

# LIDAR ANALIZE OKOLICE JAME KOD RAŠPORA: UPOTPUNJAVANJE SPELEOLOŠKE PRIČE



Dino Grozić<sup>1,2</sup>, Nenad Kuzmanović<sup>3</sup>, Ivan Glavaš<sup>3</sup>, Antonio Čičeran<sup>4</sup>, Lovel Kukuljan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Speleološka udruga Estavela, Kastav

<sup>2</sup>Karsterra obrt za istraživanja i stručne poslove, Jurdani

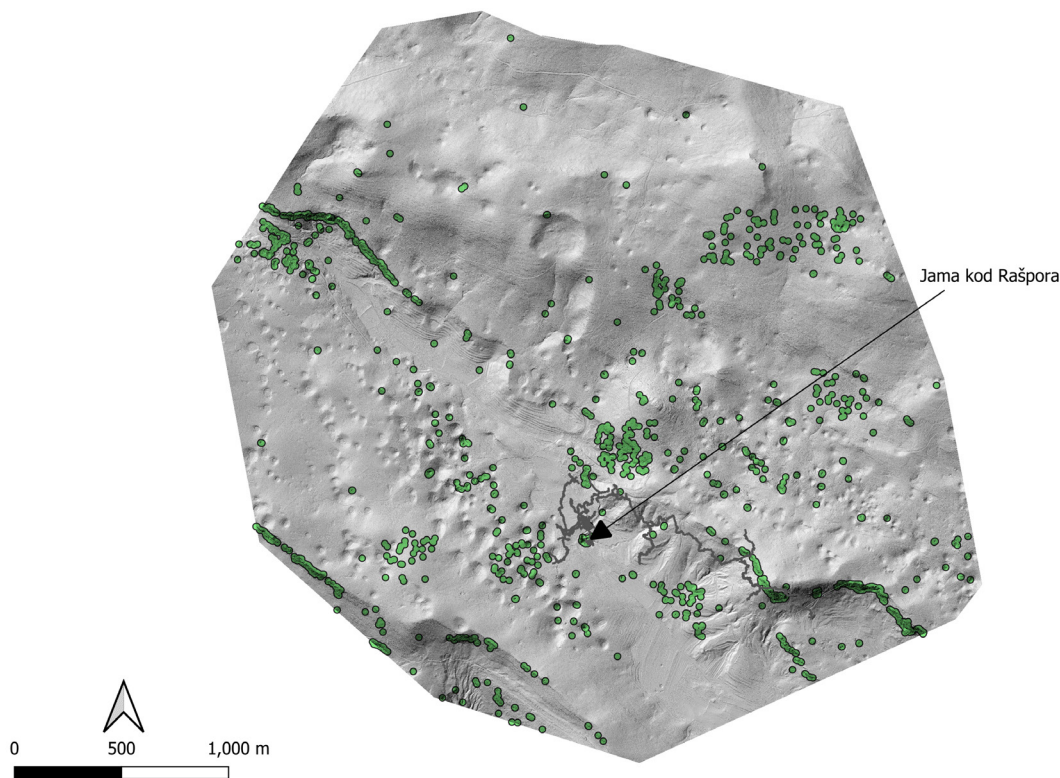
<sup>3</sup>Speleološka udruga Spelunka, Ika

<sup>4</sup>Speleološki klub Had, Vrsar

U okviru projekta „Kaštelir“ 2020. godine provedeno je detaljno LiDAR snimanje površine 9,15 km<sup>2</sup> oko lokaliteta gradine Rašpor u Istri radi arheoloških istraživanja. S obzirom da se na tom području prostiru i svi istraženi kanali Jame kod Rašpora ukupne duljine preko 7200 m, ovi

podatci analizirani su u svrhu pronalaska potencijalnih speleoloških objekata koji bi mogli omogućiti vezu s dubokim rašporskim podzemljem. Na ovom području od prije su poznate 34 špilje, jame, izvora, ponora i puhalica, a LiDAR analizama pronađeno je 49 potencijalnih ulaza u

speleološke objekte. Analize su pokazale preklapanje s prije poznatim podacima u 22 slučaja. U konačnici, na već detaljno rekognosciranom terenu pronađeno je pet do sada nepoznatih ulaza u speleološke objekte te se obrada LiDAR podataka još jednom pokazala kao moćan alat



Slika 1. | Negativne anomalije prepoznate automatiziranom obradom LiDAR podataka

u provedbi sustavnih speleoloških istraživanja nekog područja.

