



LiDAR - **rekognosciranje** **iz fotelje**

Milivoj Uroić | SO HPD »Željezničar«

Borna Sabljak | SO HPD »Željezničar«

LiDAR oblak točaka
Autor: Milivoj Uroić

Uvod

Vremena se ubrzano mijenjaju. Ne nužno na bolje, ali puno je produktivnije usvojiti pozitivne promjene, nego kritizirati negativne i žaliti za »dobrim starijim vremenima«.

Speleološka pretraga nekog terena prije bi često započela tako da odete u selo i raspitate se kod lokalnog stanovništva o njima poznatim špiljama i jamama. Iako to još uvijek spada u arsenal dobrih strategija, danas su sela i zaseoci napušteni, a i »lokalci« su više vikendaši nego pastiri. No u današnje doba globalne pohrane informacija postoji alternativa, naravno, u informatičkom svijetu. Osim sveprisutnog *guglanja* za podacima, na raspolaganju su razne kartografske podloge, ortofoto snimke (netočno nazvane satelitske), digitalni model reljefa (DMR), a odnedavno i LiDAR snimka cijelog teritorija Hrvatske.

LiDAR (eng. *Light Detection and Ranging*) predstavlja širi pojam i označava tehnologije izmjere laserom kao što su ULS (eng. *Unmanned Aerial Vehicle Laser Scanning*) i TLS (eng. *Terrestrial Laser Scanning*), dok podaci koje ovdje koristimo predstavljaju podatke dobivene ALS-om (eng. *Airborne Laser Scanning*), za koji se često koristi sinonim LiDAR. Posebno ćemo se osvrnuti na dvije klase LiDAR podataka. Izvorni oblik predstavlja oblak točaka (eng. *point cloud*), a njihovom preradom izrađuje se digitalni model reljefa (DMR, eng. *Digital Elevation Model*, DEM).

Do dijela navedenih podataka može se doći putem Geoportala Državne geodetske uprave (DGU) i online mrežnih podataka (WMS – eng. *Web Map Service*) iz aplikacija kao što su QGIS za računalo ili OruxMaps za Android mobitele, dok je za LiDAR podatke potrebno podnijeti zahtjev. Za vizualizaciju LiDAR podataka uglavnom koristimo programe FugroViewer ili CloudCompare. Upotreba LiDAR podataka došla je u fokus šire zajednice speleologa koji ih posredno koriste, uglavnom putem vrlo pozitivnih primjera primjene na Šverdi, Plitvicama i Crnopcu (Grozić i dr., 2021).

Ne namjeravamo se u članku baviti tehničkim detaljima. Oni se brzo mijenjaju, a zainteresiranim speleolozima toplo preporučujemo seminare KS HPS-a na temu kartografije, koji se periodično ponavljaju, kao i članak u časopisu *Subterranea Croatica* (Grozić i Kukuljan, 2017) te detaljniji instruktorski rad Dine Grozića (2022).

Svakako najbitnija novost koja je u međuvremenu nastala jest ponuda LiDAR podataka za cijelu Hrvatsku. Iako je za te podatke (zasad) potrebno podnijeti zahtjev, prema dosadašnjem, vrlo pozitivnom iskustvu, speleolozima su zahtjevi brzo riješeni, uz minimum administriranja. Ponuđeni podaci cijelog teritorija podijeljeni su u listove 1200 m × 800 m, a podjela se može naći na stranicama DGU-a uključivanjem sloja *Podjela na listove* unutar osnovnih slojeva. Svakako je praktično koristiti podjelu na listove jer je pomoću njih jednostavnije ispuniti zahtjev. Druga je mogućnost napraviti QGIS poligonski sloj (.shp datoteku) i to poslati u zahtjevu. Treba napomenuti i da su oblaci točaka tih listova (.laz datoteke) prilično veliki (prosječno oko 350 MB po listu), pa je poželjno procijeniti optimum količine traženih podataka i započeti s nekim malim (ali bitnim) terenom, npr. okolicom ljetnog logora, te po mogućnosti razviti osjećaj za podatke na poznatim objektima. Modeli reljefa (DMR) i (nama manje bitni) modeli površina puno su skromniji u odnosu na .laz datoteke, a veličina im iznosi maksimalno 4.5 MB po listu. Ti podaci svakom kvadratnom metru tlocrta pripisuju jednoznačnu visinu i prikazani su kao crno-bijele slike dimenzija 1200 m × 800 m uz 256 nijansi (sirovi podaci). Pretraga speleoloških objekata pomoću DMR-a ima svoje prednosti i nedostatke, koje ćemo detaljnije prikazati u idućem poglavlju.

