

51

GEODETSKI DAN

BRDO PRI KRANJU

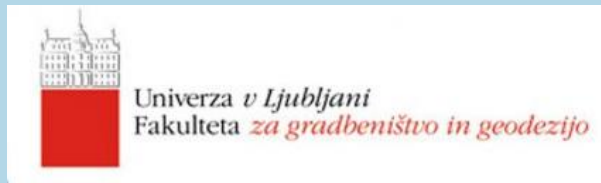
15. IN 16. NOVEMBER

2023



3D prostorski podatki v kulturni dediščini

Dušan Petrovič, Matevž Domajnko,
Dejan Grigillo, Klemen Kozmus Trajkovski,
Tilen Urbančič, Mojca Kosmatin Fras

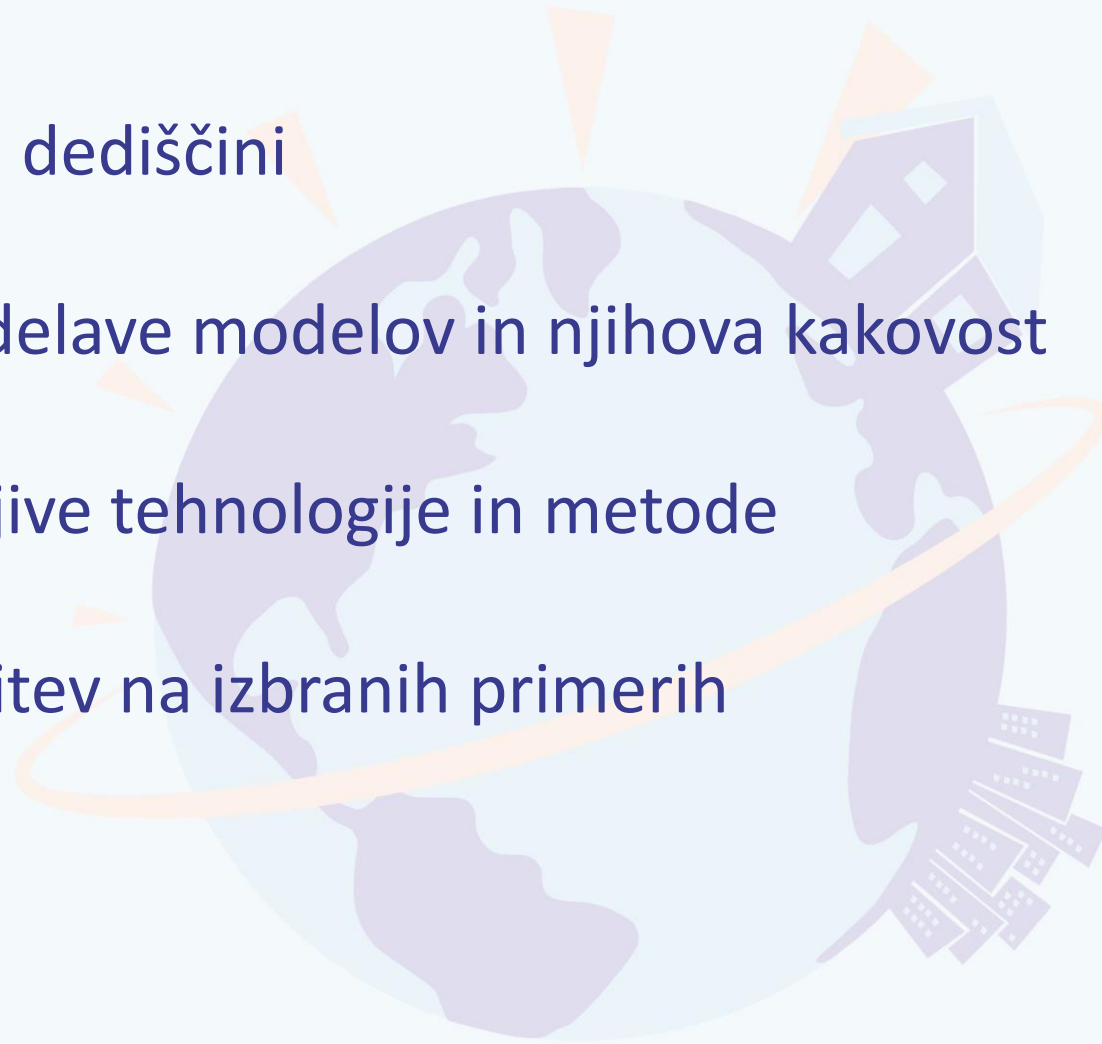


VEĀRAZSEĀNO MODELIRANJE PROSTORA



1. Vsebina predstavitev

- O kulturni dediščini
- Pomen izdelave modelov in njihova kakovost
- Razpoložljive tehnologije in metode
- Prikaz rešitev na izbranih primerih



2. Kulturna dediščina

- dobrine, podedovane iz preteklosti, ki jih skupnost opredeli kot odsev in izraz svojih vrednot, identitet, verskih in drugih prepričanj, znanj in tradicij.[1].
- Unescova Konvencija o varstvu svetovne in naravne dediščine razvršča kulturno dediščino v tri skupine:
 - spomenike (arhitekturna, kiparska in slikarska dela, predmete arheološke narave, napise, jame in votline ter druge pojave, ki imajo izjemno univerzalno vrednost na podlagi zgodovinskih, umetniških ali znanstvenih vrednot),
 - skupine stavb in
 - krajino.[2]

1. Zvezda Delak Koželj (2009), »Etnologija in varstvo naravne in kulturne dediščine«, Vestnik, Ljubljana: Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije, XXI: 86, [ISBN 978-961-6420-45-7](#)
2.↑ Tjaša Ivanc (2012), Varstvo nepremične kulturne dediščine (pravna ureditev), Maribor: De Vesta, str. 16, [ISBN 978-961-6794-13-8](#)

3. Modeli objektov in območij kulturne dediščine

Temelji sistematičnega pristopa k ohranjanju in restavriranju spomenikov in krajev - Atenska listina (1931), Beneška listina (1964)

Načela za evidentiranje spomenikov, skupin zgradb in krajev (ICOMOS, 1996):

- dolgoročna vrednost (evidentiranje trenutnega stanja),
- možnost nadgradnje (vzdrževanja, rekonstrukcije) in
- prijaznost do uporabnika (modeliranje navidezne resničnosti in obogatene resničnosti za privabljanje širše skupnosti - turistični obiski, izobraževanje).

3. Modeli objektov in območij kulturne dediščine

Pričakovanja konzervatorjev in investitorjev:

- največja možna točnost (??),
- popolna podrobnost,
- popolnost in
- prilagojenost drugim prostorskim podatkom (okolica).

Izzivi izvajalcev:

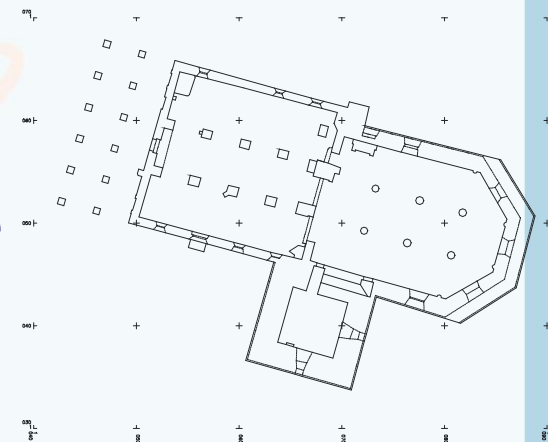
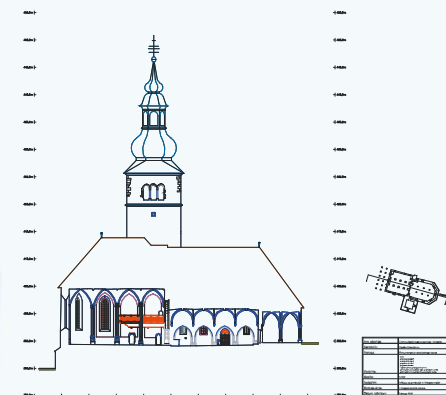
- kompleksne zgradbe,
- snemanje v različnih pogojih (gneča, osvetlitev),
- včasih težka dostopnost, na oddaljenih mestih (visoke skale, vodne površine, gosta vegetacija).



3. Modeli objektov in območij kulturne dediščine

Geodezija lahko zagotovi:

- zanesljivo in natančno geometrijo (znotraj stopnje natančnosti izmere),
- obliko in položaj objektov v izbranem koordinatnem sistemu,
- metrične posnetke,
- konsistentne in topološko pravilne 3D modele in načrte,
- podrobno topografijo okolice stavb, krajine,
- interpretacijo materialov in stanje spremljanja in vzdrževanja.



