



**ZRC SAZU**

**STORITEV AEROLASERSKEGA SKENIRANJA (ALS) OBMOČJA POSEBNEGA  
ARHEOLOŠKEGA ZANIMANJA V JUGOVZHODNI BOSNI IN HERCEGOVINI**

**'TEHNIČNE SPECIFIKACIJE'**

Št. UPR-2024-ZN-0876

## VSEBINA

1.	UVOD .....	4
2.	OBMOČJE PROJEKTA IN ČAS IZVAJANJA.....	5
	Območja skeniranja.....	5
	Časovni okvir za zajem podatkov in predložitev rezultatov.....	5
3.	ZAHTEVE ZA ZAJEM PODATKOV.....	6
	Osnovne zahteve .....	6
	Tehnična vsebina ponudbe za pridobivanje podatkov .....	6
	Koordinatni sistem.....	6
4.	ZAGOTAVLJANJE KAKOVOSTI.....	6
	Minimalne zahteve .....	6
	Instrumenti.....	7
	Čas GNSS.....	7
	Vrednosti intenzitete.....	7
	Gostota točk .....	7
	Pravilnost prostorske porazdelitve .....	8
	Podvojene točke.....	8
	Pogoji za zajem podatkov .....	8
5.	OBDELAVA PODATKOV .....	8
	Izrezi, zapisi, način poimenovanja in struktura datotek.....	9
	Identifikator izvora točke .....	9
	Klasifikacija točk .....	9
	Standardne označbe točk .....	9
6.	IZROČKI .....	10
	Georeferenciran in klasificiran oblak točk (GKOT).....	10
	Digitalni model reliefa (DMT).....	10
	Digitalni model oblik (DMO) .....	10
	Metapodatki in tehnično poročilo.....	10
7.	GARANCIJA .....	10
8.	POGOJI LASTNIŠTVA IN SOUPORABE PODATKOV .....	11
9.	BIBLIOGRAFIJA .....	11

## Okrajšave

ALS	aerolasersko skeniranje
ANGPD	nazivna gostota združenih talnih točk je rezultat razvrščanja podatkov iz več prehodov lidarskega instrumenta ali enega samega prehoda platforme z več lidarskimi instrumenti nad istim ciljnim območjem
ATL1.0	Standardi položajne natančnosti ASPRS za digitalne prostorske podatke ver. 1.0 (angl. ASPRS positional accuracy standards for digital geospatial data ver. 1.0)
DMV	digitalni model višin (nadpomenka za DMT, DMO...)
DMO	digitalni model oblik
DMT	digitalni model terena
GKOT	georeferenciran in klasificiran oblak točk
GNSS	globalni navigacijski satelitski sistem
INS	inercialni navigacijski sistem
KMZ	stisnjen zapis Keyhole Markup Language
LAS1.4	Specifikacija LAS 1.4
NPD	nominalna gostota pulzov je povprečno število oddanih laserskih pulzov na prostorsko enoto, ki se predvidi pri načrtovanju misije za zajem podatkov, zbranih z enim instrumentom v enem snemalnem pasu. Običajno se izraža kot število pulzov na kvadratni meter.
OLS21A	Osnovna specifikacija za lidar USGS 2021 rev. A. (angl. USGS LiDAR Base Specification 2021 rev. A)
preklopna točka	točka na območju prekrivanja dveh ali več snemalnih pasov (angl. overlap point)
shp	vektorski zapis ESRI Shapefile
zadržana točka	točka v oblaku točk laserskega skeniranja, ki ima glede na specifikacije podatkovnega zapisa LAS poseben zaznamek, npr. zaradi nezanesljivosti, geometrične nepravilnosti in ni vključena v obdelavo podatkov, vendar ostane v prvotnem oblaku točk (angl. withheld point)

## 1. UVOD

Ta dokument, v nadaljevanju Tehnična dokumentacija, opredeljuje obseg in vsebino izvedbe javnega naročila za aerolasersko skeniranje (ALS) območja posebnega arheološkega zanimanja v jugovzhodni Bosni in Hercegovini. Podatki ALS so prvenstveno namenjeni arheološki interpretaciji. V dokumentu so opisani tehnični parametri zajema in obdelave podatkov, vsebina in obseg rezultatov ter zahteve glede kakovosti, ki jih morajo izpolnjevati rezultati projekta. Izvajalec mora v celoti upoštevati tehnično dokumentacijo, ki je del pogodbe med Znanstvenoraziskovalnim centrom Slovenske akademije znanosti in umetnosti (ZRC SAZU) ter ponudnikom, izbranim na javnem razpisu (izvajalec). Poleg tega dokumenta, ki je osnovni tehnični dokument s primarno veljavnostjo, je treba v primeru nejasnosti upoštevati naslednje dokumente, navedene po prednostnem vrstnem redu, na katere se tehnični dokument delno sklicuje:

