.



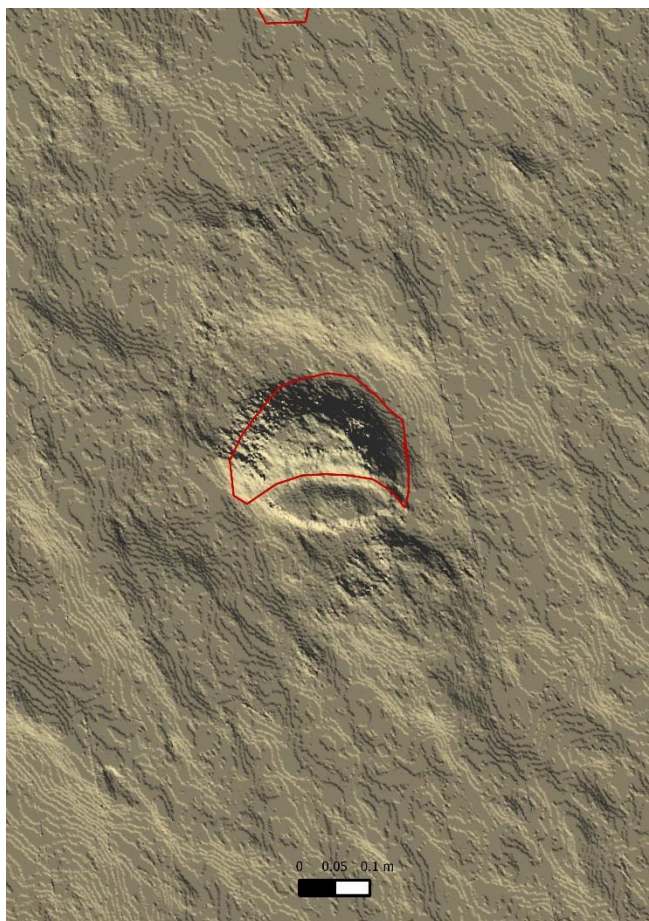
Slika 18. Otisak J21

Od novootkrivenih tragova posljednji koji sam opisala je otisak s oznakom J21 (Slika 18.). Ima karakterističan polumjesečasti oblik, može se reći gotovo idealan. Dubina otiska je oko 2 cm, a jedinka koja ga je ostavila je veličine 60-ak cm kao i većina jedinki koje su zaslužne za nastanak novootkrivenih otisaka. Prosječna veličina jedinki s otiscima oznaka J je pola metra.



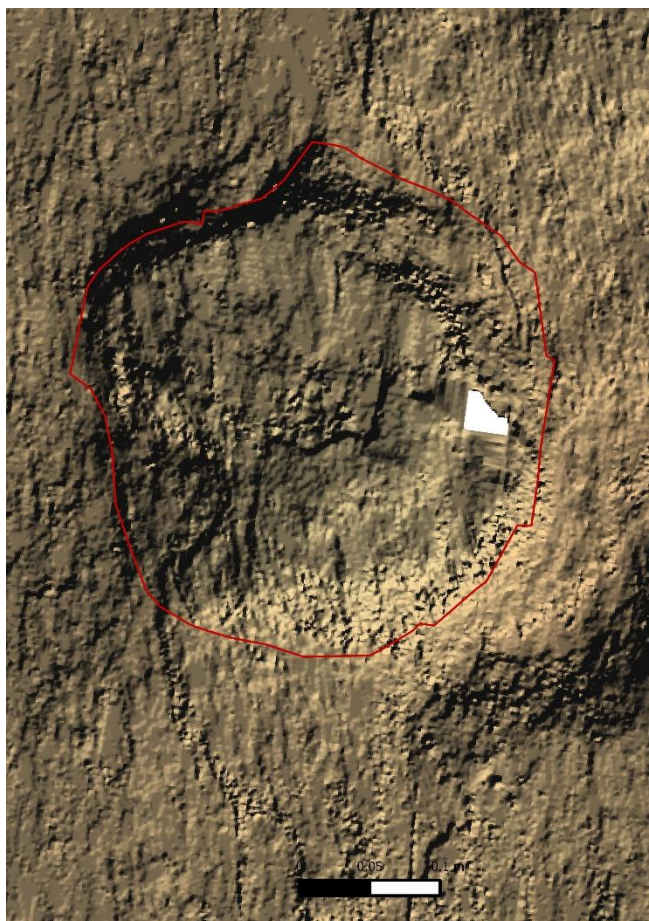
Slika 19. Otisak S1j

Osim novih, opisala sam i neke stare tragove koji su reprezentativni primjerci (Slika 19.). Jedan od njih je i trag nazvan S1j čija dubina iznosi približno 6 cm što je gledajući prethodne otiske dosta dublje. Ovakav trag pripada nešto većoj jedinki čija je približna visina 1 m i lako je uočljiv prilikom klasične analize na terenu. Dobro su sačuvani otisci prstiju na temelju kojih je zaključeno kako se radi o otisku stražnjeg stopala.