4. Tehnologije izdelave modelov

Vzpostavitev osnovne
geodetske mreže:

tahimetrija
izmera GNSS



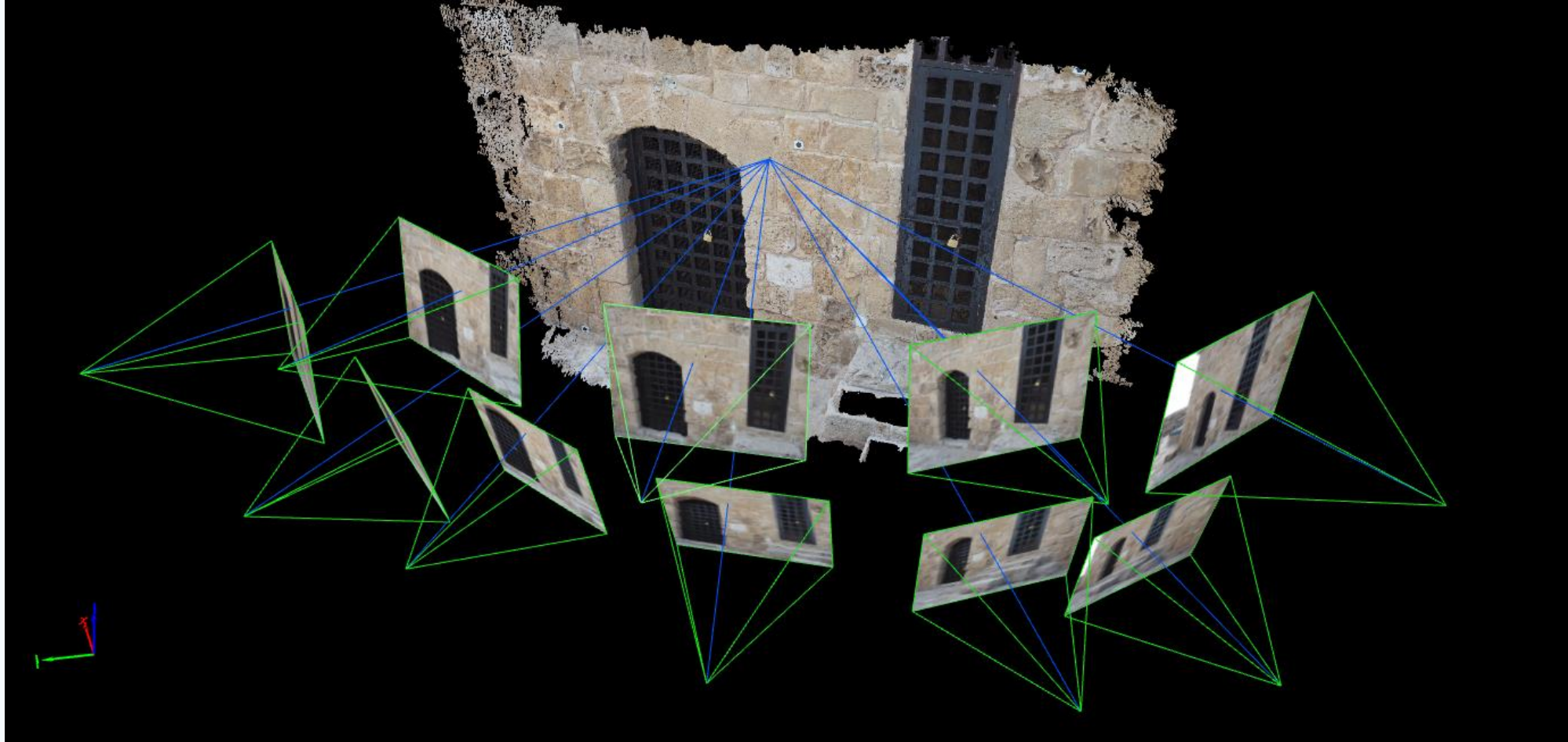
Dimenzije objekta:

tahimetrija
terestrično lasersko skeniranje (TLS)
terestrična fotogrametrična izmera
UAV fotogrametrija

Slike, podroben pogled: terestrična fotogrametrična izmera
UAV fotogrametrija



4. Tehnologije izdelave modelov



- Večslikovna fotogrametrija

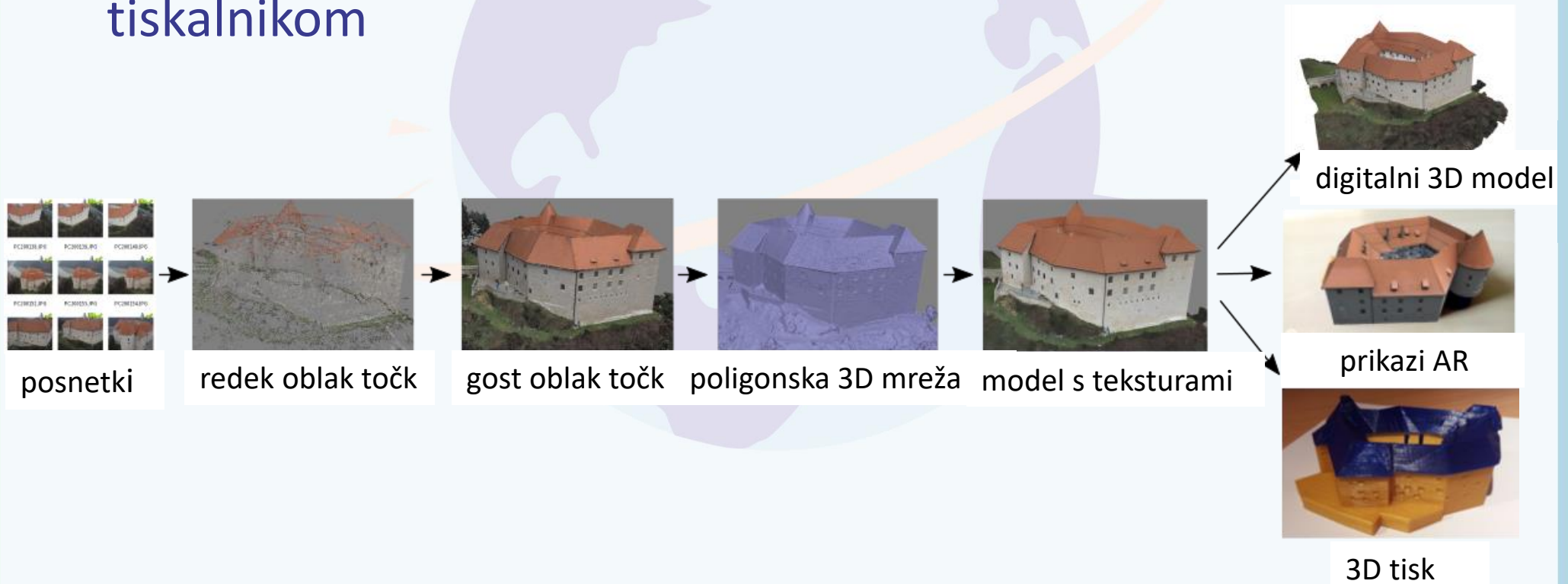
5. Koordinatna osnova

- problem in pomen dobre koordinatne osnove,
- možnost vključitve v referenčni koordinatni sistem,
- ocena položajne točnosti izdelkov,
- izbira koordinatnega sistema (lokalni, državni),
- izbira merske metode,
- izbira merilne opreme, tarč,
- ustrezna razporeditev oslonilnih in kontrolnih točk.

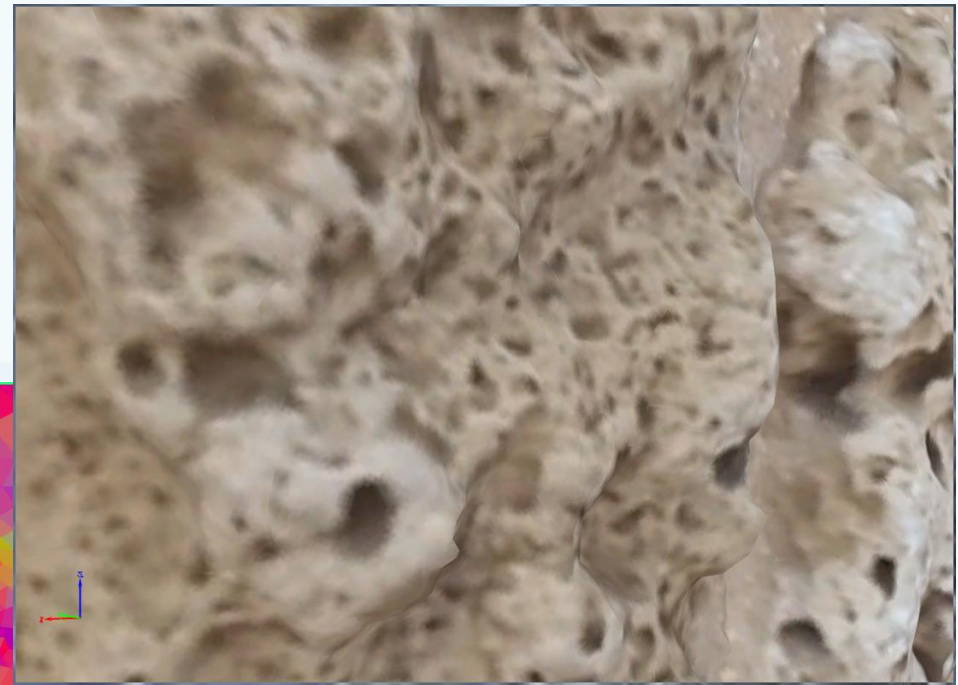
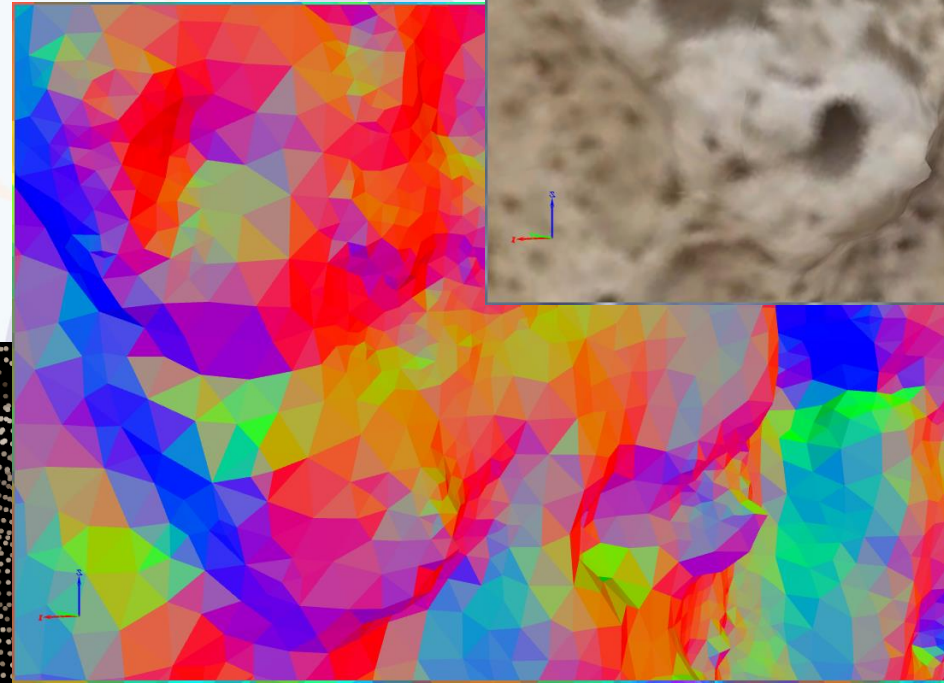
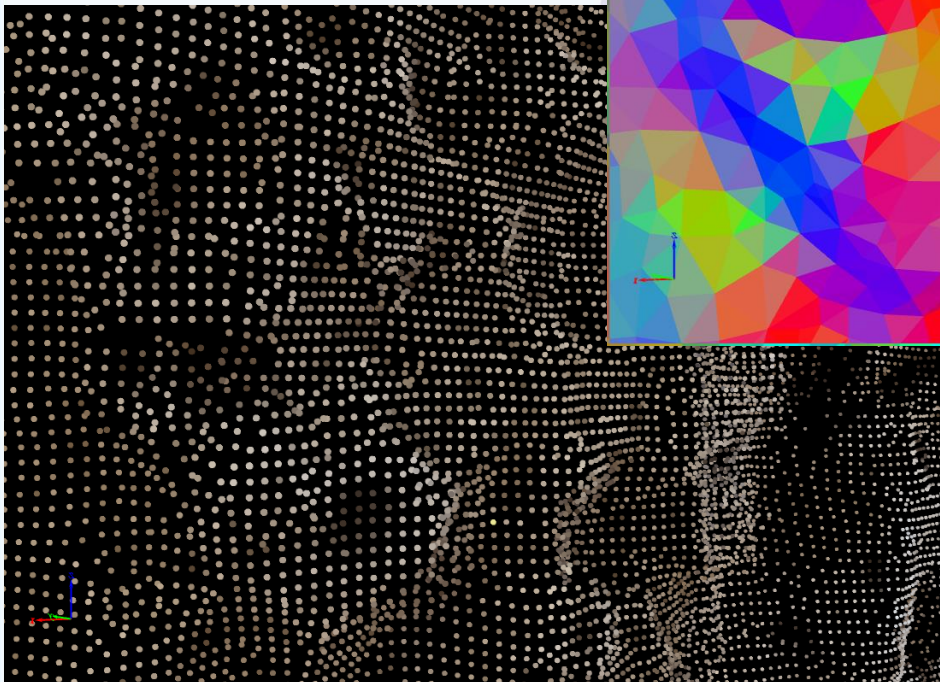