- Osnovna specifikacija za lidar ([LBS 2024 rev. A](#)), revidirana 25. januarja 2025 [1],
- Specifikacija LAS 1.4 - R15 ([LAS1.4](#)), revidirana 9. julija 2019 [2],
- Standardi položajne natančnosti ASPRS za digitalne prostorske podatke, ver. 1.0 ([ATL1.0](#)), revidiran novembra 2014 [3].

Glavni izdelki projekta, ki bodo predani, so:

- georeferenciran in klasificiran oblak točk (GKOT),
- digitalni model terena (DMT) in
- digitalni model oblik (DMO).

Podrobnejša opredelitev izdelkov je opisana v poglavju 6.

Poleg izdelkov, ki jih izvajalec izroči ZRC SAZU, mora izvajalec 3 leta po koncu pogodbe hraniti tudi izvirne polnovalovne podatke ALS. Originalni podatki ALS se lahko delno ali v celoti predajo na zahtevo ZRC SAZU.

Izvajalec mora ZRC SAZU poleg rezultatov izročiti tudi metapodatke, tehnično poročilo in druge zapise, določene v tehnični dokumentaciji. Izvajalec mora izročiti tudi svoja interna poročila, če ta izkazujejo, da je bila izvedena kontrola vmesnih in končnih izdelkov, ter pomagajo ZRC SAZU razumeti in nadzorovati postopke izvedbe in kakovost rezultatov. Ponudnikova oprema mora biti kalibrirana s certifikatom, ki ni starejši od dveh let in je izdan s strani proizvajalca opreme. Ponudnik mora kopijo certifikata kalibracije priložiti ponudbi.

Ocena stroškov mora vključevati vso potrebno logistiko, vključno z zrakoplovom, baznimi postajami, pridobitvijo talnih kontrolnih točk, dovoljenji za izvedbo snemanja, nastanitvijo itd.