LiDAR

Prednost oblaka točaka jest u tome što su to izvorni podaci koji nastaju »skeniranjem« terena laserskim daljinomjerom, koji za veliko mnoštvo točaka daje visoku (centimetarsku) preciznost položaja u prostoru, odnosno svaka je točka georeferencirana. Njihova statistička obrada omogućuje i osnovnu klasifikaciju, pa oblak točaka najčešće sadrži i podatak o tome je li točka dio tla (reljef), građevine, vegetacije i sl., ili pak ostaje nedefinirana. Ove zadnje potencijalno su interesantne speleolozima, jer prodor LiDAR-a ispod razine reljefa zbunjuje algoritam za klasifikaciju, a speleolozima predstavlja potencijalni ulaz u objekt.

DMR ima svoje prednosti i primjene u postupku otkrivanja novih ili traženju postojećih objekata. Manja veličina datoteka omogućuje učitavanje velikog broja listova odjednom, što

omogućuje pretragu većeg područja i izdvajanje područja interesantnog za daljnje proučavanje. Također, u programu QGIS dostupan je *plug-in Relief Visualization Toolbox* (Kokalj i Hesse, 2017; Kokalj i dr., 2019) (Slika 4), koji omogućuje različite vizualizacije DMR-a koje u nekim slučajevima mogu olakšati pretragu. Još jedan koristan alat prilikom traženja objekata pomoću DMR-a predstavlja *Elevation profile*, koji je u zadnjih nekoliko verzija QGIS-a integriran u program, a omogućava izradu visinskih profila u par klikova (Slika 5). Svakako na umu treba imati i nedostatke ovakvog pretraživanja objekata. Prvi i najveći nedostatak jest činjenica da se DMR izrađuje interpolacijom iz oblaka točaka, pri čemu se dio informacija gubi ili generalizira, što dovodi do zaglađivanja mikoreljefnih oblika ili čak potpunog izostanka manjih, čime se preciznost i vjernost prikaza stvarne topografije smanjuje u odnosu na izravni rad s klasificiranim oblakom točaka.