6. Možne oblike modela

- oblaki točk, objektno modeliranje, teksturiranje slike
- 3D ploskovni geometrijski model, ki mu lahko dodamo teksture, ga nadgradimo v obliki obogatene resničnosti (AR), ga uporabimo za izdelavo simulacij, ga natisnemo s 3D tiskalnikom



6. Možne oblike modela



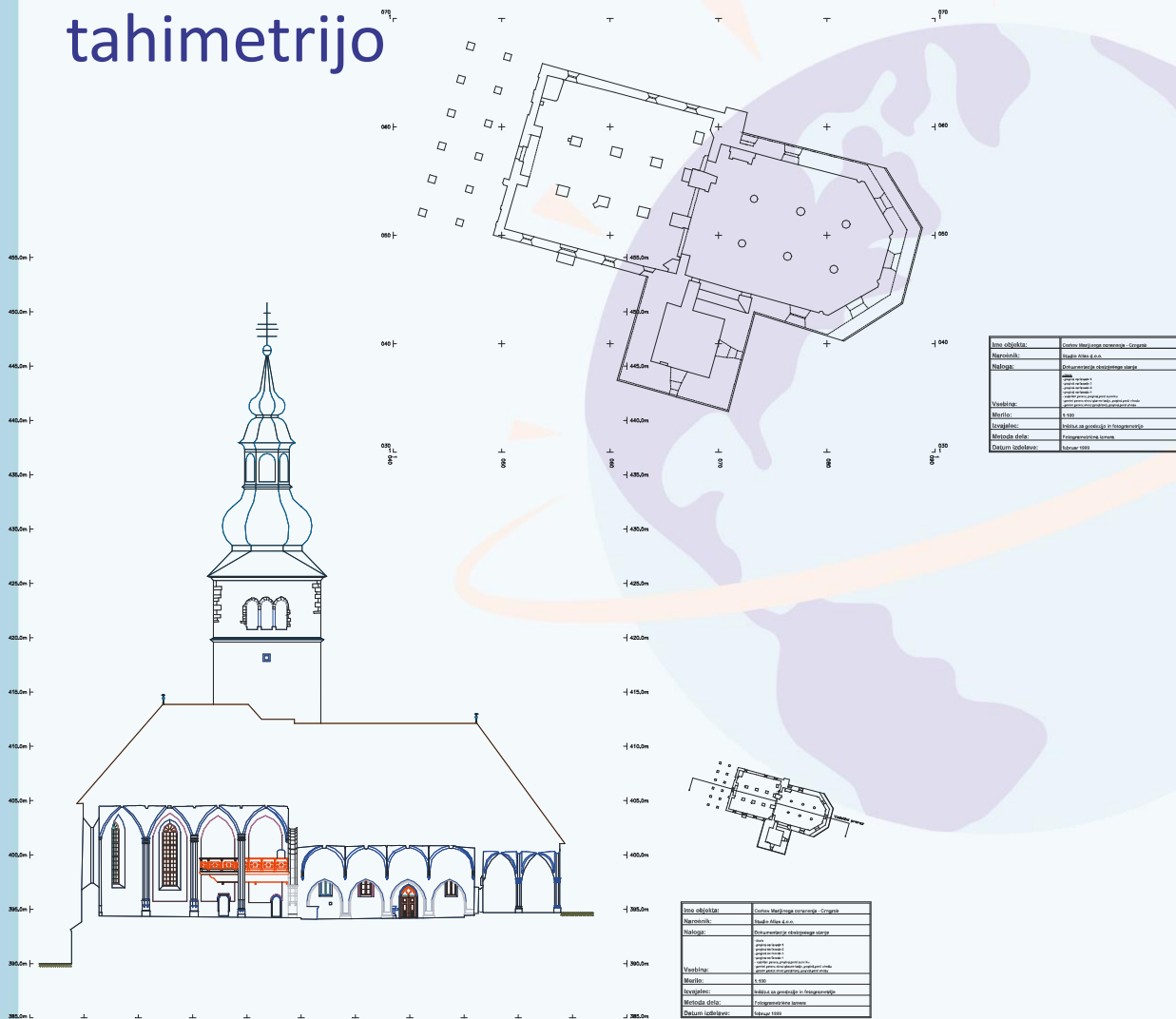
7. Primeri

- cerkev Crngrob
- stolnica v Ljubljani
- maketa Triglava v Bohinju
- kapela na Krvavcu
- grad Smlednik
- grad Brestanica
- Ljubljanski grad
- grad Paphos (Ciper)
- notranjost Berlinske filharmonije
- Pergamonov oltar (artefakt Berlinskega državnega muzeja)



7.1 cerkev Crngrob

primer izdelka, izdelanega izključno s terestrično fotogrametrijo in tahimetrijo



VEČRAZSEŽNO MODELIRANJE PROSTORA

7.2 stolnica Ljubljana

primer izdelka, izdelanega izključno s
terestrično fotogrametrijo in
domeritvami

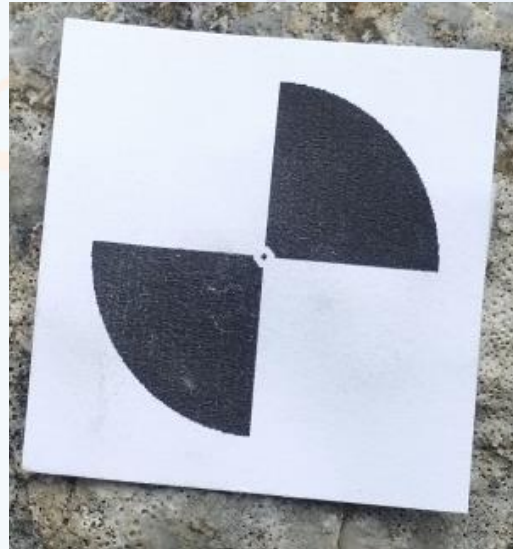
Ime objekta:	Stolnica sv. Nikolaja v Ljubljani
Merilo:	Polnometrični vzorec (300m)
Okoliščinski arhitekci:	Milko Šušteršič, arhitekt
Modeler:	Realistični arhitekturni (3D) model objekta
Uveljavitev:	3D model objekta
Maštil:	cm m km °
Geografske:	Geografski koordinatni sistem (GKS)
Modelski datum:	Polnometrični vzorec (300m)
Čakani izdelave:	3D model objekta