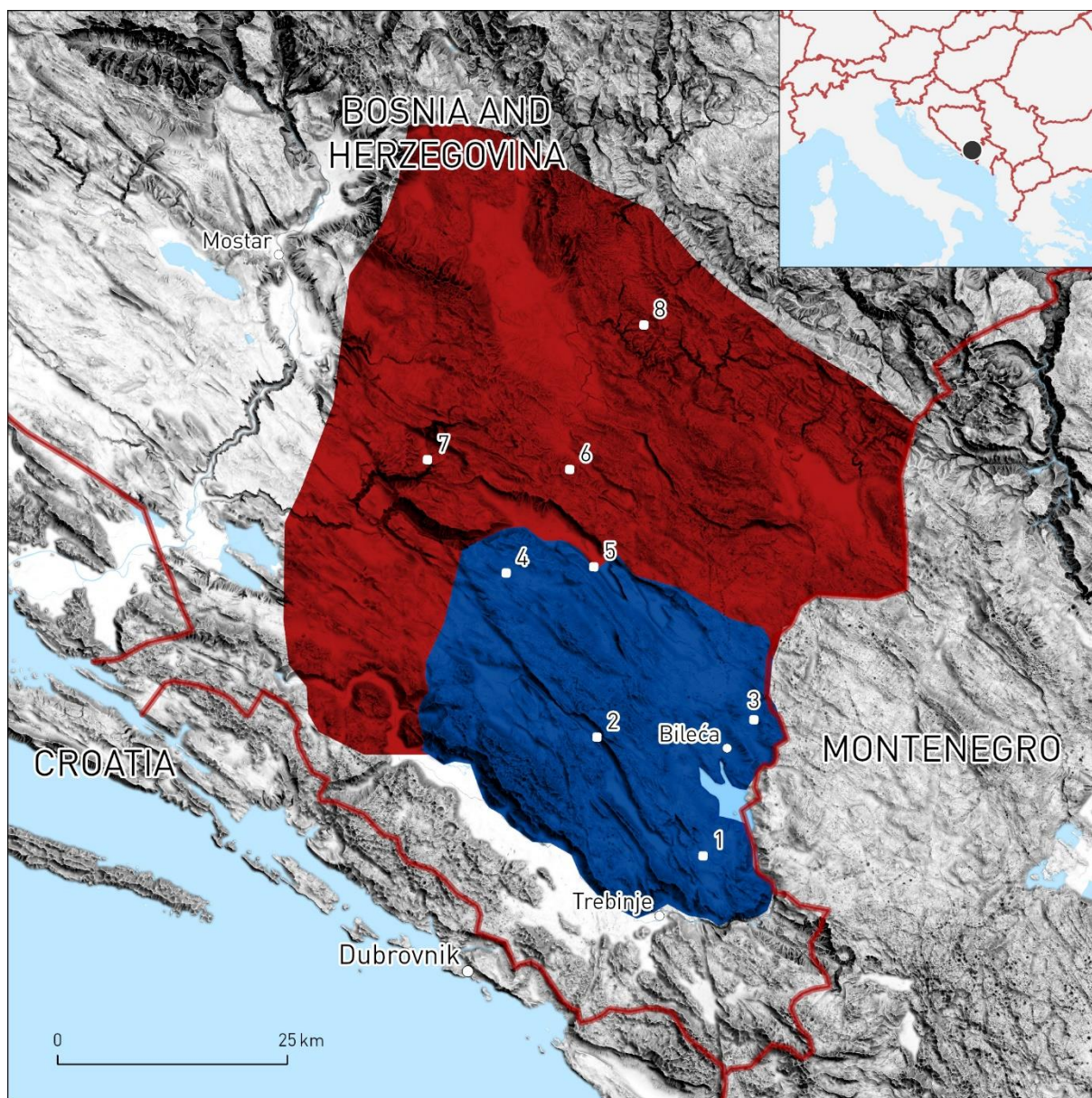
O pripravi in predlogu za načrtovanje letenja se je treba pogovoriti s koordinatorjem projekta.

## 2. OBMOČJE PROJEKTA IN ČAS IZVAJANJA

Območje projekta vključuje dve območji v jugovzhodni Bosni in Hercegovini. Regija je kraška, s kraškimi polji, ki jih ločujejo hribovja in planote. Vegetacija je večinoma gozdnata in grmičasta z nekaj travniki in njivami.

### Območja skeniranja

Lokaciji območij skeniranja sta prikazani na sliki 1 in priloženi v vektorskih datotekah (shp in kmz). Najmanjša zahteva je skeniranje manjšega območja (modro, 1150 km<sup>2</sup>), medtem ko je zeleni obseg rdeče območje, ki vključuje modro območje (3800 km<sup>2</sup>). Na vzhodu ju omejuje meja med Bosno in Hercegovino ter Črno goro.



*Slika 1: Lokacija območij skeniranja. Modro območje je minimalna zahteva, rdeče območje, ki vključuje modro območje, pa je zeleni obseg. Beli kvadrati so vzorčna območja. Obsegi vseh območij v vektorskem zapisu (SHP in KMZ) so priloga Tehnične dokumentacije.*

### Časovni okvir za zajem podatkov in predložitev rezultatov

Ključnega pomena je, da se podatki pridobivajo v obdobju, ko na drevju ni listov, zato je najprimernejše časovno okno za pridobivanje podatkov v začetku marca 2025. Skeniranje mora biti zaključeno do 15. 3. 2025. Georeferenciran in klasificiran oblak točk za vzorčna območja mora izvajalec predložiti do 15. 4. 2025. Vzorčna območja za modro območje morajo biti predložena, za



rdeče območje pa le, če izvajalec ponudi večje območje skeniranja. Vse rezultate je treba ZRC SAZU posredovati najpozneje 30. 6. 2025.

### 3. ZAHTEVE ZA ZAJEM PODATKOV

#### Osnovne zahteve

Izvajalec za zajem podatkov uporabi isti sistem laserskega skeniranja, ki je naveden v ponudbi. Uporabo drugega sistema mora predhodno pisno odobriti ZRC SAZU. Izvajalec mora pred zajemom podatkov ZRC SAZU predložiti načrt zajema podatkov, ki vsebuje naslednje informacije:

- skico vseh načrtovanih linij letenja ALS v zapisu shp,
- tehnične specifikacije uporabljenih instrumentov (laserski skener, GNSS, INS itd.),
- značilnosti zrakoplova in načrtovanega(-ih) leta(-ov) (proizvajalec in tip, najmanjša in največja višina, hitrost itd.) in
- druge parametre pridobivanja podatkov (kot zajema podatkov, divergenca žarka, spremembe velikosti odtisa laserskega žarka na tleh, frekvenca skeniranja, vzorec skeniranja, preklap itd.).