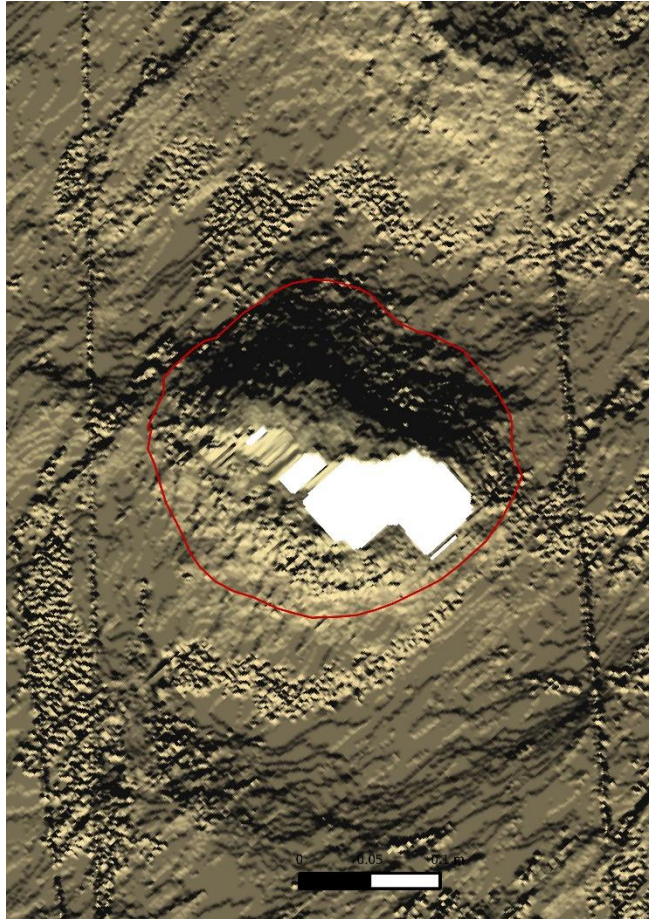
Slika 20. Otisak S6m

Trag označen kao S6m prikazan na Slici 20. izdvojen je i prilikom analize Dalla Vecchiaie. Karakterističnog polumjesečastog oblika svrstava se u prednje otiske stopala s dubinom od 6 cm. Ovaj trag kao i prethodni ostavila je jedinka visine oko 1 metar. Takva jedinka je mala u usporedbi s juvenilnim jedinkama, ali ako je poznato da su na tom području bile prisutne i jedinke od pola metra visine, može se reći kako je to jedinka prosječne visine s ovog nalazišta.



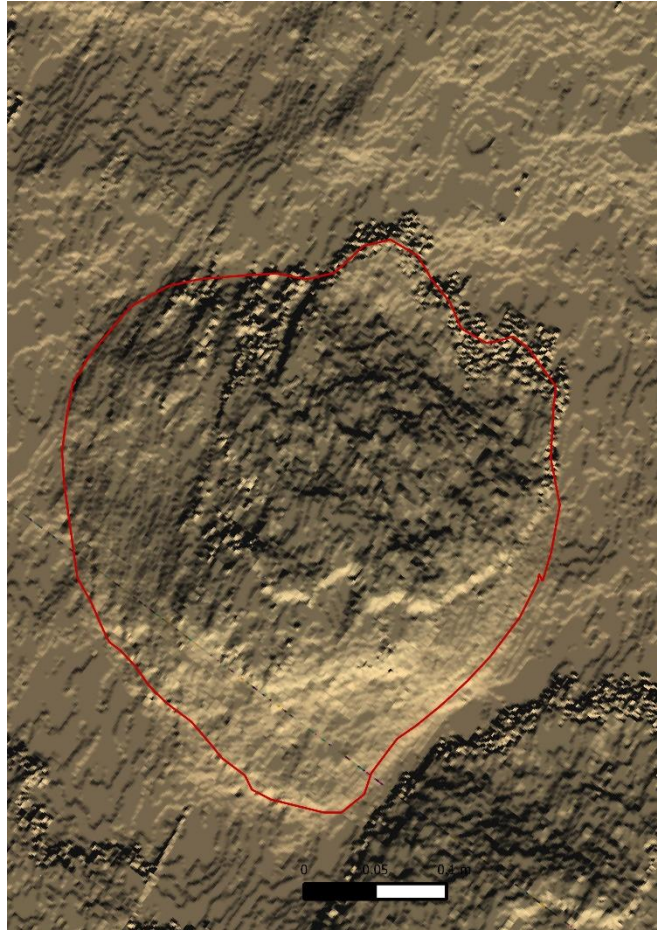
Slika 21. Otisak S12p

Slika 21. prikazuje trag koji nosi oznaku S12p i ima izražene otiske prstiju. Takvi tragovi su od velike koristi prilikom detaljnijih analiza jer se na temelju morfologije otiska može utvrditi o kojoj je vrsti riječ. Poznato je da stražnji otisci stopala imaju karakteristične otiske prstiju i kružni oblik te je ovo jedan od otisaka stražnjeg stopala. Jedinka koja je zaslužna za njegov nastanak s visinom od 1,5 m bila je veća od mnogih prisutnih na ovom nalazištu. Trag se jasno vidi golim okom na nalazištu jer je dubine oko 8 cm.



Slika 22. Otisak S18m

S18m (Slika 22.) je najvjerojatnije otisak stražnjeg stopala, a to sam zaključila na temelju karakterističnog kružnog oblika. Kod ovog otiska prsti su nešto lošije sačuvani, ali zato je s dubinom od 7 cm dobro uočljiv na terenu. Jedinka koja ga je ostavila visine je 1 metar.