7.3 Maketa Triglava v Bohinju

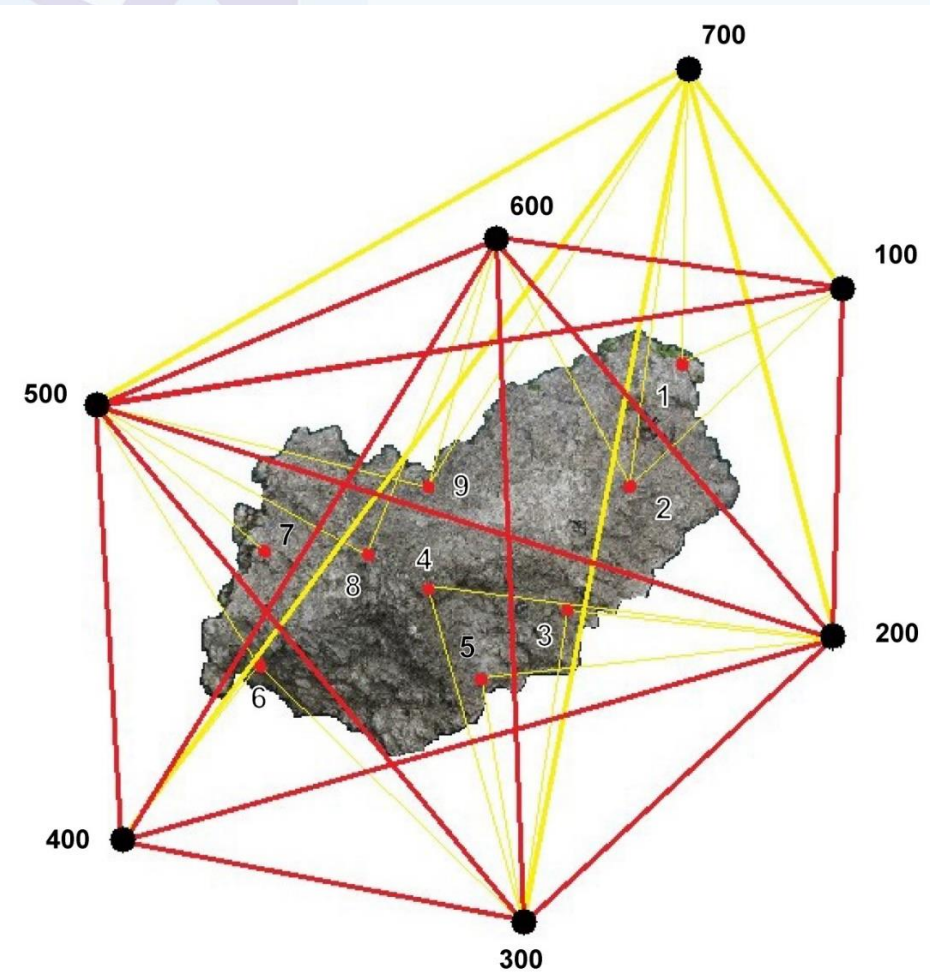
- primerjava makete Triglava ob Bohinjskem jezeru z dejansko obliko gore;
- okoli 2 m visoka in 6 m široka, 3 tone kamenja;
- izdelal slikar Valentin Hodnik (1931 ali 1932).



7.3 Maketa Triglava v Bohinju

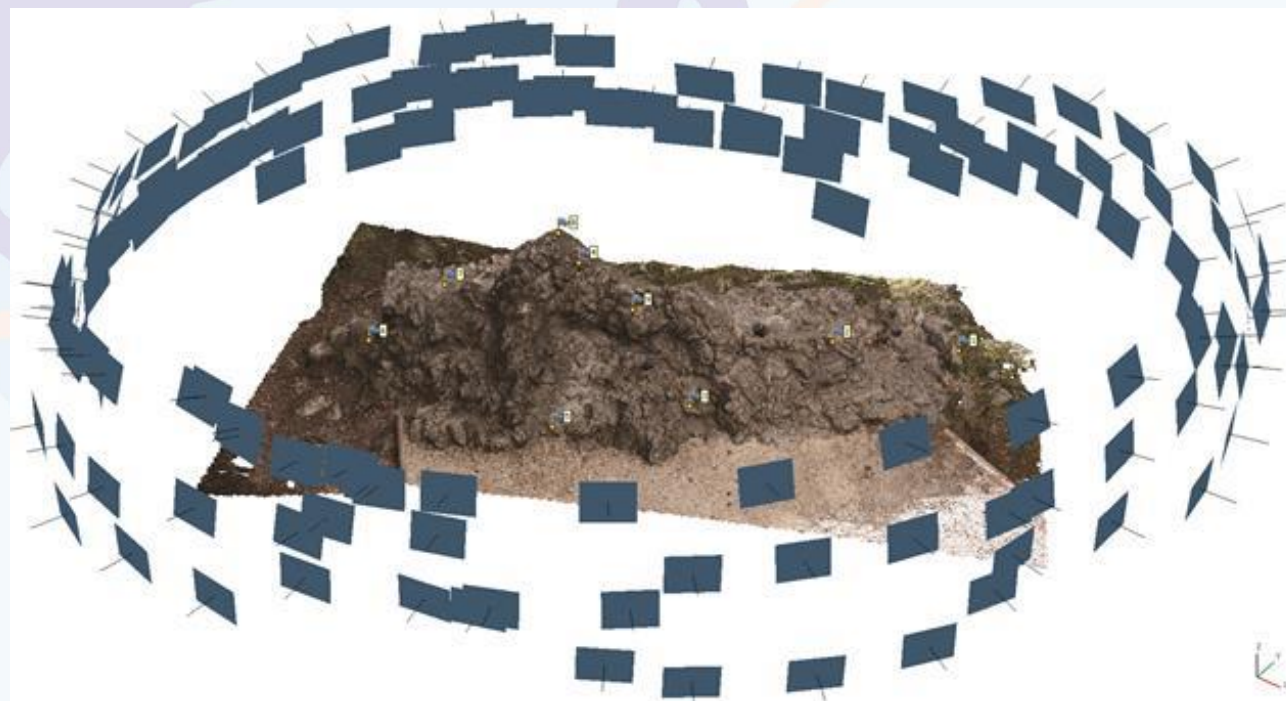


rdeča obojestranske, rumena enostranske meritve, standardni odklon položajev oslonilnih točk po izravnavi je 0,4 mm