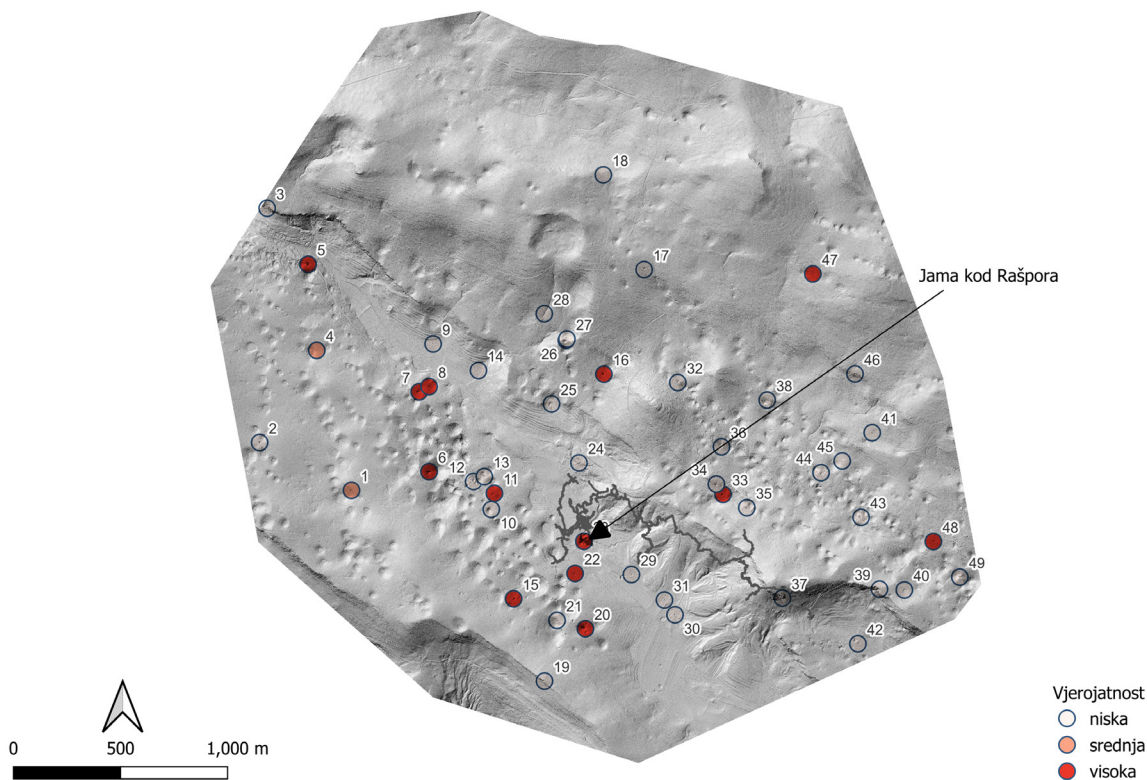
Kao i sve dosadašnje priče s obradom LiDAR podataka u svrhu pronalazanja speleoloških objekata u Republici Hrvatskoj, i ova je započela slučajnim saznanjem da negdje postoje nekakvi podatci dobiveni LiDAR snimanjem. Prva informacija došla je od Dalibora Reša koji je nešto o tome prije koju godinu pročitao u novinskom članku (Šverko, 2021), a pojavio se i članak u *Histrici archaeologici* s vrlo detaljnim prikazima sjenčanog reljefa (Buršić-Matijašić i sur., 2021). Trebalo je još dosta vremena da se tragovi ove priče dovoljno puta slučajno pojave u različitim kontekstima da bi počela zvučati opipljivo. Najvećim se problemom do sada pokazao saznati postoje li uopće LiDAR podatci, koji prostor obuhvaćaju, koje su kvalitete, i ono najteže, kako do njih doći. S obzirom da se na širem području srednjovjekovnog kaštela Rašpor, radi kojeg je snimanje provedeno, prostiru kanali Jame kod Rašpora ukupne duljine preko 7200 m, mogućnost pronalaska novih ulaza u rašporsko podzemlje bila

je dobra motivacija. Konačno, prvi konkretan kontakt prema realizaciji bio je Nenad Kuzmanović Kuzma koji me uputio prema prof. Klari Buršić-Matijašić koja je sudjelovala na provedbi EU projekta KAŠTELIR u okviru kojeg je snimanje provedeno. Upit o mogućnosti korištenja LiDAR podataka dalje je prosljeđen na Istarsku županiju kao partnera projekta te je vraćen odgovor da se podatci mogu ustupiti isključivo javnim ustanovama na službeni zahtjev. Podatci postoje. Ne znamo kakvi, ali postoje, dovoljno dobro. S obzirom da je relativno nedavnim preslagivanjima ingerencija Jama kod Rašpora, kao stanišni tip 8310 mreže Natura 2000, dopala pod nadležnost Javne ustanove Park prirode Učka (JUPPU), da je JUPPU bila sudionik projekta KAŠTELIR, te da je naša namjera korištenja LiDAR podataka pronalaznje potencijalno novih ulaza u Jamu kod Rašpora i novih speleoloških objekata u njezinoj okolici u nekomercijalne svrhe, stručna voditeljica JUPPU Dalia Matijević, uputila je službeni upit Istarskoj županiji. Upit je uslišen, dobili smo pristup podatcima! Trebalo je samo puno slučajnosti,

upornosti i voljnih ljudi kojima ovim putem zahvaljujemo.