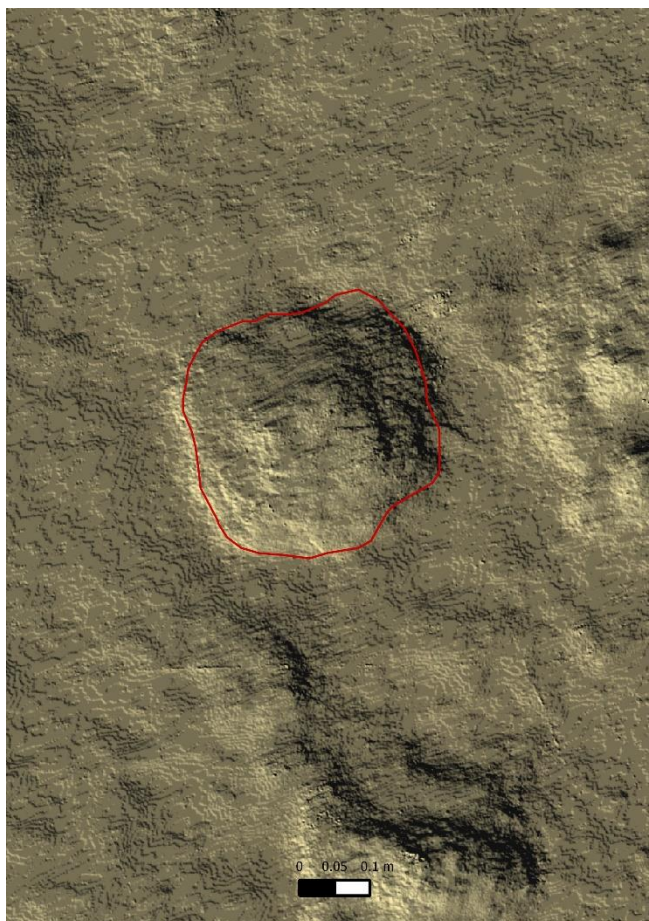
Slika 23. Otisak S43p

Slika 23. prikazuje S43p otisak koji je dobro sačuvan. Ima lijepo izražene otiske prstiju i pripada u skupinu stražnjih otisaka stopala. Dubina mu je tek nešto veća od 4 cm, ali jedinka je oko 1,4 m visine. Zanimljivo je da nešto veća jedinka ostavi trag manje dubine od manjih jedinki, ali razlog tome je vjerojatno sediment koji je manje vlažan i nepovoljniji uvjeti u okolišu.



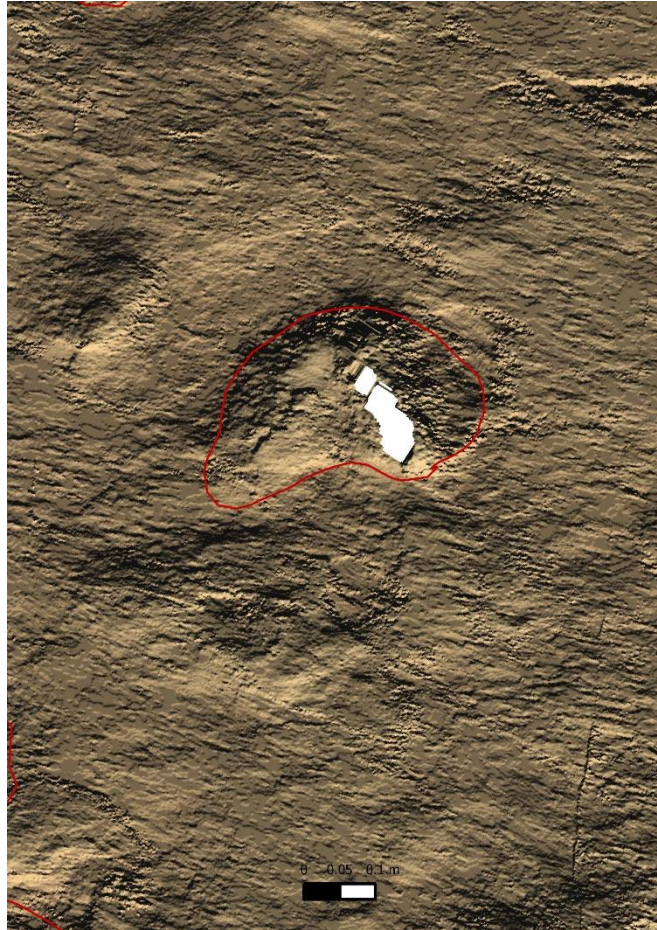
Slika 24. Otisak S12i

Trag koji nosi oznaku S12i (Slika 24.) je otisak prednjeg stopala, ali je malo deformiran. Uzrok deformacije može biti podloga koja je vlažnija kao i sporije stvrdnjavanje otiska. Jedinka koja ga je ostavila bila je prosječne visine 80 cm i lakša od većih jedinki te je to uzrok dubine otiska od samo 3 cm.



Slika 25. Otisak S8j

Na Slici 25. prikazan je trag S8j i ima okrugli oblik te se s takvim obilježjem ubraja u grupu stražnjih otisaka. Nema sačuvanih prstiju i male je dubine zbog različit utjecaja u okolišu, ali jedinka koja ga je ostavila bila je oko 1,5 m visine čime spada u grupu većih jedinki na nalazištu Solaris.



Slika 26. Otisak S15p

Trag S15p (Slika 26.) je karakteristični otisak prednjeg stopala jer ima polumjesečastu formu. Vidljiv je na terenu s dubinom od 6 cm, a visina jedinice zaslužne za njegov nastanak je oko 1 metar.