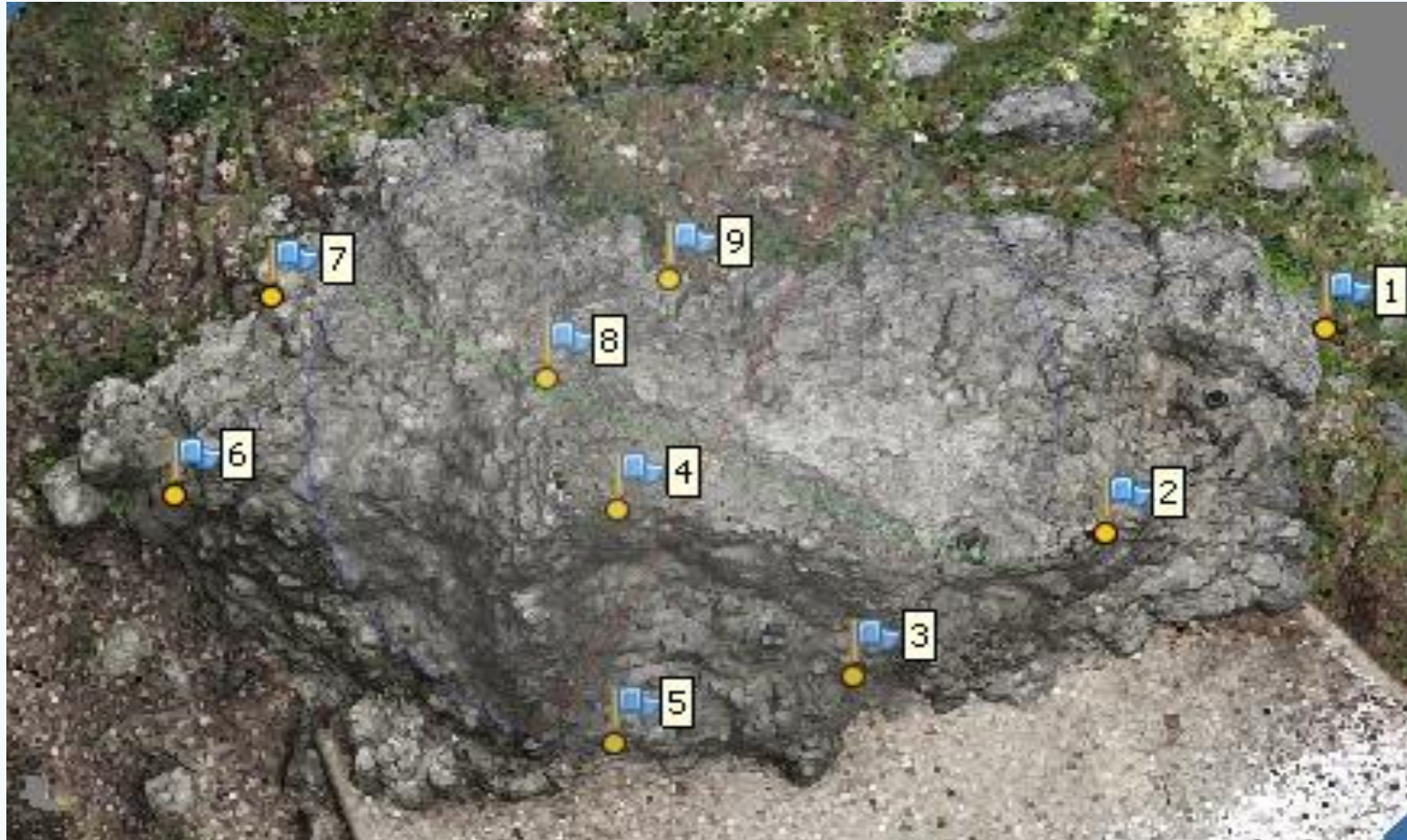
7.3 Maketa Triglava v Bohinju

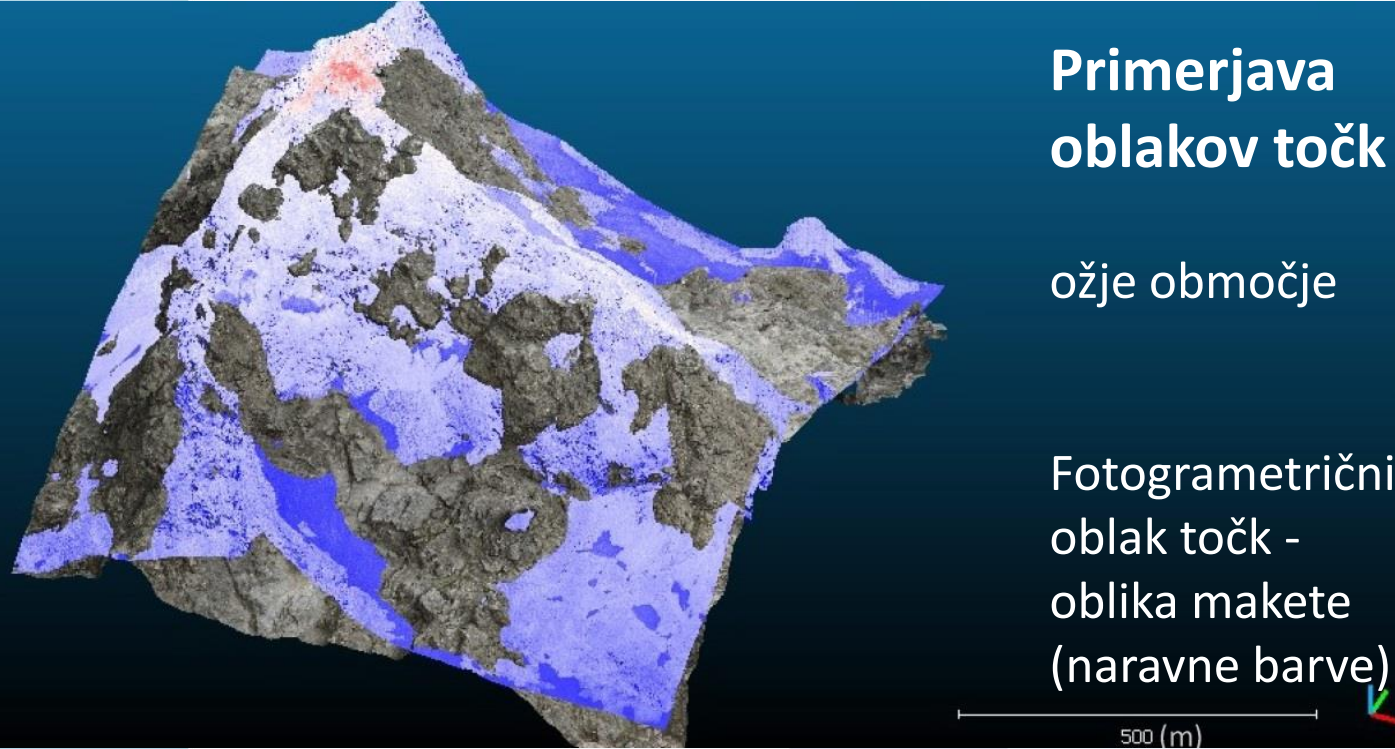
- fotoaparat Olympus E-PL7,
- konstantna goriščna razdalja 17 mm,
- fotografiranje okoli makete na 4 – 5 m, vsakih 10° (0,7-0,9 m), na treh višinah (počep, stoje, na lestvi)
→ enakomernost pokritja makete,
- 125 fotografij.



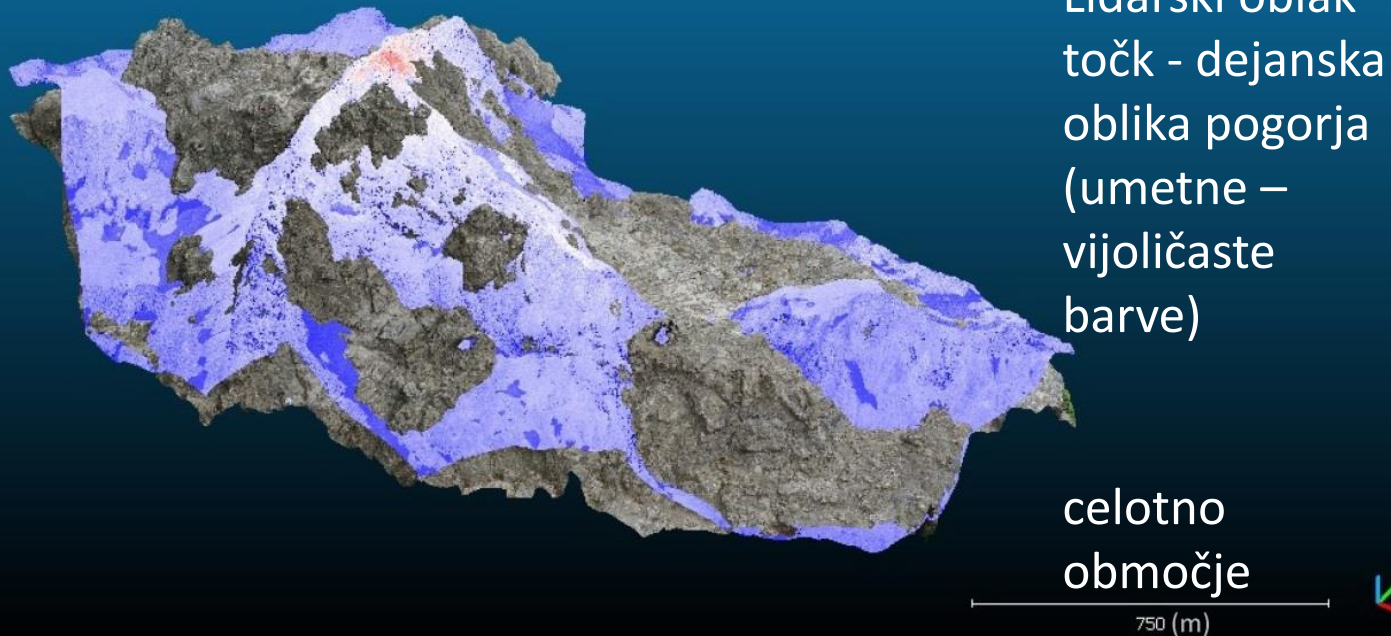
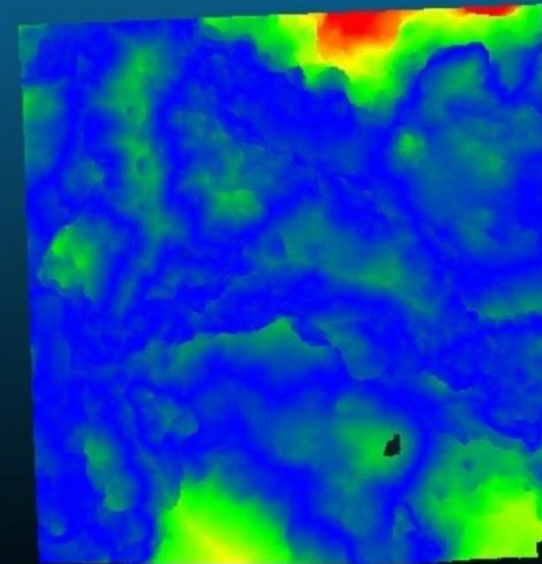
7.3 Maketa Triglava v Bohinju

- obdelava fotografij s postopkom SfM (grajenje strukture iz gibanja),
- redek oblak točk (50.000 točk),
- meritev oslonilnih točk na fotografijah (0,3 piksla, 0,4 mm odst. OT),
- gost oblak točk makete (96 milijonov točk) – fotogrametrični oblak točk.

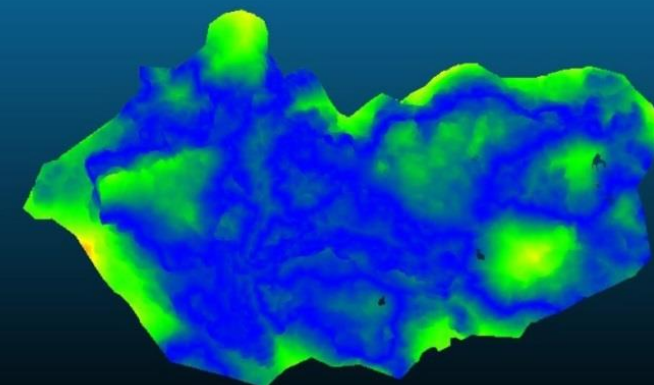




28 m (4 cm)



42 m (6 cm)



LIRAN

7.4 Kapela na Krvavcu



- izmera GNSS
- tahimetrija
- UAV
- fotogrametrija
- terestrična fotogrametrična izmera

7.4 Kapela na Krvavcu



Rezultati:

- digitalni 3D model
- 3D tisk

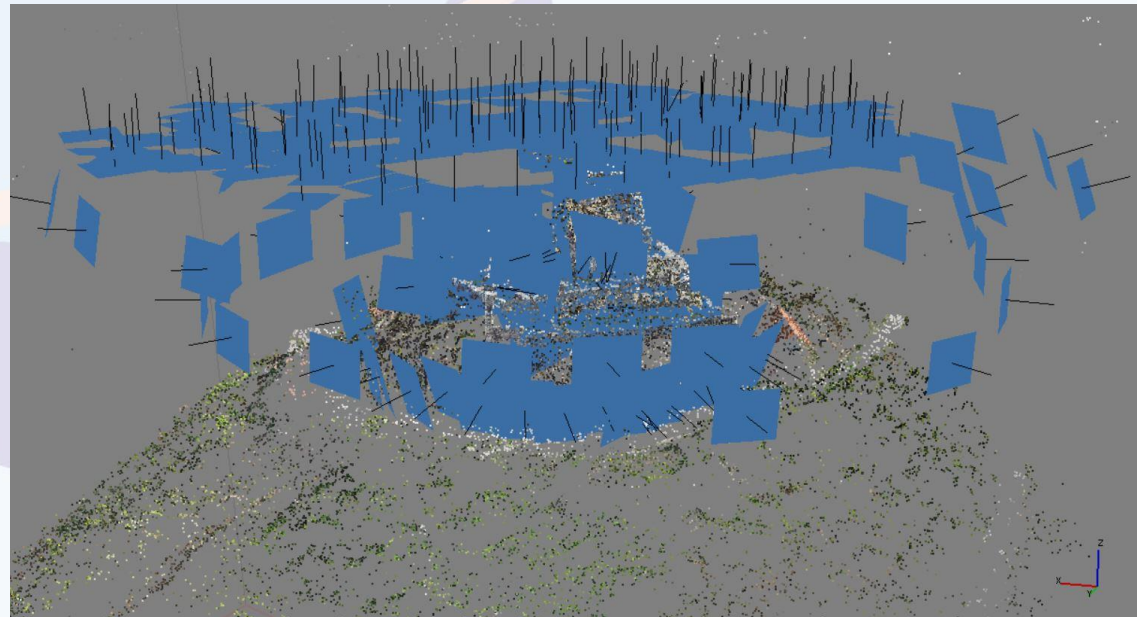


7.5 Grad Smlednik

- izpostavljen, težje dostopen objekt

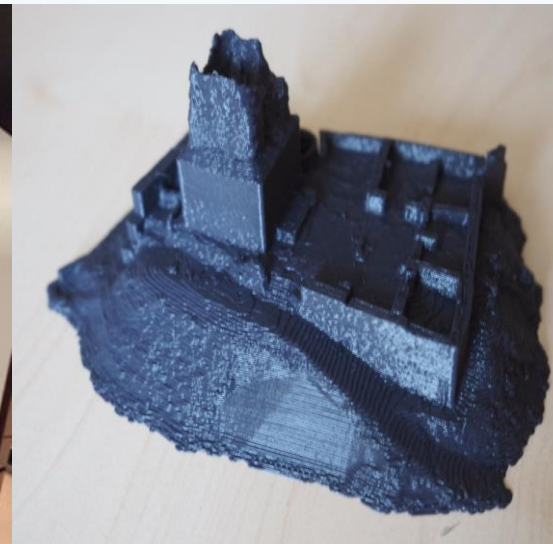
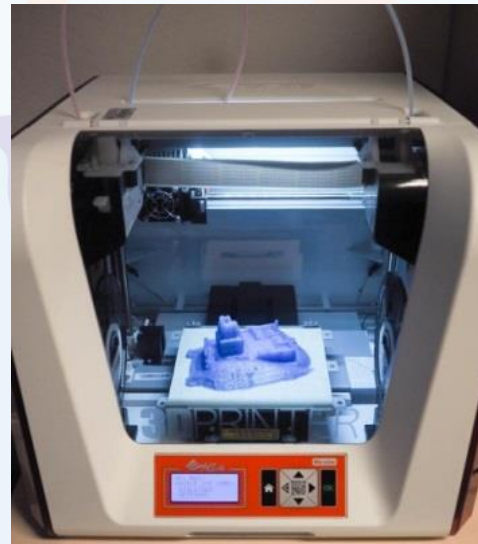
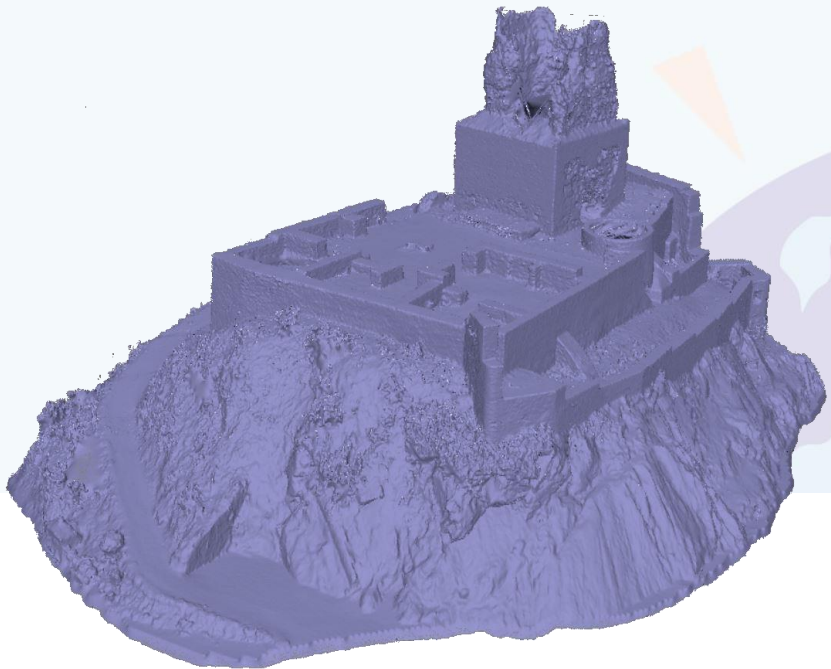


- izmera GNSS (6 točk)
- UAV fotogrametrija (244 posnetkov)



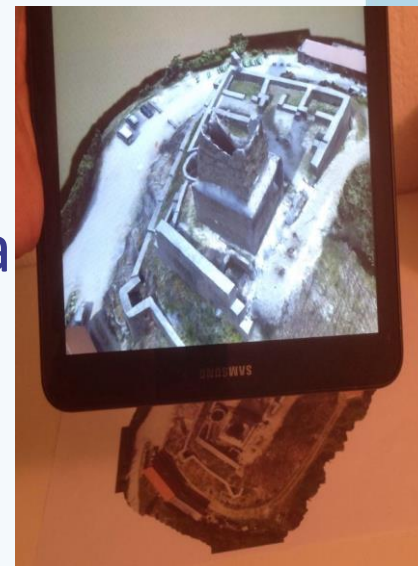
7.5 Grad Smlednik

- izpostavljen, težje dostopen objekt



Izdelki

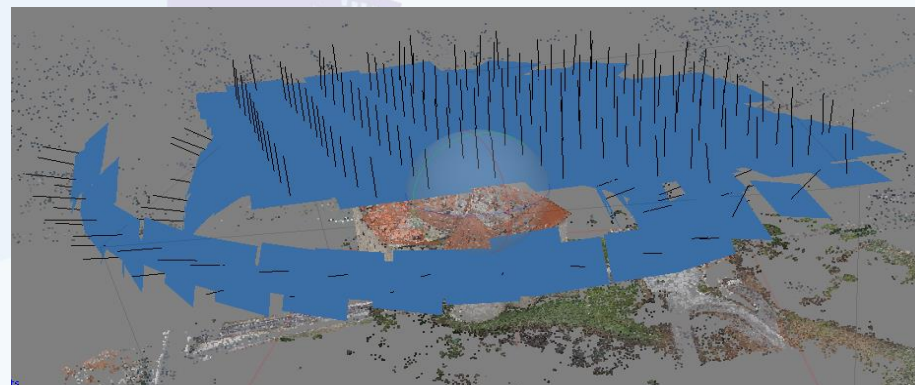
- oblak točk
- poligonska 3D mreža
- digitalni 3D model
- 3D tisk
- prikazi AR



7.6 Grad Brestanica

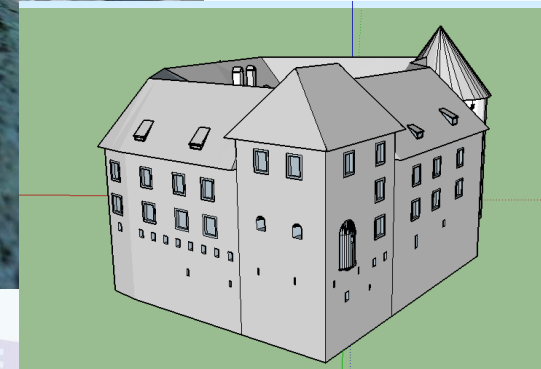
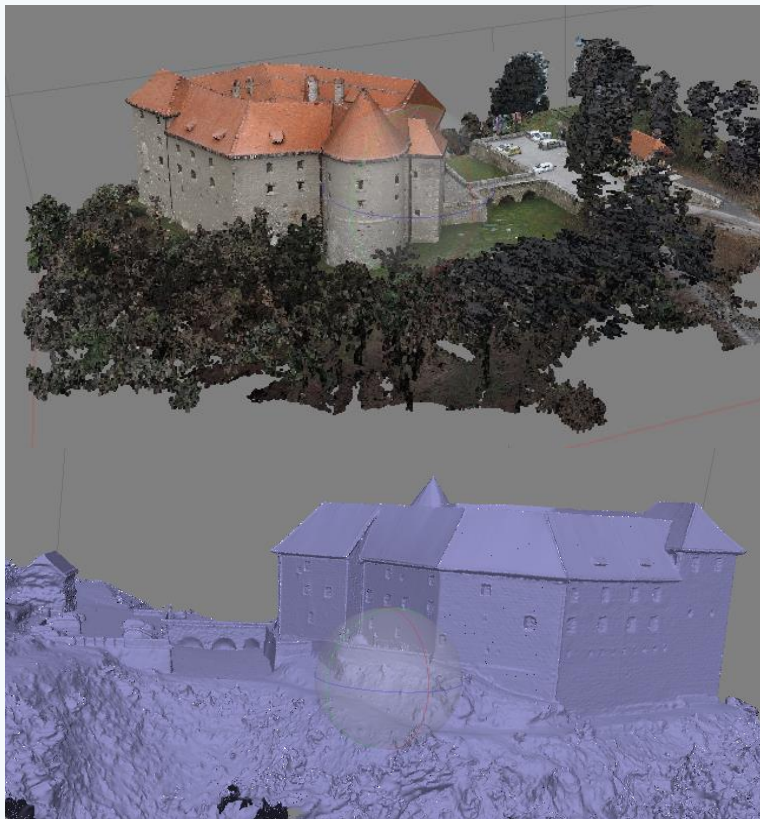
- kompleksen, težje dostopen objekt

- izmera GNSS (6 točk)
- UAV fotogrametrija (207 posnetkov)



7.6 Grad Brestanica

- kompleksen, težje dostopen objekt



Izdelki

- oblak točk (33.461.243 točk)
- poligonska 3D mreža
- digitalni 3D model
- 3D tisk
- združitev z okolico