LiDAR snimanje okolice kaštela Rašpor provedeno je 26. studenog 2020. godine i obuhvatilo je površinu od 9,15 km<sup>2</sup>. S obzirom da je snimanje provedeno za potrebe arheoloških istraživanja, radi se o vrlo detaljnom snimanju s prosjekom od 71,74 točaka po m<sup>2</sup> te obuhvaća širi prostor svih poznatih kanala Jame kod Rašpora. S obzirom na očiglednu speleološku zanimljivost ovog područja, Nenad Kuzmanović, Ivan Glavaš i Antonio Ciceran već su u prošlosti proveli iscrpna terenska rekognosciranja. Organizacijom i usporedbom postojećih podataka utvrđeno je da se na području snimanja već nalaze ili potencijalne ulaze u speleološke objekte (puhalice, izvore, sitaste ponore). Puno je toga već bilo poznato, ali mogli smo se nadati da ćemo ipak uspjeti pronaći nešto novo.

Metodologija obrade LiDAR podataka u svrhu pronalaska potencijalnih ulaza u speleološke objekte temeljena je na sličnim dosadašnjim

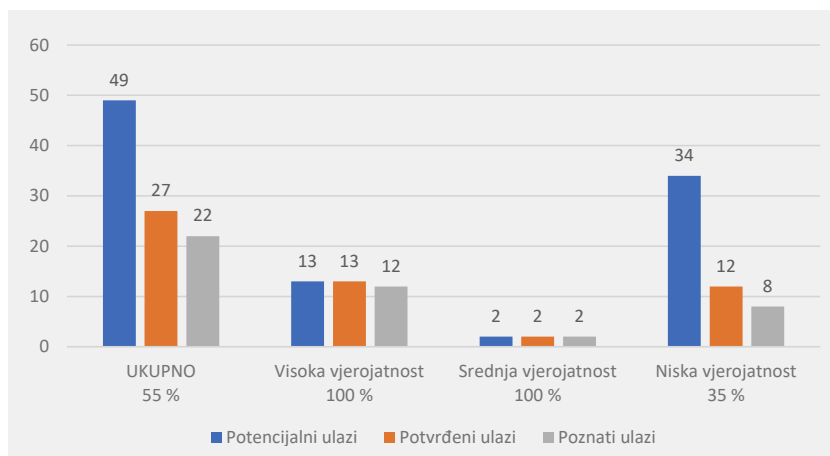


Slika 2. | Rezultat ručne kategorizacije rezultata automatizirane obrade

analizama provedenim u RH (Grozić i sur., 2022), a obuhvaća reklasifikaciju oblaka točaka korištenjem kombinacije Progressive Morphological Filter (Zhang i sur., 2003), Simple Morphological Filter (Pingel i sur., 2013) i Extended Local Minimum filtera (Chen i sur., 2012). Generiran je digitalni model reljefa rezolucije 0,2 m te je na njemu primijenjena LRM metoda (Hesse, 2010). S obzirom na visoku detaljnost podataka, i činjenicu da nismo bili u potrazi samo za već razvijenim ulazima u speleološke objekte već i za drugim morfološkim pojavama koje nam mogu ukazivati na prisutnost speleoloških objekata, kriteriji za detekciju postavljani su jako široko pa je tako u obzir uzeta svaka anomalija u prostoru koja za više od -1 m odstupa od lokalnog reljefa u krugu od 1,4 m kako bi se detektirale i vrlo male anomalije. Analize su provedene u Python okruženju korištenjem standardnih alata za prostornu obradu rasterskih i vektorskih podataka (GDAL, Rasterio, Geopandas...) i georeferenciranih oblaka točaka (PDAL). Za vizualizaciju i manju manipulaciju podacima korišten je QGIS dok je za

vizualizaciju oblaka točaka korišten Displaz. Ručnom provjerom rezultata obrade (slika 1) podataka prepoznato je 49 anomalija koje bi mogle predstavljati potencijalne ulaze u speleološke objekte. Prepoznate anomalije kategorizirane su prema vjerojatnosti (Grozić, 2022) te je tako 12 anomalija smješteno u kategoriju visoke, dvije u srednje i 34 niske vjerojatnosti (slika 2). Usporedba s postojećim podatcima pokazala je preklapanje u 22 slučaja (12 visoka, dva srednja, osam niska vjerojatnost).