Slika 27. Otisak S5m (*Titanosaurimanus nana* prema Dalla Vecchia)

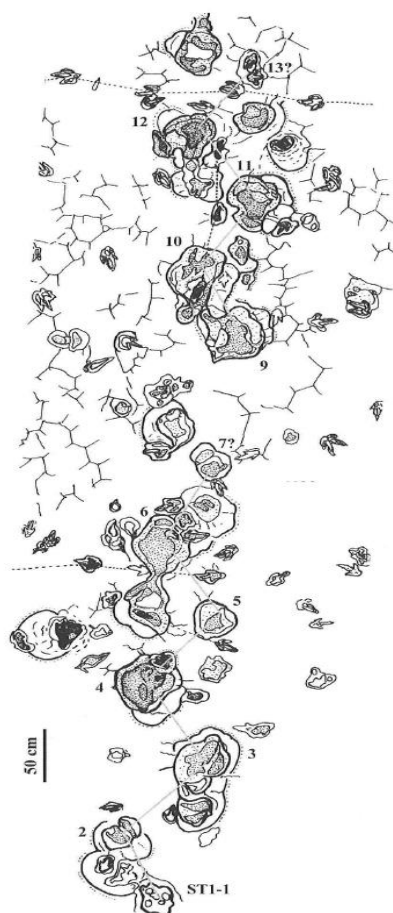
S5m otisak prikazan na Slici 27. bio je detaljno opisan od strane Dalla Vecchie jer se smatra holotipom *Titanosaurimanusa nane*. Prepoznatljiv je kao otisak prednjeg stopala, ali za razliku od većine prednjih otisaka koji su polumjesečastog oblika, više nalikuje ovalnom. Kako je poznato o kojoj sauropodnoj vrsti je riječ, može se zaključiti da su jedinke te vrste bile visine oko 1 m. To je i ujedno posljednji trag kojeg sam izdvojila i opisala.

6. RASPRAVA

Uzimajući u obzir ranija istraživanja koja su rađena metodama terenske izmjere i klasične obrade podataka, može se reći da su rezultati dobiveni analizom u GIS softveru barem malo precizniji od starijih. Uzrok takvim zaključcima proizlazi iz nepobitne činjenice da su tragovi dinosaura snimani pod svim kutovima koji su najbolji za obradu te su nakon toga selektirani. Kombinacijom različitih snimaka sa različitim sjenama dobiven je najbolji pogled na otisak, a samim tim i preciznija izmjera. Prilikom klasičnih mjerenja problem je i u nepovoljnim uvjetima na terenu kao i nemogućnost mjerenja svakog traga pod istim uvjetima što dovodi do razlike u interpretaciji. Ako su tragovi mjereni u različito doba dana pri različitom osvjetljenju moguće je da dođe do greške i po nekoliko centimetara što je prilikom ihnološkog istraživanja velika greška. Dalla Vecchia je koristeći svu raspoloživu opremu tog vremena napravio iznimno dobar pregled terena ako znamo koliko je teško pojedine tragove uočiti na terenu. Na temelju podataka koje je sakupio, izradio je ihnološku kartu koja je i nama koristila kao jedna od podloga, ali prilikom usporedbe s novim snimkama bilo je potrebno zaokrenuti novoizrađenu kartu za nekoliko stupnjeva kako bi se dobili točni otisci tragova. Proučavajući literaturu o prisutnosti sauropodnih dinosaura na području Hrvatske vidljivo je kako ih osim u različitim dijelovima Istre pronalaze i na Hvaru. Otisci dinosaura s Hvara su najmlađi od svih dosada pronađenih. Nalazišta na kojima se pronalaze su Kirmenjak, Ladin gaj pokraj Umaga, otok Fenoliga te otok Veli Brijun (Mezga, 2007). Nalazišta se uglavnom razlikuju po veličini sauropoda jer na nekima prevladavaju izrazito malo jedinke. Uvala Žukova na otoku Hvaru bila je najvjerojatnije dom velikih sauropoda na temelju analiza koje su izrađene. Na nekim dijelovima istarske obale otisci su u zadnjih 20-ak godina od otkrivanja vidno uništeni djelovanjem morskih valova te se mogu uspoređivati samo na temelju literature i mjerenja koja su tamo zapisana. Problem kod mjerenja staza sauropodnih dinosaura je taj što su najčešće dolazili u krdima te su tragovi ostajali jedan preko drugog i teško ih je jasno definirati kao jedan otisak. Jedan od pojmova koji opisuje pojavu kada su slojne plohe toliko izgažene otiscima stopala dinosaura da ih je nemoguće odvojiti kao zasebne, već je prepoznatljiv samo izdignuti sediment oko njih, naziva se dinoturbacija (Mezga, 2007). Takva pojava je najbolje uočljiva i opisana na nalazištu rta Gustinja pokraj Rovinja. Još jedan od problema koji se javlja prilikom mjerenja je nemogućnost definiranja brzine kretanja jedinke jer se bez najdetaljnije analize svakog traga na razini morfologije i određivanja roda ne može odrediti dvokorak jedne jedinke.