ZRC SAZU lahko poda predloge za izboljšanje načrta pridobivanja podatkov. Izvajalec lahko začne pridobivati podatke šele po potrditvi izvedbenega načrta s strani ZRC SAZU, ki bo odgovoril najkasneje v petih delovnih dneh po prejemu načrta pridobivanja podatkov.

#### Tehnična vsebina ponudbe za pridobivanje podatkov

Ponudbi je treba priložiti opis izvedbe projekta na največ 10 straneh (A4), ki vsebuje:

- pripravljeni načrti leta s podatki v digitalni obliki (tj. v obliki shp z ustreznimi atributi),
- opis postopkov za pridobivanje podatkov, izvajanje kalibracij in pripravo končnih rezultatov ter uporabljenih programskih paketov,
- opis nadzora kakovosti končnih izdelkov in zagotavljanje tehničnih zmogljivosti za izvajanje,
- opis najbolj kritičnih faz, ki bi lahko ogrozile izvajanje projekta, in omilitvenih ukrepov.

Predloženi opisi in informacije v zvezi z izvajanjem projekta morajo izpolnjevati zahteve, kot so opredeljene v razpisni dokumentaciji. Hkrati izvajalec s predložitvijo opisanih postopkov in informacij zagotavlja izvedbo projekta v skladu z navedbami v svoji ponudbi.

#### Koordinatni sistem

Bosna in Hercegovina je v postopku spreminjanja državnega koordinatnega sistema Gauss-Kruger MGI 1901 (EPSG 31276) z višinami v vertikalnem referenčnem sistemu VRS1875 - NVT1 v nov državni koordinatni sistem BH\_ETRS89/TM z višinami v vertikalnem referenčnem sistemu BH\_VRS2020. Informacije o koordinatnem sistemu so objavljene v Pravilniku o osnovnih geodetskih delih [4]. Za uspešno izvedbo tega projekta sta pomembni dve zadevi, ki ju je treba upoštevati:

- Podroben model geoida za Bosno in Hercegovino še ni opredeljen, zato transformacija višin še ni bila rešena.
- Novi horizontalni koordinatni sistem in vertikalni referenčni sistem se v praksi še nista uveljavila in domala vsi prostorski podatki v Bosni in Hercegovini so še vedno v starih sistemih. Migracija podatkov iz starega v novi sistem bo trajala vsaj še desetletje. Največja težava je prav transformacija višin, saj geoid ni opredeljen. Nova nivelacija in gravimetrične meritve so bile opravljene le za Federacijo, v Republiki Srbski pa z meritvami še niso začeli.

Zato je treba vse rezultate posredovati v "starem" državnem koordinatnem sistemu Gauss-Kruger MGI 1901 z višinami v vertikalnem referenčnem sistemu VRS1875 - NVT1. Če bodo na voljo transformacije višin, je treba vse podatke dostaviti tudi v novih sistemih.

### 4. ZAGOTAVLJANJE KAKOVOSTI

#### Minimalne zahteve

Raven kakovosti pridobivanja podatkov ALS je opredeljena z naslednjimi parametri:

- zahtevana nazivna gostota združenih točk tal (ANGPD) je  $\geq 8$  točk/m<sup>2</sup>, višja ANGPD je  $\geq 12$  točk/m<sup>2</sup>,