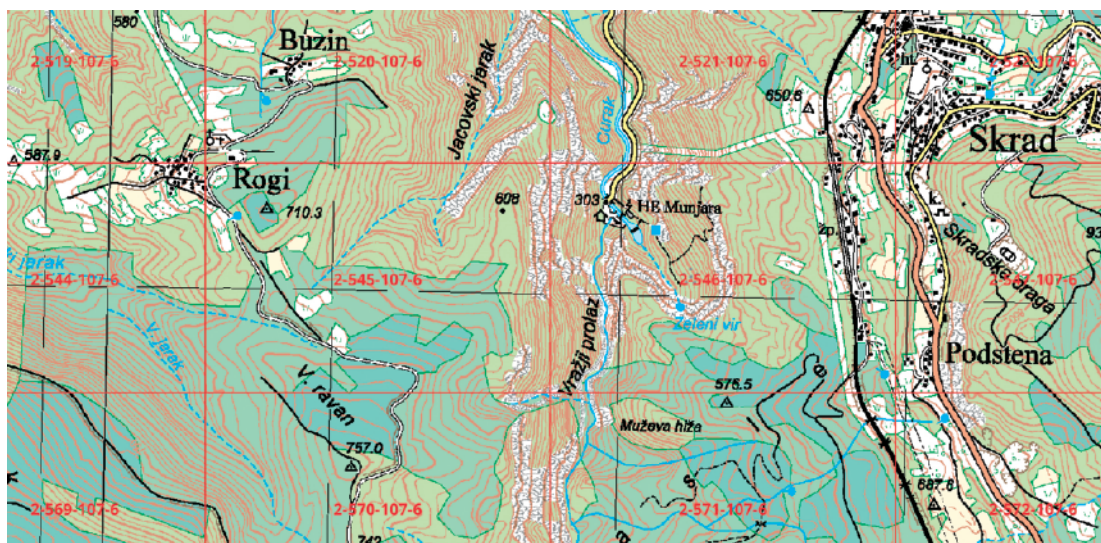
Prikaz podataka

Kao primjer prikazujemo jamu Sandor kod sela Rogi, između Kupjaka i Broda na Kupi, u Gorskom kotaru. Jamu su članovi SOŽ-a istražili 1999. godine. Njena je dubina 75 m, ali do sada nismo imali točne koordinate njezinog ulaza, zbog čega smo je

jednom i bezuspješno tražili. S obzirom na to da je ulaz solidnih dimenzija, 7 m × 3 m, bez problema smo je našli »za stolom« pomoću LiDAR podataka za desetak minuta. Vidljiva je na modelu reljefa, no u praksi kada nešto nađete, uvijek ćete poželjeti »vidjeti to u 3D«, dakle u izvornom oblaku točaka. Na prikazanim isječcima vidi se razina podataka do koje je moguće doći pomoću karte, digitalnog modela reljefa i izvornog LiDAR oblaka točaka za objekt s jamskim ulazom solidnih dimenzija (Slike 1 – 8).

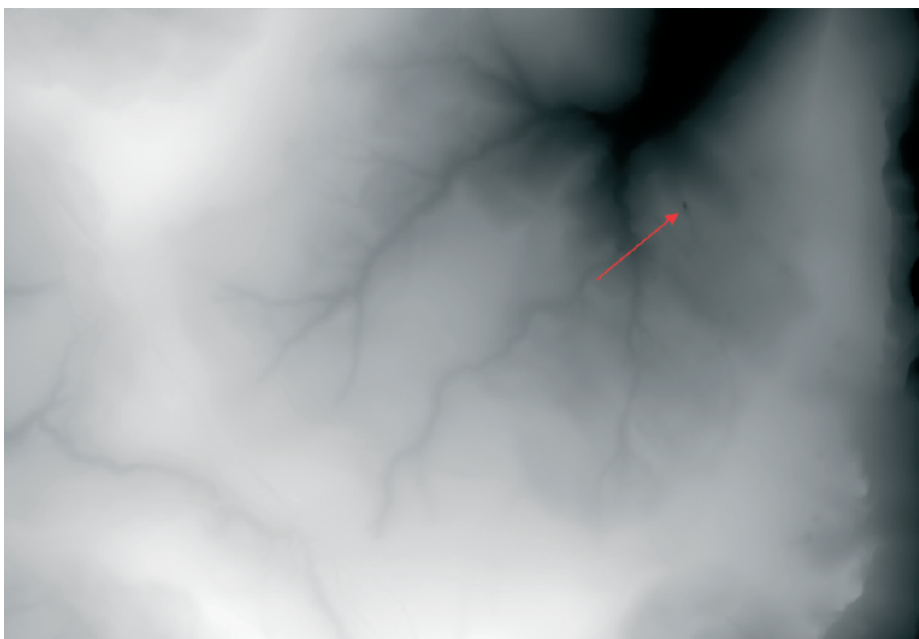
Kako početi?

Nakana nam je potaknuta ljude da u upotrebi LiDAR-a naprave barem prvi informatički korak, »Hello World«, kako bi rekli programeri. Namjerno nismo prikazali sistematsko »češljanje« terena jer je to opsežno, pa bismo tu radije preporučili upotrebu već gotovih obrada, što se pokazalo vrlo produktivnim na Plitvicama i Crnopolcu. Odaberite poznatu jamu s velikim ulazom i barem okvirnim koordinatama, pogledajte na karti koji vam isječak treba, zatražite ga e-poštom od DGU-a i probajte se poigrati s njim u programima FugroViewer ili CloudCompare. Mislimo da bi u svakoj speleološkoj udruzi barem jedan član to trebao znati napraviti.