Terensko rekognosciranje preostalih 27 lokacija provedeno je tijekom veljače 2022. godine i siječnja 2023. godine u razdobljima bez snijega. Ukupni rezultati prikazani su na slici 3. Najviše lažno pozitivnih rezultata nalazi se u kategoriji niske vjerojatnosti, međutim, u više slučajeva prepoznati su ulazi u pojave koje umalo zadovoljavaju morfološke kriterije kategorizacije speleološkog objekta, i to češće one s horizontalnim ulazima (slika 4). Također, zahvaljujući širokom kriterijima automatskog



Slika 3. | Rezultati provjere potencijalnih ulaza u speleološke objekte





**Slika 4.** | Potencijalni ulaz u speleološki objekt LiDAR br. 2: širina ulaza veća od duljine. | Foto: Dino Grozić



**Slika 5.** | Mala špilja pronađena obradom LiDAR podataka. | Foto: Dino Grozić

prepoznavanja anomalija u prostoru pronađene su pojave poput sufozija s protočnim kanalima na dubini od 2 m koje ne predstavljaju uspješni pronalazak speleološkog objekta, ali s obzirom na njihovu blizinu Jame kod Rašpora, nadopunjuju naše znanje o površinskim kretanjima voda u neposrednoj blizini Jame kod Rašpora. U konačnici, zahvaljujući obradi LiDAR podataka pronađeno je pet do sada nepoznatih speleoloških objekata (slika 5). LiDAR podatci visoke rezolucije kakvi se prikupljaju za potrebe arheoloških istraživanja pokazali su se iznimno korisnima za sustavnu speleološku obradu ciljanih područja.

### ► Zahvale

Uz navedene u tekstu, zahvaljujemo Nataliji Mrnjavac i Lei Marot koje su sudjelovale u terenskom rekognosciranju potencijalnih speleoloških objekata.

### ► Literatura

- Buršić-Matijašić, K., Matijašić, R., Bulić, D., i Grgurić, M. (2021). Gradina Rašpor. *Histria archaeologica: Časopis Arheološkog muzeja Istre*, 51(51.), 205-269.
- Chen, Z., Devereux, B., Gao, B., i Amable, G. (2012). Upward-fusion urban DTM generating method using airborne Lidar data. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 72, 121-130
- Grozić, D. (2022). Upotreba podataka dobivenih ALS LiDAR snimanjem za pronalazak potencijalnih speleoloških objekata. Instruktorski rad, HPS, Jušići, pp. 41, [www.hps.hr/](http://www.hps.hr/), 5. 6. 2023.
- Grozić, D., Antonić, L. i Antonić, O. (2022). Large scale test of ALS LiDAR data utilization for cave entrance detection: a case study from the UNESCO World Heritage Site - Plitvice Lakes National Park, Croatia. U: 18th International Congress of Speleology - Savoie Mont Blanc 2022 Vol. VI - *Karstologia Mémoires n°26 - SYMPOSIUM 09 - Topography, Mapping, 3D, Documentation*, 25-28, [www.uis-speleo.org/](http://www.uis-speleo.org/), 5. 6. 2023.
- Hesse, R. (2010). LiDAR-derived Local Relief Models – a new tool for archaeological prospection. *Archaeol. Prospect.*, 17, 67-72.
- Pingel, T. J., Clarke, K. C. i McBride, W. A. (2013). An improved simple morphological filter for the terrain classification of airborne LIDAR data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 77, 21-30.
- Šverko, Č. (2021). Arheološki lokalitet Rašpor u srcu Čićarije: U prošlosti su ga nazivali "ključem obrane cijele Istre", a danas je predmet arheoloških istraživanja. *Glas Istre*, <https://www.glasistre.hr/>, 5. 6. 2023.
- Zhang, K., Chen, S. C., Whitman, D., Shyu, M. L., Yan, J., i Zhang, C. (2003). A progressive morphological filter for removing nonground measurements from airborne LIDAR data. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*, 41(4), 872-882.

## LiDAR analyzes of the surroundings of Jama kod Rašpora: completing the speleological story

In 2020, as part of the "Kaštelir" project, a detailed LiDAR survey of an area of 9.15 km<sup>2</sup> was carried out around the site of the Rašpor castle in Istria for archaeological research. Given that all the explored channels of Jame near Rašpor with a total length of over 7,200 m extend in this area, these data were analyzed for the purpose of finding potential speleological objects that could enable a connection with the deep underground of Rašpor. 34 caves, pits, springs, sinkholes and vents have been known in this area for a long time, and LiDAR analyzes have found 49 potential entrances to speleological objects. Analyzes showed overlap with previously known data in 22 cases. In the end, 5 hitherto unknown entrances to speleological objects were found on the already thoroughly reconnoitered terrain, and the processing of LiDAR data once again proved to be a powerful tool in the implementation of systematic speleological research of an area.