- zahtevana nazivna gostota pulzov (NGP) je  $\geq 15 \text{ ps/m}^2$ , višja NGP je  $\geq 25 \text{ ps/m}^2$ ,
- največji kot skeniranja je  $24^\circ$  od nadirja,
- velikost odtisa laserskega žarka na tleh ne sme presegati 30 cm ( $1/e^2$ ),
- največje odstopanje višine na ravnih površinah znotraj vsakega snemalnega pasu je  $\leq 0,04 \text{ m}$ ,
- največje odstopanje višine na ravnih površinah med prekrivajočimi se snemalnimi pasovi je  $\leq 0,06 \text{ m}$  (OLS21A, preglednica 2, "Swath overlap difference"),
- absolutna ravninska natančnost točk na dobro opredeljenem detajlu vzdolž vsake osi je  $\leq 0,15 \text{ m}$ ,
- absolutna ravninska natančnost točk na dobro opredeljenem detajlu je  $\leq 0,21 \text{ m}$  in s 95 % zanesljivostjo  $\leq 0,37 \text{ m}$ ,
- absolutna natančnost višine točk na golih tleh je  $\leq 0,10 \text{ m}$  in  $\leq 0,20 \text{ m}$  s 95 % zanesljivostjo,
- absolutna natančnost višine točk na poraščenih površinah je  $\leq 0,15 \text{ m}$  in  $\leq 0,30 \text{ m}$  s 95 % zanesljivostjo,
- algoritmi obdelave morajo biti prilagojeni arheološkim zahtevam,
- ločljivost digitalnih modelov višin (DMT, DMO) je 0,5 m.

V metapodatkih je treba navesti vse izračunane parametre in ugotovitve nadzora kakovosti.

## Instrumenti

Izvajalec uporabi polnovalovni linearni laserski skener z valovno dolžino 1064 nm, ki je sposoben zabeležiti vsaj 4 hkratne odboje in opraviti meritve z najmanjše razdalje vsaj 2500 m z natančnostjo 25 mm ali več. Za učinkovito izvedbo mora biti skener sposoben opraviti vsaj 1.000.000 meritev na sekundo. Instrument mora biti umerjen s certifikatom, ki ga je izdal proizvajalec opreme in ni starejši od dveh let. Certifikat je treba predložiti skupaj s ponudbo.

Sistem laserskega skeniranja mora biti povezan z visokokakovostnim GNSS in INS, da se med zajemom čim natančneje registrira lokacija, kar bo omogočilo dovolj natančno georeferenciranje zajetih podatkov.

Sistem GNSS/INS ima naslednje značilnosti:

- frekvenca delovanja INS je najmanj 256 Hz,
- natančnost nagibanja po vrednosti Kappa (Heading)  $\leq 0,01$  stopnje,
- natančnost nagibanja po vrednostih Phi/Omega (Roll/Pitch)  $\leq 0,005$  stopinje,
- frekvenca odčitavanja GNSS vsaj 2 Hz.

## Čas GNSS

Podatke ALS je treba zajeti z dovolj visoko časovno ločljivostjo (čas GNSS), tako da ima vsaka zajeta točka zabeležen edinstven čas.

## Vrednosti intenzitete

Za vsak odboj je treba zabeležiti vrednost intenzitete. Vrednost intenzitete mora biti normalizirana na 16-bitno vrednost, kot je določeno v specifikacijah LAS1.4. Normalizacija intenzitete mora biti strogo linearna. Prepovedane so druge metode normalizacije in odrez vrednosti, kot so najmanjša in največja vrednost, standardni odklon, odrez odstotka vrednosti itd.

## Gostota točk

Ker je primarni namen uporabe pridobljenih podatkov arheološka interpretacija, ZRC SAZU zanima predvsem natančen prikaz terena in drobnih morfoloških sprememb na njem, tudi pod vegetacijo. Zato je glavni parameter, ki ga je treba doseči, *nazivna skupna gostota talnih točk* (ANGPD), ki mora biti  $\geq 8 \text{ točk/m}^2$ . Dodatne zahteve so:

- 95% kvadratov velikosti  $25 \text{ m}^2$  vsebuje vsaj 200 talnih točk,
- nadaljnji 4% kvadratov velikosti  $25 \text{ m}^2$  imajo vsaj 100 talnih točk; in
- preostali 1% kvadratov velikosti  $25 \text{ m}^2$  ima vsaj 50 talnih točk.

Če izvajalec ponuja skeniranje z večjo gostoto, je ANGPD, ki jo je treba doseči,  $\geq 12 \text{ točk/m}^2$ .

Dodatne zahteve za skeniranje z večjo gostoto so:

- 95% kvadratov velikosti  $25 \text{ m}^2$  vsebuje vsaj 300 talnih točk,
- nadaljnji 4 % kvadratov velikosti  $25 \text{ m}^2$  imajo vsaj 150 talnih točk; in

- preostali 1 % kvadratov velikosti 25 m<sup>2</sup> ima vsaj 75 talnih točk.