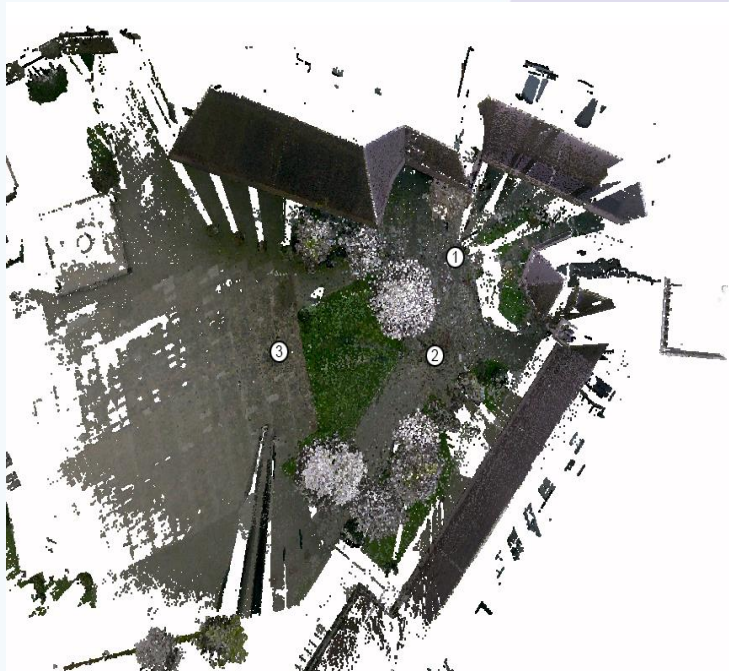
7.7 Ljubljanski grad

- zelo obsežen in kompleksen, deloma težje dostopen objekt



<https://www.ljubljana.si/sl/mestna-ocbina>; Photo: Dunja Wedam

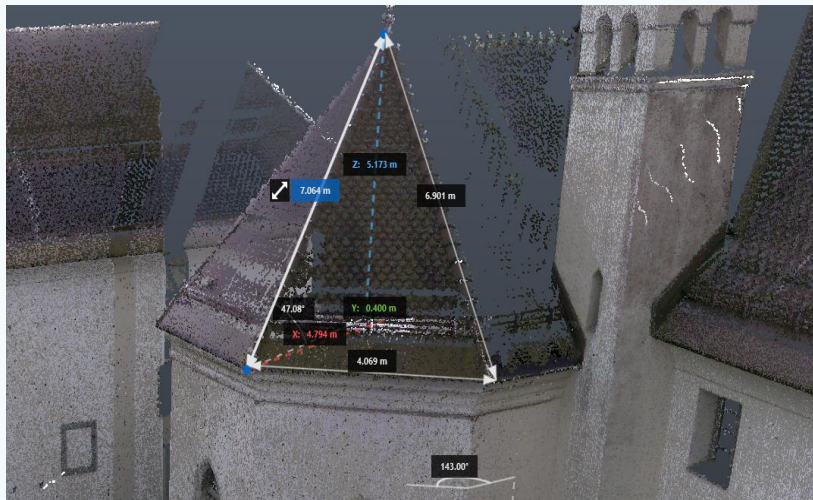
- izmera GNSS
- tahimetrija
- terestrično lasersko skeniranje (3 stojišča)
- terestrična fotogrametrična izmera



7.7 Ljubljanski grad

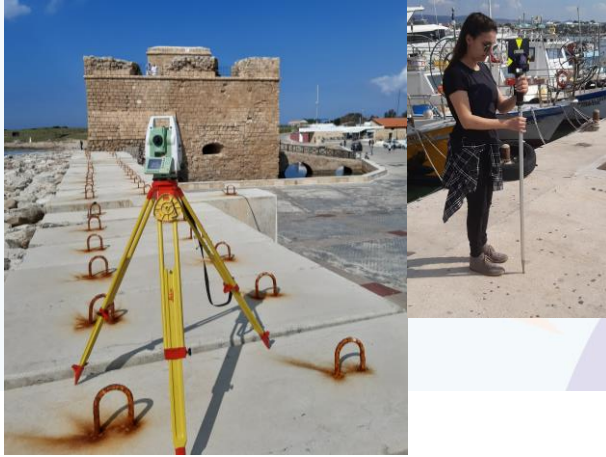
- zelo obsežen in kompleksen, deloma težje dostopen objekt
Izdelki

- poligonska 3D mreža
- digitalni 3D model s točnimi merami in topološko usklajen
- analiza osvetlitve / senčenja
- 3D tisk

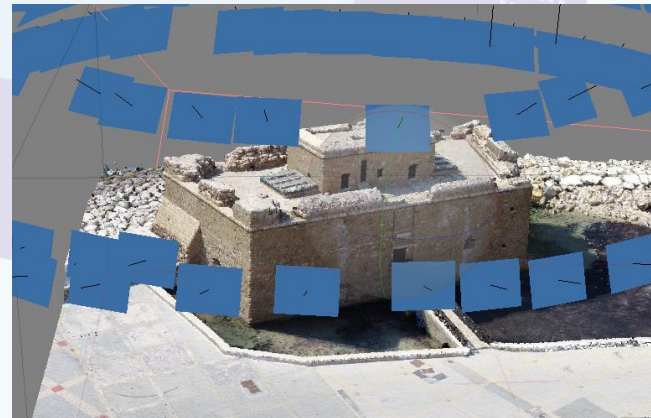
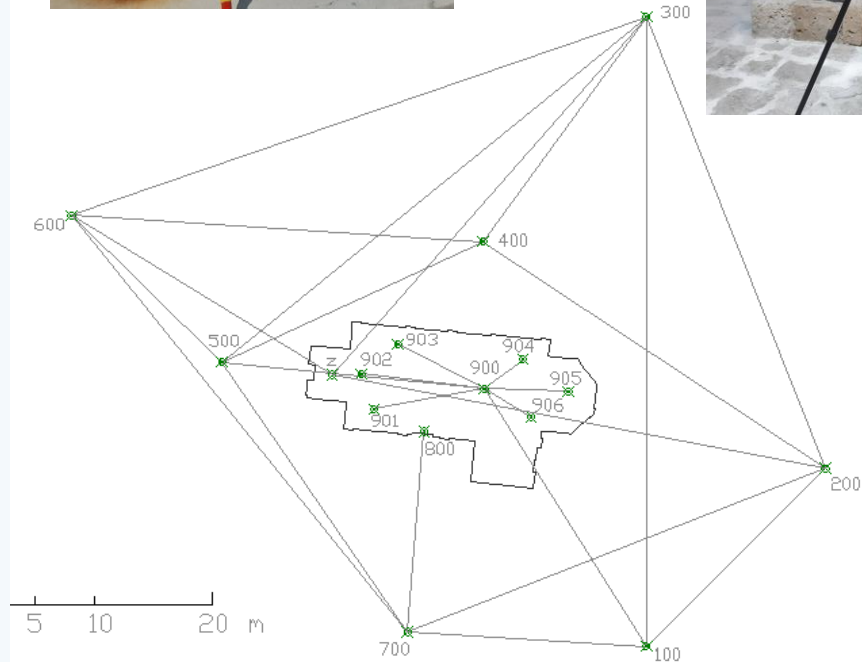


7.8 Grad Paphos (Ciper)

- povezava notranjosti in zunanosti objekta

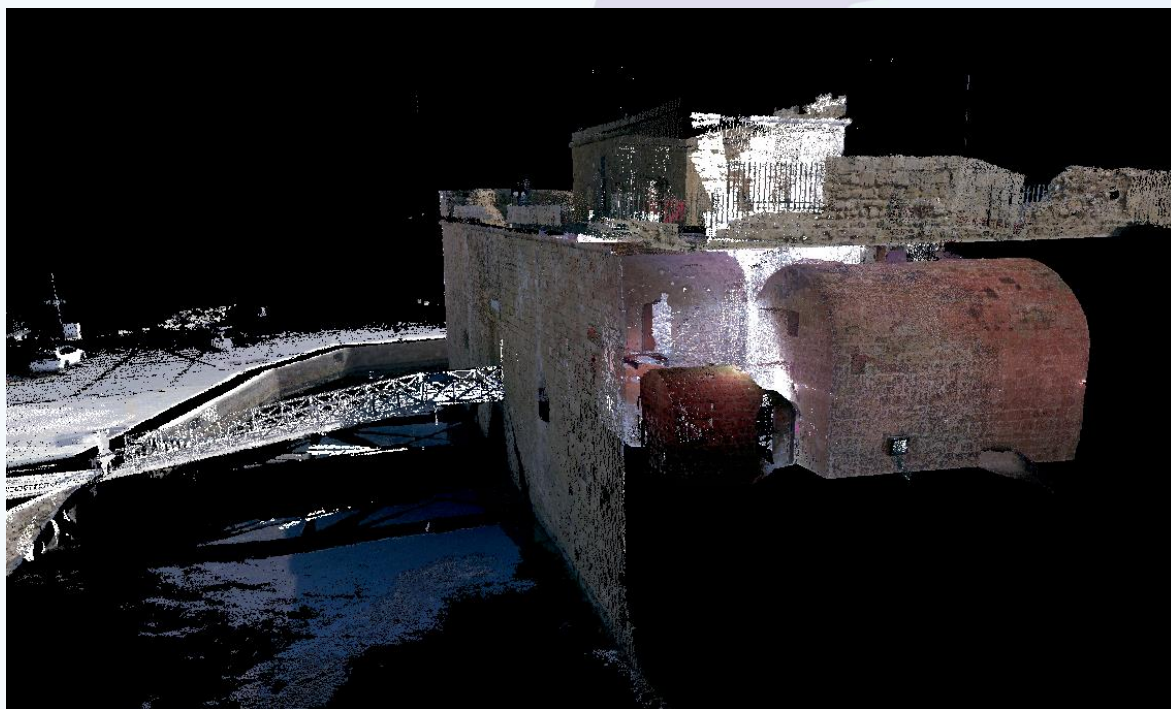
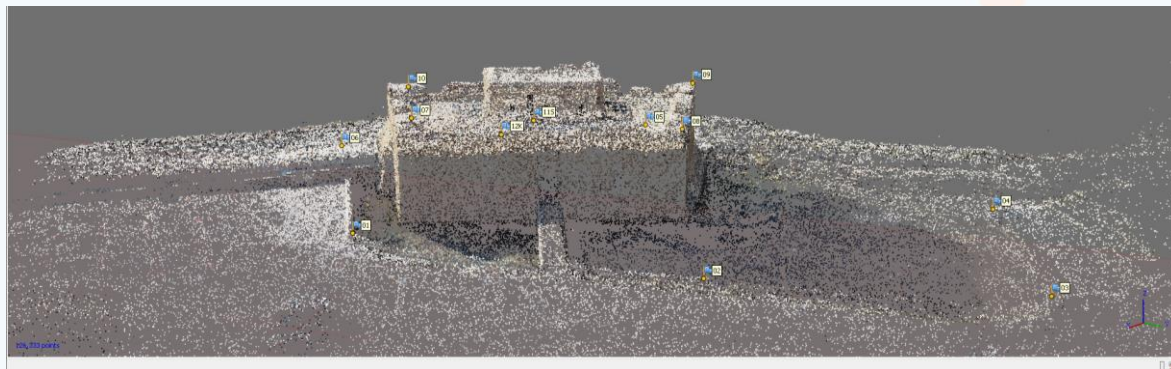


- izmera GNSS (12 OT za UAV),
- tahimetrija (osnova OT, koor. veznih točk za TLS)
- TLS (5 stojišč, 170 mio.t.)
- UAV fotogrametrija (130 posnetkov, 22 mio.t.)