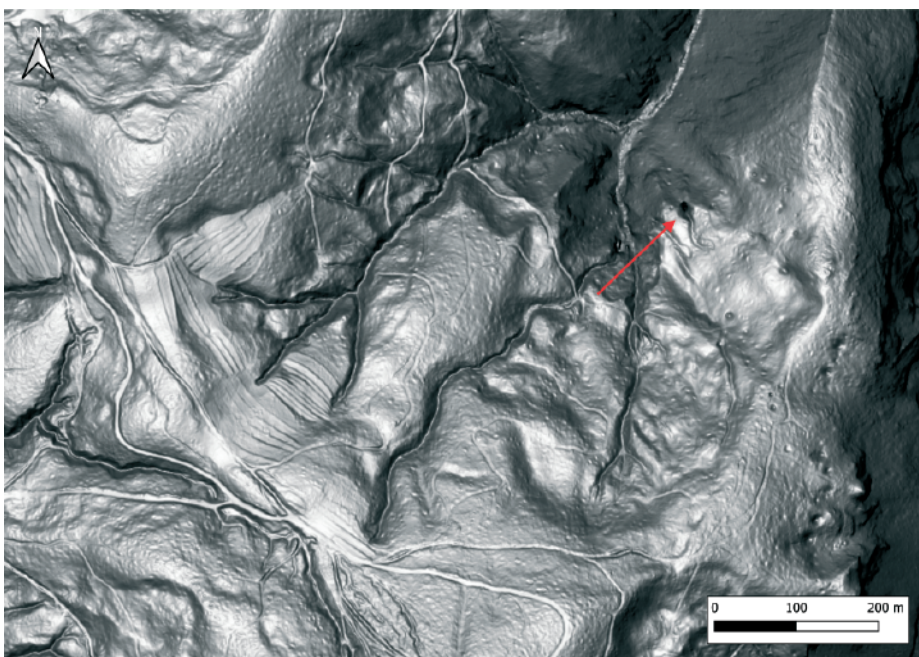


Slika 1. Isječak TK karte 1 : 25000 i podjela na LiDAR listove. Jama (u jarku, jugoistočno od sela Rogi) se ne vidi na karti, no saznali smo da trebamo tražiti podatke za list 2-545-107-6.