Proučavajući spoznaje znanstvenika Dalla Vecchia i njegovih bliskih suradnika o nalazištu Solaris vidljivo je kako on ima stav da je dijelove terena u kojima nedostaju otisci sauropodnih stopala, a postoji prisutnost teropodnih, nemoguće shvatiti bez detaljnije sedimentološke analize. Jedno je moguće, da je sediment na tom dijelu bio je suh i kompaktan i otisci nisu mogli biti sačuvani, ali postavlja se pitanje kako su onda sačuvani teropodni otisci. Druga mogućnost je da su sauropodi prolazili tim dijelom, ali u različitom vremenskom intervalu kad su u okolišu bili prisutni drugačiji klimatski uvjeti. Takvo njegovo mišljenje podržavam jer je poznato da su sauropodi bili izrazito teži od teropoda te su ostavljali dublje otiske i veća je vjerojatnost da se pronađu bolje sačuvani otisci. Možda razlog izostanka otisaka na tom dijelu leži i u činjenici da je staza koja prelazi preko cijelog nalazišta bila najpovoljnija za kretanje do njihovog cilja, najvjerojatnije je to bila potreba za hranjenjem. Kao što i sam Dalla Vecchia piše, tragove je teško interpretirati na nekom višem stupnju jer se pojavljuju preblizu i najčešće pronađeni su otisci prednjih stopala. Dinamiku kretanja sauropoda nisam izračunavala jer kao što sam već navela za takvu analizu su potrebna dva ili više tragova koji pripadaju istoj jedinki. Dalla Vecchia je izračunao brzinu kretanja samo za stazu ST1 (Slika 28.) i na temelju dobivenih rezultata zaključio kako je kretanje sauropoda jako sporo i iznosi polovicu brzine kretanja sauropoda koju je Alexandar izračunao (4 km/h) (Dalla Vecchia i dr., 2000). Detaljnija analiza sauropodnih rodova i proučavanje morfologije pojedinačnog traga omogućilo bi još neke nove spoznaje i rezultate koje će neki budući znanstvenici možda istražiti. Poklapanje nekih tragova koji se nalaze jedan do drugoga i naočigled pripadaju istoj stazi je znanstveno nemoguće pogotovo što mjerenje pokazuje da se svi kreću u različitim pravcima, ali smatra se da uzrok tome leži u činjenici da je podloga na kojoj su tragovi ostavljeni bila dosta vlažna te su jedinke drugog krda prolazeći na tom području ostavile tragove do prethodnih (Dalla Vecchia i dr., 2000). Analizom otisaka s nalazišta vidljivo je da nije prisutna dinoturbacija, ali činjenica da su smjerovi tragova pod različitim kutovima ide u prilog pretpostavci kako je nekoliko različitih krda u kratkom vremenskom intervalu prolazilo tim područjem. Kako bih usporedila otiske stopala iz Solarisa s drugima na području Istre, za primjer sam uzela nalazište opisano ne tako davne 2006. godine. Sauropodni otisci smješteni na nalazištu, koji je u blizini nalazišta Ladin Gaj, datiraju iz cenomana i takav podatak upućuje na zaključak kako je većina sauropodnih otisaka u Istri kredne starosti. Ladin Gaj se u nekim istraživanjima poistovjećuje s nalazištem Karigador (Dalla Vecchia, 2001), ali se u novijim istraživanjima Karigador opisuje kao nalazište iz istoimene luke (Mezga i dr., 2006). Debljina formacije u kojoj su nađeni otisci je 2,23 m i

sastavljena je od muljnih lajmstona. Gornja slojna ploha je ispod morske razine i moguće ju je istraživati samo za vrijeme perioda oseke. Osim što sediment sadrži otiske stopala, sadrži i foraminifere koje su mikropaleontolozi detaljnije istražili (Mezga i dr., 2006). Mjerenje vrijednosti duljine i širine kod sauropodnih otisaka izvršeno je na način kao što sam i ja mjerila otiske s nalazišta Solaris. Kako se u ovom slučaju radi o terenskoj, klasičnoj analizi, dubina je mjerena u središtu otiska. Sačuvana je jedna staza koju sačinjava 28 otisaka te samostalna grupa s 4 para otisaka. Dva različita tipa otisaka su pronađena, jedno su manji polumjesečasti, a drugo su veliki ovalni do kružni. Kako su takvi otisci pronađeni u istoj stazi, očigledno je da pripadaju istoj životinji. Otisci su daleko od idealnih zbog erozije koja ih je vremenom uništavala te je iznimno teško pronaći otisak sa jasno vidljivom morfologijom (Mezga i dr., 2006). Kao što je poznato na temelju analize otisaka s nalazišta Solaris, njihova duljina je u rasponu od par centimetara (približno 6 cm) pa do 70 cm, a duljina sauropodnih otisaka s nalazišta Karigador je od 13 do 41 cm. Prednji otisci imaju mnogo kraću duljinu zbog svog izgleda i deformacija. Ako se uzmu u obzir druga kredna nalazišta, ovo je jedno od najmanjih poznatih do danas otkrivenih (Mezga i dr., 2006). Srednja brzina kretanja je izračunata za otiske s Karigadora i iznosi prema Alexandrovoj jednadžbi 3 km/h što upućuje na normalan hod. Kako je poznato da je Dalla Vecchia izračunao podatke o brzini za jednu stazu (Slika 28.) s nalazišta Solaris i dobio da ona iznosi 2 km/h, može se reći kako su se sauropodi na nalazištu Karigador kretali bržim hodom od onih sa Solarisa. Na temelju ostalih analiza pretpostavlja se da otisci s nalazišta Karigador pripadaju rodu *Brontopodusa*.