Pri oceni se upoštevajo samo nezadržane točke. Dejansko doseženi ANGPD se prikaže v grafični obliki (ANGPD GeoTIFF) in zabeleži v metapodatkih.

Območja posameznih snemalnih pasov ne smejo imeti podatkovnih vrzeli. Podatkovna vrzel je opredeljena kot območje brez talnih točk, ki nastane zaradi nepravilnosti v delovanju instrumenta ali njegove okvare, v postopku načrtovanja zbiranja podatkov, pri zbiranju podatkov ali obdelavi podatkov, ali zaradi ovire med detektorjem in tarčo in je enako ali večje od 4 m<sup>2</sup>. Podatkovne vrzeli so za posamezne snemalne pasove dovoljene v naslednjih izjemnih primerih:

- če se nahajajo na vodnih površinah,
- če so posledica nizke odbojnosti bližnje infrardeče svetlobe, na primer na novo položenega asfalta ali kompozitnih streh,
- če ni odbojev zaradi zasenčenja s stavbami ali drugimi predmeti,
- če se nahajajo na območjih antropogenih objektov pod katerimi se iz zraka ne vidi tal (npr. na območju stavb, mostov, viaduktov)
- če so podatki zajeti v drugih snemalnih pasovih.

Pri oceni se upoštevajo samo nezadržane točke. Podatkovne vrzeli se prikaže v grafični obliki (DV GeoTIFF z velikostjo piksla 2 m) in zabeleži v metapodatkih.

### **Pravilnost prostorske porazdelitve**

Razporeditev točk ALS mora biti enakomerna in pravilna. Zajem podatkov mora biti načrtovan in izveden tako, da so združene talne točke čim bližje enotni in pravilni mreži. Enakomernost mreže in gostota talnih točk na območju skeniranja se ocenita z naslednjo metodo:

- pri oceni se upoštevajo samo nezadržane točke,
- predhodno ugotovljene podatkovne vrzeli morajo biti obravnavane,
- iz združenih podatkov se ustvari raster z velikostjo piksla 0,5 m in navedbo števila talnih točk v vsakem pikslu (GPD GeoTIFF),
- zagotoviti je treba, da vsaj 95 % teh celic vsebuje vsaj 1 talno točko.

Če izvajalec ponudi skeniranje z večjo gostoto, je treba izdelati GPD GeoTIFF z velikostjo piksla 0,33 m in zagotoviti, da vsaj 90 % teh celic vsebuje vsaj 1 talno točko.

ZRC SAZU lahko na predhodno prošnjo izvajalca dovoli omilitev teh zahtev na območjih, kjer enakomerna in pravilna porazdelitev točk ni izvedljiva.

### **Podvojene točke**

Podvojene točke (glede na lokacijo, višino ali čas) niso dovoljene. Vse datoteke s podvojenimi točkami bodo zavrnjene. Podvojene točke s prostorskim zamikom prav tako niso dovoljene in bodo zavrnjene kot podvojene točke.

### **Pogoji za zajem podatkov**

Osnovno časovno okno za zajem podatkov je pomlad, ko drevesa še niso olistana. Zajem podatkov v obdobju olistanja mora predhodno pisno odobriti ZRC SAZU.

Na terenu ne sme biti snežne odeje. Pridobivanje podatkov na območjih s snežno odejo mora predhodno pisno odobriti ZRC SAZU.

Zajem podatkov se ne sme izvajati v času visokih voda ali manjših poplav.

Atmosferske razmere med zrakoplovom in tlemi morajo biti brez oblakov in megle. Pridobivanje podatkov se ne sme izvajati v neugodnih vremenskih razmerah, kot so močan veter, dež, sneg, megla, visoka vlažnost in nizka oblačnost.

V primeru dolge zime (kopičenje snega vse do pomladi) in/ali dolgotrajnega slabega vremena spomladi, se pridobivanje podatkov lahko prestavi na jesensko obdobje; to je mogoče le s pisno odobritvijo ZRC SAZU oz. v obliki aneksa k pogodbi.

## **5. OBDELAVA PODATKOV**

Oblak točk ALS mora biti brez sistematičnih napak in višinskih razlik med snemalnimi pasovi. Izstopajoče vrednosti se označijo.