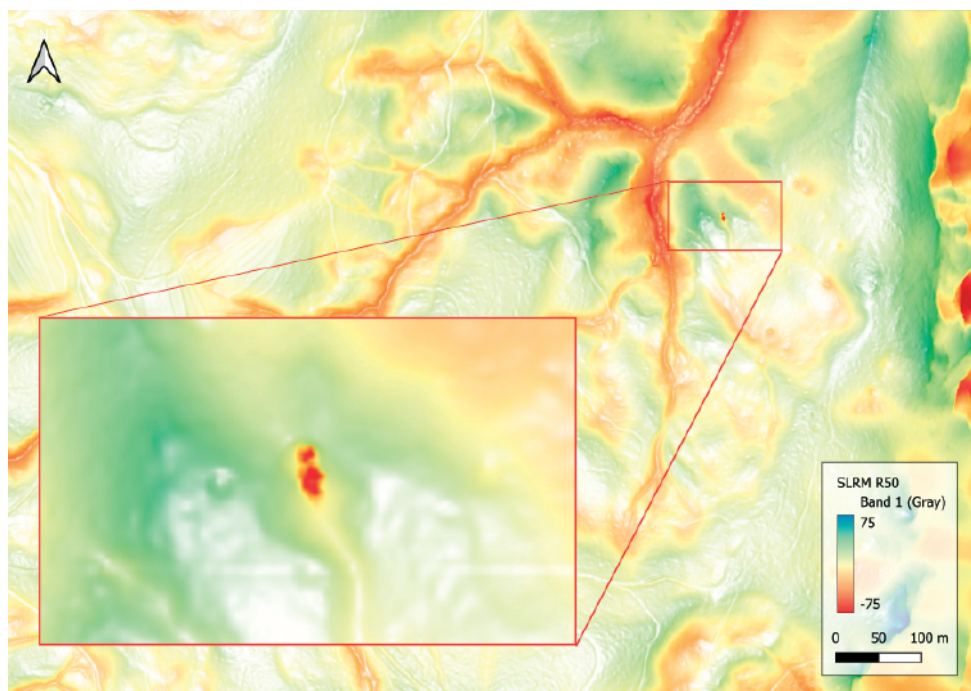
Autor: Milivoj Uroić



*Slika 2. Digitalni model reljefa za list 2-545-107-6, sirovi podaci. Kao pravi generali poslije bitke, tvrdit ćemo da se jama lako uočava kao crna mrlja (koja predstavlja elevaciju osjetno nižu od okolnih točaka) na desnoj padini jarka u desnom kutu slike (označena crvenom strelicom).
Autor: Borna Sabljak*

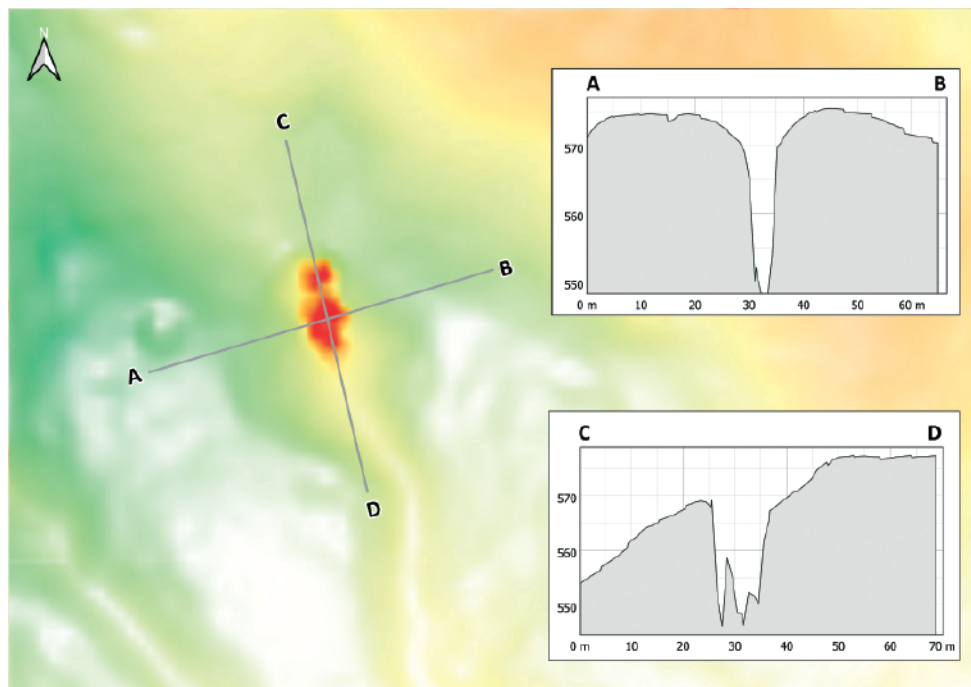


*Slika 3. Osjenčani digitalni model reljefa s azimutom 315° i elevacijom izvora svjetlosti 5°. Jama se nešto bolje vidi kao crna točka u odnosu na ostatak terena. Također, razina detalja (putovi, vrtače) naglašena je sjenčanjem. Naglasili bismo da je promijenjen jedino prikaz, tj. podaci su isti kao za Sliku 2.
Autor: Borna Sabljak*