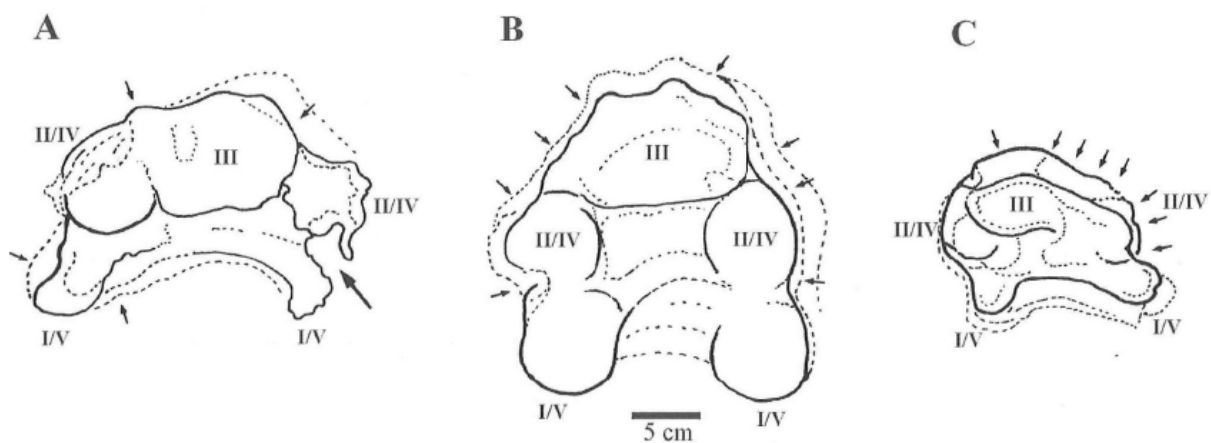


Slika 28. Dio karte s prikazanom stazom ST1
(preuzeto iz Dalla Vecchia i dr., 2000)

6.1. OPISANE VRSTE

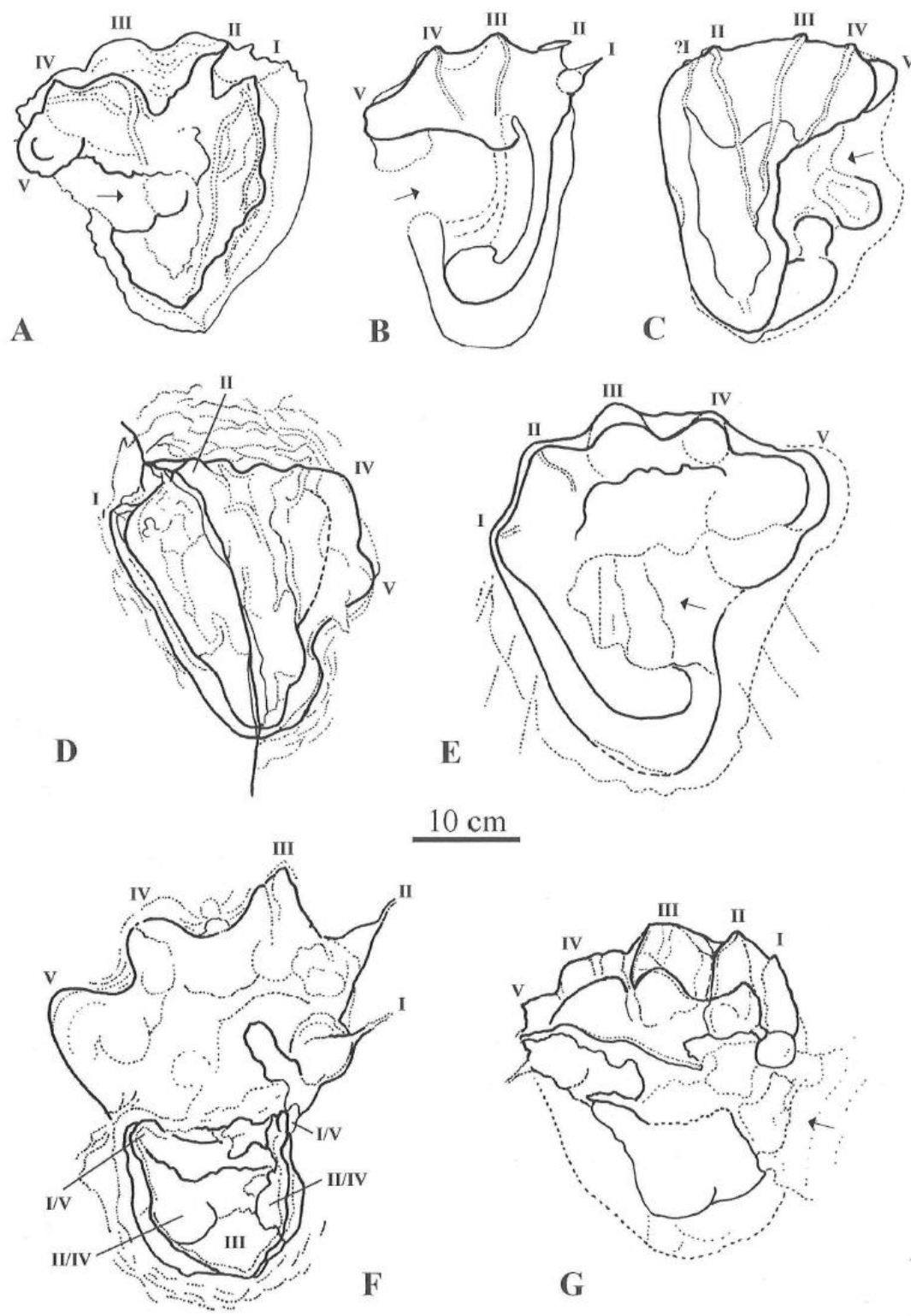
Kvadripedalne sauropodne dinosaure bilo je nešto teže opisati od troprstih bipedálnih zbog prirode njihova traga. Naime, problem predstavlja oblik otiska stopala koji se može lako zamijeniti s nekim drugim vrstama. Može se reći koji je organizam prisutan i kako se kretao. Najčešće je teško odrediti točan rod, ali je unatoč tome opisana jedna nova vrsta. *Titanosaurimanus nana* (Dalla Vecchia, 2000) je nova sauropodna vrsta koja je prvi put pronađena i opisana na nalazištu Solaris u Istri. Pripisuju mu se osobine kao što su stražnji otisci duljine do 50 cm i prednji otisci (Slika 29, B) 25 cm te se iz toga vidi da je riječ o malom sauropodnom dinosauru. Pridjev *nana* inače ukazuje da je to mala juvenilna jedinka. Otisci stopala su prepoznatljivog okruglog oblika i jednakih veličina. Smatra se da su se

sauropodi koji su malih veličina i malog razmaka između tragova sporo kretali. Asocijacija kasnog alba otkrivena na području Istre može se poistovjetiti sa sličnom asocijacijom otkrivenom na području Texasa. Otočnu ihnoasocijaciju karakteriziraju male veličine dinosaura zajedno s paleogeografskim osobinama (Dalla Vecchia i Tarlao, 2000). Iz takvih podataka vidljivo je kako Dalla Vecchia smatra da je Istra tijekom kasnog alba bila otok te je prema tome imala specifične okolišne uvjete koji su omogućili boravak dinosaura na tom dijelu karbonatne platforme.