## Izrezi, zapisi, način poimenovanja in struktura datotek

Oblikovanje izrezov sledi delitvi na kvadratni kilometer ( $1000 \times 1000 \text{ m}^2$ ) za vse izdelke, razen za oblake točk, ki jih je treba razdeliti na manjše kvadrate ( $500 \times 500 \text{ m}^2$ ). Meja območja skeniranja in meje delitve na izreze se zabeležijo v zapisu shp. Vsi izdelki morajo biti na mejah enotni, brez vrzeli in podvajanja.

Ime datotek oblaka točk vsebuje najprej ime območja skeniranja in nato koordinate spodnjega levega kota, kot je prikazano v spodnjem primeru:

- STONE\_eee\_nnnn.laz - "eee" pomeni vzhod in "nnn" pomeni sever,
- uporaba vodilne ničle je obvezna za vzhod in sever, npr. STONE\_268500\_023000.laz.

Ime rastrskih datotek z mrežo vsebuje najprej ime območja skeniranja in nato koordinate spodnjega levega kota, ki jim sledita ime izdelka (npr. DMT, DMO, ANGPD, GPD, DV) in ločljivost rastra (npr. 05 m, 2 m, 5 m), kot je prikazano v spodnjem primeru:

- STONE\_eee\_nnn\_DMO\_05m.tif

Posamezni izdelki morajo biti shranjeni v ločenih mapah znotraj matične mape, npr. STONE\LAZ, STONE\DMT...

## Identifikator izvora točke

V času zajema in pred nadaljnjo obdelavo se vsakemu snemalnemu pasu dodeli edinstven identifikator izvorne datoteke (angl. File Source ID). Vsaki točki znotraj pasu se dodeli identifikator izvora točke (angl. Point Source ID), ki je enak identifikatorju izvorne datoteke. Identifikator izvora točke ostane nespremenjen med celotno obdelavo in predajo izdelkov.

## Klasifikacija točk

Klasifikacija vseh točk, ki niso označene kot zadržane, mora vključevati naslednje kategorije iz klasifikacijske sheme ASPRS:

- 1 – nerazvrščene točke ali točke, ki jih ni mogoče razvrstiti v druge razrede,
- 2 – tla in točke pod mostom ali viaduktom,
- 3 – nizka vegetacija (< 3 m),
- 4 – srednja vegetacija (3-10 m),
- 5 – visoka vegetacija (> 10 m),
- 6 – stavba (streha in stene),
- 7 – nizke točke (nizek šum),
- 17 – most ali viadukt,
- 18 – visok šum (napake v odbojih).

Vse točke, ki spadajo v klasifikacijsko shemo in niso označene kot zadržane, se pravilno razvrstijo. Klasifikacija točk mora biti dosledna in enotna na celotnem območju snemanja. Opazne razlike v načinu razvrščanja, strukturi ali kakovosti razvrščanja med različnimi območji, snemalnimi pasovi ali drugimi nenaravnimi delitvami so razlog za zavrnitev celotnega projekta.

V končnem razvrščenem oblaku točk ni točk razreda 0. Največ 0,5 % vseh točk se lahko razvrsti v razred 1 in največ 0,05 % vseh točk se lahko razvrsti v razred 7. V razredu 2 ne sme biti točk, ki bi se lahko uvrstile v druge razrede.

Natančnost razvrščanja na tleh se bo preverjala na podlagi naših meritev na tleh in z vizualnim nadzorom kakovosti.

## Standardne označbe točk

Točke, ki jih ni mogoče razumno interpretirati kot povratne točke odboja od površine, se označijo kot zadržane točke (angl. withheld flag, kot je opredeljeno v LAS1.4). Primeri takih točk so napačne točke, geometrijsko nezanesljive točke (šum), odboji od aerosolov, večkratni odboji, odboji od predmetov v zraku ali pod tlemi, točke, ki jih povzročijo anomalije senzorja. Oznaka zadržano se lahko uporablja tudi v kombinaciji s posebnimi razredi (npr. za točke z nizkim/visokim šumom), vendar jo je treba uporabiti v vseh zgoraj navedenih primerih.

Za ključne točke modela, če se izračunajo, se uporabi oznaka ključne točke (angl. key point flag, kot je opredeljeno v LAS1.4).

Za točke na preklapih snemalnih pasovih se uporabi oznaka prekrivanja (angl. overlap flag, kot je opredeljena v LAS1.4). Preklopne točke morajo biti sicer razvrščene v razrede po enakem postopku, kot ostale točke.