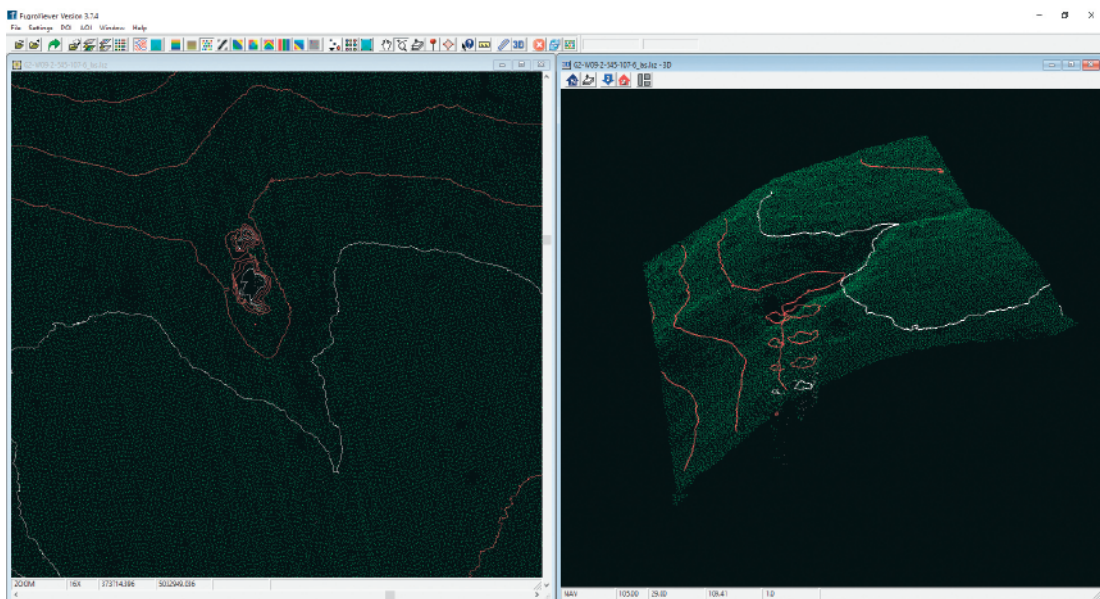
Slika 4. Vizualizacija područja interesa modelom Simple relief radijusa pretrage 50 m, s vrijednostima klasificiranim u rasponu boja. Jama se vidi kao istaknuta crvena točkica.

Autor: Borna Sabljak

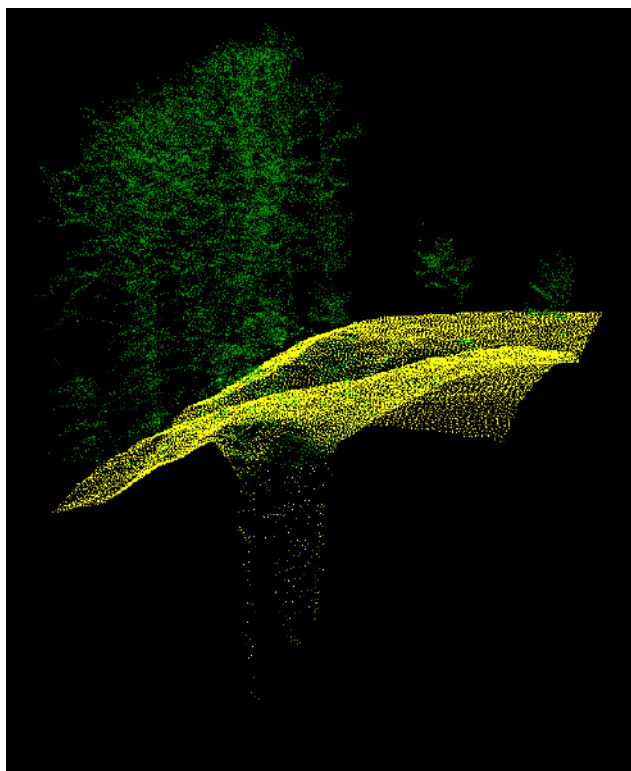


Slika 5. Visinski profil izvučen alatom Elevation profile u programu QGIS.