Slika 29. Interpretacija prednjih otisaka stopala A) S6m B) S5m (holotip *Titanosaurimanusa nane*) C) S27m

(preuzeto iz Dalla Vecchia i dr., 2000)



Slika 30. Interpretacija pojedinih otisaka stražnjeg stopala A) S10p B) S9p C) S1p D) S11p E) S7p F) S13p G) S8p

(preuzeto iz Dalla Vecchia i dr., 2000)

7. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je na temelju podataka snimljenih terestričkim laserskim skeniranjem i fotogrametrijom izraditi novu kartu koja uključuje stare i nove sauropodne otiske stopala s nalazišta Solaris. U ovom radu sam prikazala kako su nove tehnologije od izuzetnog značaja prilikom paleontoloških istraživanja i daju nam jednu novu dimenziju samog nalazišta. Njihova primjena omogućava snimanje područja koja su istraživaču fizički nedostupna te daljnju analizu snimaka i podataka u laboratoriju.

Novootkriveni tragovi zajedno s kartom ukazuju na napredak ihnoloških istraživanja zahvaljujući 3D tehnologijama koje se iz dana u dan usavršavaju i podižu istraživanje na jedan viši nivo. Smatram da u takvom načinu obrade nalazišta leži rješenje problema s kojima se istraživači susreću prilikom korištenja klasičnih metoda. 2D skice koje se izrađuju kao prva etapa su jednostavne i širokodostupne, a kao druga etapa dolaze 3D računalni modeli koji omogućuju detaljnu analizu milimetarskih podataka kao i kasniju upotrebu u neke druge svrhe. Mjerenjem tragova možemo doznati mnogo o životinji koja ih je ostavila te rekonstruirati način kretanja, smjer i ponekad i brzinu.

Klasičan pristup i metode koji podrazumijevaju izradu odljeva i skica i dalje će naći svoju veliku primjenu zbog manjih troškova koje takav način istraživanja donosi za razliku od modernih tehnika. Osim osnovnih troškova materijala, takav način iziskuje i troškove boravka istraživača kao i devastaciju samog nalazišta zbog stalne izloženosti ljudskoj prisutnosti. Nabavak instrumentarija te opreme za moderne tehnike kao i programska podrška u početku donose velike troškove koji se čine neisplativima, ali gledajući dugoročno, to je nešto što je mnogo detaljnije, preciznije i isplativo na duže razdoblje.

Lasersko skeniranje i fotogrametrija kao novije geodetske discipline zasigurno će pronaći svoje mjesto u daljnjim paleontološkim, a posebno ihnološkim istraživanjima te će korelacijom geologije s drugim znanostima proizaći još niz ovakvih projekata gdje će rezultat biti preciznije i brže otkrivanje novih nalazišta i vrsta.

8. LITERATURA

Alexander, R.McN. (1976): Estimates of speeds of dinosaurs. *Nature*, 261, str. 129-130, London.

Amour, F., Mutti, M., Christ, N., Immenhauser, A., Benson, G.S., Agar, S.M., Tomas, S., Kabiri, L. (2012): Outcrop analog for an oolitic carbonate ramp reservoir. A scale dependent geologic modelling approach based on stratigraphic hierarchy, *AAPG Bulletin*, 97, str. 845-871.

Barković, Đ. (2007): *Geodezija, Povijest i budućnost geodezije*, Zagreb.

Bellian, J.A., Kerans, C., Jennette, D.C. (2005): Digital outcrop models: applications of terrestrial scanning lidar technology in stratigraphic modeling. *Journal of Sedimentary Research*, 75, str. 166-176.

Boehler, W. i Marbs, A. (2002): 3D scanning instruments. *Institute for Spatial Information and Surveying Technology*, str. 2-4, Mainz.

Buckley, S.J., Howell, J.A., Enge, H.D., Kurz, T.H. (2008): Terrestrial laser scanning in geology: data acquisition, processing and accuracy considerations. *Journal of the Geological Society*, 165, str. 625-638.

Bucković, D. (2006): *Historijska geologija 2, Mezozoik i Kenozoik*, str. 47-63, Zagreb.
http://gfz.hr/~buckovic/Historijska_geologija_2.pdf (10.8.2017.)

Chin, K. (1999): What did Dinosaur eat? Coprolites and Other Direct Evidence of Dinosaur Diets. U: *The Complete Dinosaur* (Farlow, J.O. i Brett-Surman, M.K.). Str. 371-375, *Indiana University Press*, Bloomington.

Ćosović, V. (2015): *Predavanja iz kolegija Paleoekologija*, Zagreb: *Geološki odsjek, Prirodoslovno matematičkog fakulteta u Zagrebu*
https://www.pmf.unizg.hr/download/repository/6_Paleoekologija.pdf (27.9.2017.)