## 6. IZROČKI

Datoteke oblaka točk naj bodo v zapisu LAS v. 1.4 – R15. Rastrske datoteke naj bodo v zapisu GeoTIFF, stisnjene brez izgub z metodo LZW.

### Georeferenciran in klasificiran oblak točk (GKOT)

Oblak točk mora biti popravljen za položajne napake in mora vključevati vsaj naslednje informacije: X, Y, Z, intenziteta, kot skeniranja, GNSS čas, red odboja, število vseh odbojev, razred, širino odboja, ID snemalnega pasu, ID vira (za skeniranje z večspektralnimi sistemi).

### Digitalni model reliefa (DMT)

Model golega terena se rastrira s prostorsko ločljivostjo 0,5 m iz vseh nezadržanih točk z razredom 2. Podatkovni zapis je stisnjen (LZW) GeoTIFF, enote so metri.

### Digitalni model oblik (DMO)

Digitalni model oblik se rastrira s prostorsko ločljivostjo 0,5 m iz vseh nezadržanih točk z razredoma 2 in 6. Zapis podatkov je stisnjen (LZW) GeoTIFF, enote so metri.

### Metapodatki in tehnično poročilo

Za vse postopke in izdelke se predloži tehnično poročilo, v katerem se opiše izvedbo zajema in vse faze obdelave podatkov. Iz poročila mora biti razvidno, da doseženi rezultati izpolnjujejo minimalne zahteve tehnične dokumentacije.

Tehnično poročilo naj vsebuje (vsaj) naslednje informacije:

- opis zajema in obdelave podatkov ter izdelave rezultatov,
- opis vseh nepravilnosti, ki so se pojavile med zajemom podatkov, kot so:
  - neugodne okoljske razmere (npr. močan dim, snežna odeja, poplavljen območja, prisotnost olistanja),
  - težave pri zajemu podatkov (npr. težave s senzorji, prekinitve signala GNSS),
- zapise o izvedenih notranjih kontrolah, kakovosti različnih faz obdelave podatkov in končnih izdelkov,
- informacije o obravnavi morebitne podatkovnih vrzeli,
- informacije o vseh programskih paketih, uporabljenih pri validaciji in obdelavi podatkov, njihovih različicah, metodah in parametrih obdelave.

Tehnično poročilo naj bo oddano v zapisih MS Word in PDF.

Poročilu se priložijo načrt leta in meje snemalnih pasov v obliki shp, ki prikazujejo realni obseg vseh zajetih podatkov.

Predložijo se rastrske datoteke v zapisu GeoTIFF, ki prikazujejo, kako so bile izpolnjene zahteve:

- gostota združenih talnih točk (ANGPD) z velikostjo piksla 5 m,
- gostota pulzov (NPD), dosežena za vsak snemalni pas z velikostjo piksla 5 m,
- podatkovne vrzeli (DV) z velikostjo piksla 2 m,
- število talnih točk v vsakem pikslu (GPD) z velikostjo piksla 0,5 m,
- odstopanje višine talnih točk med prekrivajočimi se snemalnimi pasovi z velikostjo piksla 1 m.

Za GKOT se predloži skica, ki prikazuje zagotavljanje kakovosti izvedene klasifikacije.

Za DMT in DMO se absolutna natančnost višine izračuna z uporabo kontrolnih točk, rezultat pa se prikaže v zapisu MS Excel.

## 7. GARANCIJA

Če katera od zahtev ni izpolnjena (podatkovne vrzeli, gostota združenih talnih točk, gostota pulzov...), mora izvajalec na svoje stroške izvesti nov zajem podatkov.

## 8. POGOJI LASTNIŠTVA IN SOUPORABE PODATKOV

ZRC SAZU si pridržuje pravico, da vse rezultate in druge informacije, ki izhajajo iz tega naročila, prosto nadgrajuje, izboljšuje, ponovno uporablja, deli in licencira za vse namene brez omejitev.

## 9. BIBLIOGRAFIJA

1. U.S. Geological Survey Lidar Base Specification, 2024 Rev. A. **2024**, 46.
2. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) LAS Specification 1.4 - R15. **2019**, 47.
3. ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* **2015**, 81, A1–A26, doi:10.14358/PERS.81.3.A1-A26.
4. *Pravilnik o Osnovnim Geodetskim Radovima*; Federal administration for geodetic and property affairs: Sarajevo, **2019**; p. 34;.