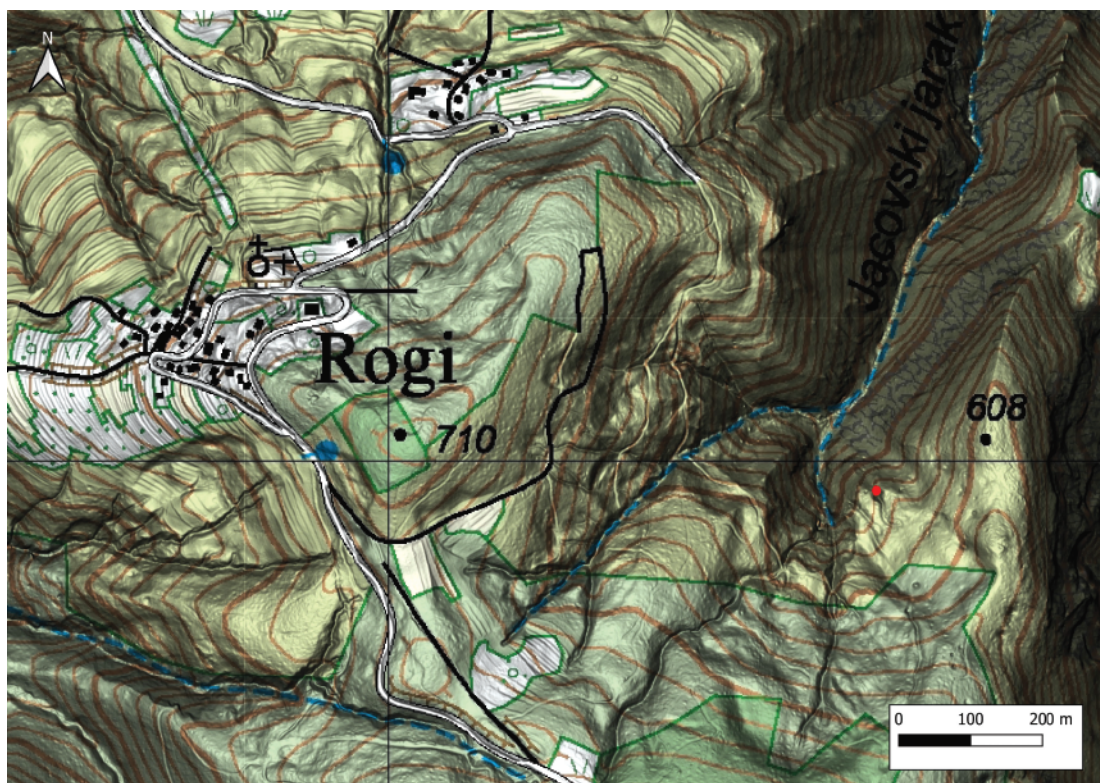
Autor: Borna Sabljak



Slika 6. Pregled dijela oblaka točaka u programu FugroViewer. Program može generirati izohipse iz podataka, što je za red veličine preciznije od uobičajenih izohipsi prikazanih na karti. Sloj vegetacije po potrebi prikazemo ili izostavimo. Jamu prepoznamo po četiri dodatne izohipse (odabrali smo ekvidistancu 5 m), što znači da je laserska zraka prodrla više od 20 m u dubinu jame. Prava vrijednost prikaza ne da se dočarati na papiru, ali se dobro vidi kada desnu sliku »malo zavrtite« u programu FugroViewer, tj. pogledate iz različitih kutova.
Autor: Milivoj Uroić



Slika 7. Isječak sirovih podataka (oblaka točaka) bez ikakve obrade, uz izvornu klasifikaciju. Vidi se da je mnoštvo točaka pogodilo u obod jame. To otklanja eventualnu sumnju jer vrlo mali broj točaka može biti greška u prikupljanju podataka nastala krivom interpretacijom višestruke refleksije laserske zrake. Također, isječak je dovoljno »tanak« da se dobro vide pojedinačna stabla u šumi.
Autor: Milivoj Uroić



Slika 8. Karta pripremljena »za teren«, osim oznake jame (crvena točka JZ od kote 608). Za podlogu karte odabran je osjenčani model reljefa s preslojenom topografskom kartom 1 : 25000 (TK25). Već i površan pregled govori da je reljef neusporedivo detaljniji od karte TK25. Na seminaru o kartografiji KS HPS-a održanom u siječnju 2026. godine Jurica Jagetić prikazao je i metodu izrade vrlo detaljne karte bez upotrebe TK25, tj. samo iz LiDAR podataka.