Dalla Vecchia, F.M. (1998): Theropod footprints in the Cretaceous Adriatic-Dinaridic carbonate platform (Italy and Croatia). *Gaia*, 15, str. 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)- Part II-Paleontology. Estratto da *Memorie di Scienze Geologiche*, 52/2, str. 193-292, Padova.

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, str. 25-54, Modena.

Farlow, J.O., Chapman, R.E. (1999): *The Scientific Study of Dinosaur Footprints*. U: *The Complete Dinosaur* (Farlow, J.O. i Brett-Surman, M.K.). Str. 519-540, Indiana University Press, Bloomington.

Franceschi, M., Martinelli, M., Gislimberti, L., Rizzi, A., Massironi, M. (2015): Integration of 3D modeling, aerial LiDAR and photogrammetry to study synsedimentary structure in the Early Jurassic Calcarei Grigi (Southern Alps, Italy). *European Journal of Remote Sensing*, 48, str. 527-539.

Lockley, M.G. i Meyer, C. (2000): *Dinosaur Tracks and Other Fossil Footprints of Europe*. Columbia University Press, New York, str. 1-323.

Lim, M., Petley, D.N., Rosser, N.J., Allison, R.J., Long, A.J., Pybus, D. (2005): Combined digital photogrammetry and time-of-flight laser scanning for monitoring cliff evolution. *The Photogrammetric Record*, 20, str. 109-129.

Lužar-Oberiter, B., Kordić, B., Mezga, A. (2017): Digital modelling of the late Albian Solaris Dinosaur tracksite (Istria, Croatia), str. 2-15, Zagreb.

McIntosh, J.S., Brett-Surman, M.K., Farlow, J.O. (1999): *Sauropods. The Complete Dinosaur* (Farlow, J.O. i Brett-Surman, M.K.). Str. 264-289, Indiana University Press, Bloomington.

- Mezga, A. (2007): Kad su dinosauri šetali Hrvatskom...Priroda, 97/959, str. 10-21.
- Mezga, A., Tunis, G., Moro, A., Tarlao, A., Čosović, V., Bucković, D. (2006): A new Dinosaur tracksite in the Cenomanian of Istria. Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, 112, str. 435-445.
- Mezga, A., Cvetko Tešović, B., Bajraktarević, Z. (2007): First record of Dinosaurs in the Late Jurassic of the Adriatic-Dinaridic carbonate platform (Croatia). Palaios, 22, str. 188-199.
- Pringle, J.K., Howell, J.A., Hodgetts, D., Westerman, A.R., Hodgson, D.M. (2006): Virtual outcrop models of petroleum reservoir analogues: a review of the current state-of-the-art. First Break, 24, str. 33-42.
- Remondino, F., Rizzi, A., Girardi, S., Petti, F.M., Avanzini, M. (2010): 3D ichnology—recovering digital 3D models of dinosaur footprints. The Photogrammetric Record, 25, str. 266–282.
- Radanović, M, Radun, B. (2015) : Possibility of documenting and preserving cultural heritage using new technologies. Conference IGSM, Finland, vol. XXVIII, str. 1-15.
- Radun, B. (2016): Lasersko skeniranje i modeliranje nalazišta tragova dinosaura u Istri. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, str. 7-63.
- Rarity, F., Van Lanen, X.M.T., Hodgetts, D., Gawthorpe, R.L., Wilson, P., Fabuel Perez, I., Redfern, J. (2014): LiDAR-based digital outcrops for sedimentological analysis: workflows and techniques. U: Sediment-Body Geometry and Heterogeneity: Analogue Studies for Modelling the Subsurface (Martinius, A.W., Howell, J.A., Good, T.R.), Geological Society, London, Special Publications, 387, str. 153-183.

Speijer, R.P., Van Loo, D., Masschaele, B., Vlassenbroeck, J., Cnudde, V., Jacobs, P. (2008): Quantifying foraminiferal growth with high-resolution x-ray computed tomography: New opportunities in foraminiferal ontogeny, phylogeny and paleoceanographic applications. *Geosphere*, 4, str. 760-763.

Tavani, S., Granado, P., Corradetti, A., Girundo, M., Iannace, A., Arbués, P., Muñoz, J.A., Mazzoli, S. (2014): Building a virtual outcrop, extracting geological information from it, and sharing the results in Google Earth via OpenPlot and Photoscan. An example from the Khaviz Anticline (Iran), *Computers & Geosciences*, 63, str. 44-53.

Tišljar, J., Vlahović, I., Velić, I., Matičec, D. i Robson, J. (1998): Carbonate facies evolution from the Late Albian to Middle Cenomanian in southern Istria (Croatia). Influence of synsedimentary tectonics and extensive organic carbonate production, *Facies*, 38, str. 137-152.

Vlahović, I., Tišljar, J., Velić, I., Matičec, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 220, str. 333-360.

Wedel, M. (2007): Gastroliths, University of California, Museum of Paleontology
<http://www.ucmp.berkeley.edu/taxa/verts/archosaurs/gastroliths.php>

Westoby, M.J., Brasington, J., Glasser, N.F., Hambrey, M.J., Reynolds, J.M. (2012): 'Structure-from-Motion' photogrammetry. A low-cost, effective tool for geoscience applications, *Geomorphology*, 179, str. 300-314.

Xu, X., Aiken, C. I. V., Bhattacharya, J. P., Corbeanu, R. M., Nielsen, K. C., McMechan, G. A., Abdelsalam, M. G. (2000): Creating 3-D outcrop. *The Leading Edge*, 19, str. 197-202.

Korištene internet stranice

<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/tin/fundamentals-of-tin-surfaces.htm>