7.8 Grad Paphos (Ciper)

- povezava notranjosti in zunanosti objekta



Izdelki

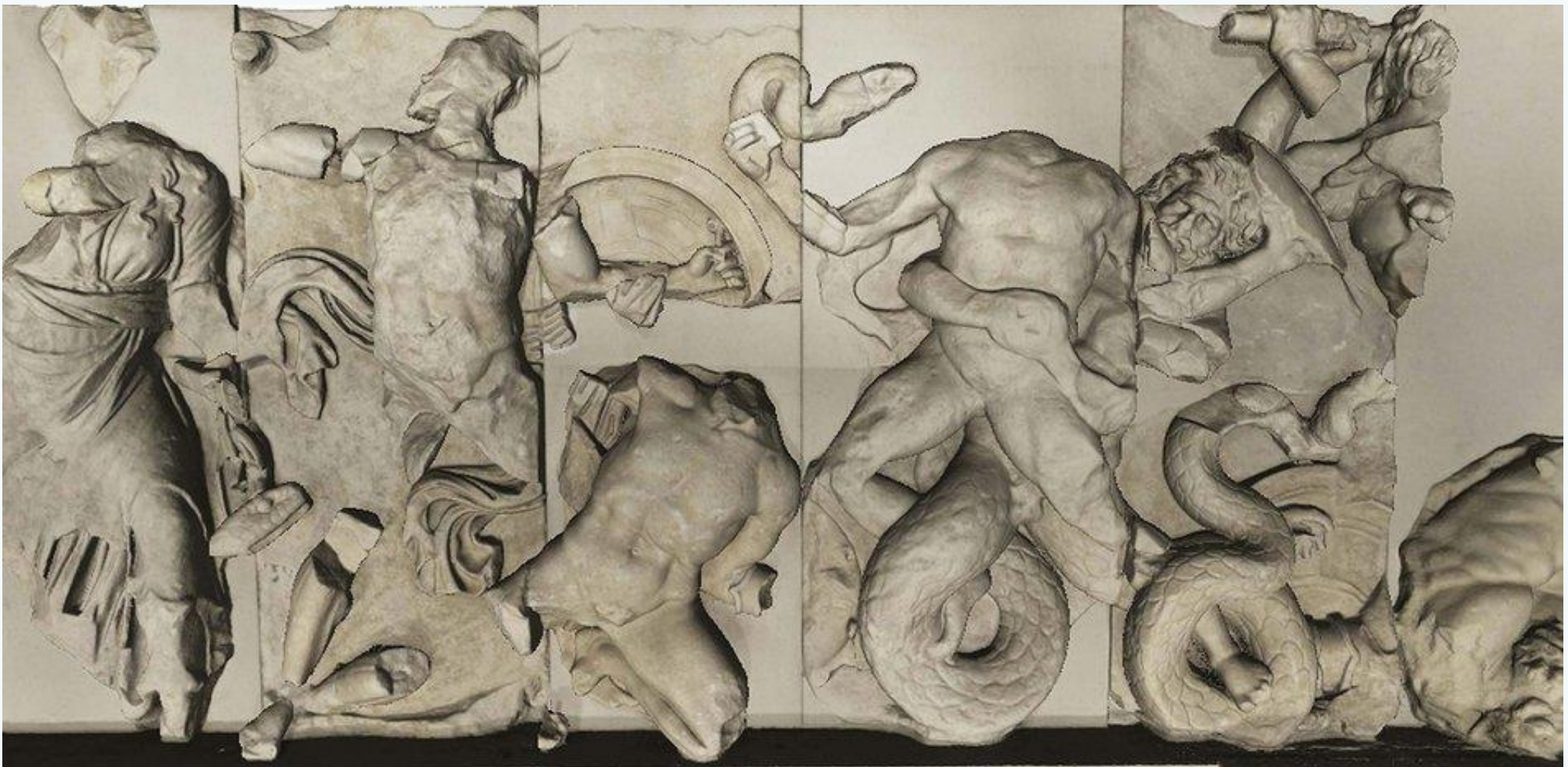
- oblak točk

7.9 Berlinska filharmonija

- notranjost zelo kompleksnega objekta



- TLS iz 98 stojišč -> oblak 291 mio. točk
- digitalni 3D model
- 3D tisk



- 113 m dolg objekt, dvorana v prenovi,
- TLS iz 51 stojišč / 176 mio.t/stojišče → ločljivost 1 – 2 mm,
- fotografiranje v mreži 63 x 50 cm pod 5 koti → 40.000 slik,
- 3D model iz 580 mio. trikotnikov, 90 GB pri polni ločljivosti.

8. Zaključek

- kombinacija različnih tehnologij in metod,
- ocena točnosti posamezne metodologije in ocena kakovosti končnega izdelka (modela).

Različni končni rezultati in izdelki:

- natančni in popolni modeli za upravljavce, investitorje in vzdrževalce ter
- privlačne predstavitve za javnost.

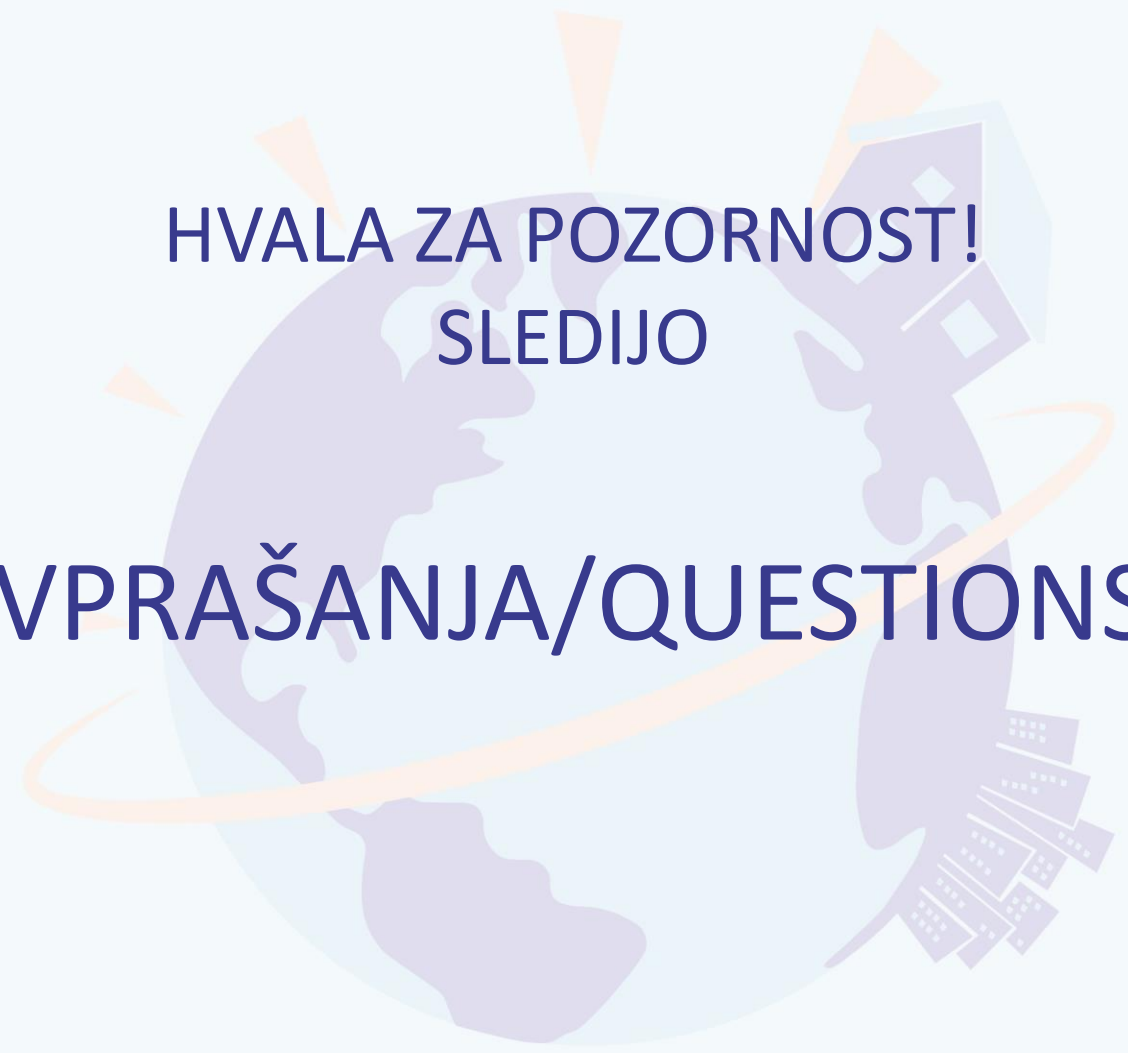
Geometrijsko pravilni in podrobni modeli objekta kulturne dediščine so edino zagotovilo za njegovo dolgoročno ohranjanje in dokumentiranje.



51

GEODETSKI DAN

BRDO PRI KRANJU
15. IN 16. NOVEMBER
2023



HVALA ZA POZORNOST!
SLEDIJO
VPRAŠANJA/QUESTIONS



VEČRAZSEŽNO MODELIRANJE PROSTORA