Autor: Borna Sabljak

Zaključak

Upotreba LiDAR podataka uvelike olakšava traženje speleoloških objekata. Ona nije zamjena za rekognosciranje, objekti s ulazima manjih dimenzija i dalje su nevidljivi oku LiDAR-a, ali njegovo korištenje omogućuje puno produktivniju i ciljanu pretragu terena. Lutanje i nasumična pretraga i dalje imaju smisla, ali uspjeh rekognosciranja uvelike ovisi o prethodnoj pripremi (što je i prije bio slučaj, ali se karakter pripreme mijenja). I dalje je potreban čovjek da na terenu presudi je li nešto speleološki zanimljivo i kolika je perspektiva, ali tehnička priprema može biti dio potrage tako da nas navodi na lokacije koje izgledaju perspektivno. Također, upućujemo zainteresirane speleologe na neposrednu suradnju, u našem Odsjeku s arhivskom Meom Bombardelli, a generalno, pogotovo

u vezi s hrvatskim podacima LiDAR-a, s Dinom Grozićem ili Juricom Jagetićem.

Kako smo imali prilike vidjeti na nedavnom seminaru KS HPS-a, LiDAR će se kao tehnologija »uvući« i u topografsko snimanje *unutar* objekta, ali to je već druga tema.

Literatura

- Grozić, D., Antonić, L., Antonić, O., 2021: 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, 18th Int. Cong. of Speleology – SYMPOSIUM 09 – Topography, Mapping, 3D, Documentation.

- Grozić, D., Kukuljan, L., 2017: Kad rekognosciranje postane kabinetski rad, *Subterranea Croatica* 15 (1), 62–65.
- Grozić, D., 2022:, *Upotreba podataka dobivenih ALS LiDAR snimanjem za pronalazak potencijalnih speleoloških objekata*, instruktorski rad, Hrvatski planinarski savez, Komisija za Speleologiju, Jušići.
- Kokalj, Ž., Zakšek, K., Oštir, K., Pehani, P., Čotar, K., Somrak, M., 2019: *Relief Visualization Toolbox, ver. 2.2.1, Manual*, Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, Ljubljana.
- Kokalj, Ž., Hesse, R., 2017: *Airborne laser scanning raster data visualization: A Guide to Good Practice*, Založba ZRC, Ljubljana.



Slika 9. Ulaz u jamu Sandor.
Slikano 1. 5. 1999.
Autor: Milivoj Uroić

LiDAR: Field Survey from an Armchair

Traditional reconnaissance is slowly becoming a thing of the past with the emergence and availability of LiDAR (Light Detection and Ranging) technology. This paper presents a basic workflow and examines the application of this type of data in speleological reconnaissance, with a focus on detecting cave and pit entrances more efficiently. Traditional methods of terrain investigation rely on local knowledge and field reconnaissance, whereas contemporary geospatial datasets, particularly airborne laser scanning (ALS), enable systematic and remote analysis of terrain features from the comfort of one's home. The study focuses on two principal LiDAR-derived data forms: raw point clouds and digital terrain models (DTM). Point clouds provide highly accurate, georeferenced three-dimensional data and allow basic classification of surface features, offering greater analytical precision. Digital terrain models, however, although computationally more efficient and suitable for large-area screening, may generalize or omit fine-scale geomorphological features due to interpolation processes, but remain useful for preliminary scanning of the area of interest. This workflow is demonstrated through a case study of the Sandor Pit in Gorski kotar, where the pit entrance was successfully identified through remote analysis despite the absence of precise spatial data. This example illustrates how LiDAR data can significantly enhance the efficiency and focus of speleological fieldwork by enabling targeted reconnaissance. However, it does not replace in-person verification, as smaller features may remain undetected. LiDAR thus represents a valuable methodological advancement in the preparatory phase of speleological research.