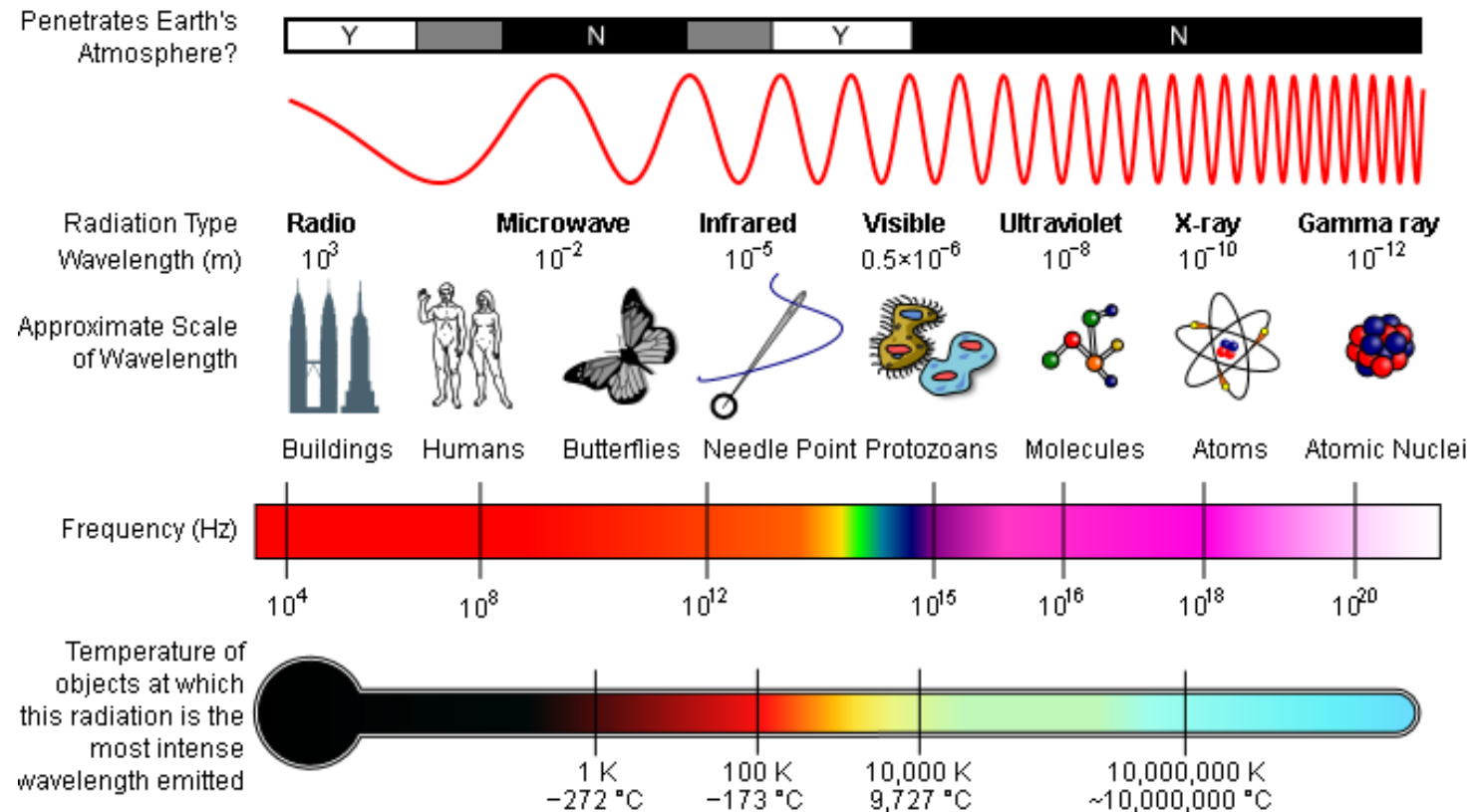


An aerial view of a landscape generated from Lidar data. The terrain is color-coded by elevation, with the highest points in red and orange, transitioning through yellow and green to blue and cyan at lower elevations. A winding river is visible on the left side, and a dense urban area with buildings is on the right. A small 3D coordinate system with red, green, and blue axes is located in the top right corner.

Lidar a dokumentace povrchu
pomocí technik
umožňujících vytváření 3D
modelů.

Tomáš Tencer a Vojtěch Nosek

- LiDAR (z anglického Light Detection And Ranging) je aktívna metóda diaľkového prieskumu zeme (DPZ, anglicky Remote Sensing). Využíva sa na meranie vzdialeností. Na jej získanie je využívaný odraz laserového lúča. Z prístroja je vyslaný lúč smerom k meranej ploche, pričom sa meria čas kedy sa lúč odrazí späť do prístroja (Wikipedia contributors, 2013). Pomocou tejto metódy je možné získať údaje pre tvorbu výškopisného modelu krajiny.



- Laserové skenovanie sa v podstate delí na pozemné (**TLS – Terrestrial Laser Scanning**) a letecké (**ALS – Airborne Laser Scanning**) .
- Pozemné meranie je vhodnejšie na meranie objektov či malých úsekov krajiny. Letecké je naproti tomu priamo určené na projekty zasahujúce veľké plochy, či plochy a objekty ťažko prístupné z povrchu. Pre oba termíny (ALS a TLS) sa používa skratka LiDAR. Jedná sa o rovnakú technológiu, pričom rozdiel je iba v aplikácií.



PRINCIP LiDAR

- LiDAR je technológia, ktorá kombinuje veľmi presné meranie laserovým lúčom a presné určovanie polohy pomocou navigačných systémov. Prístroj umiestený na platforme¹ vysiela lúč smerom k meranému objektu (odrazovej ploche). Súčasne s vyslaním sa spustí časomiera, ktorá meria dobu za akú sa lúč po odrazení od meranej plochy vráti späť do prístroja. Keďže rýchlosť svetla je vo všeobecnosti známa (približne 300 miliónov m/s – 1) a čas je zaznamenaný, potom vieme vzdialenosť vypočítať podľa jednoduchšej rovnice. $vzdialenosť = (rýchlosť \times čas) / 2$
- Pro zpresnění kombinováno s GNSS (Global Navigation Satellite Systém) a IMU (Inercial Measurement Unit).

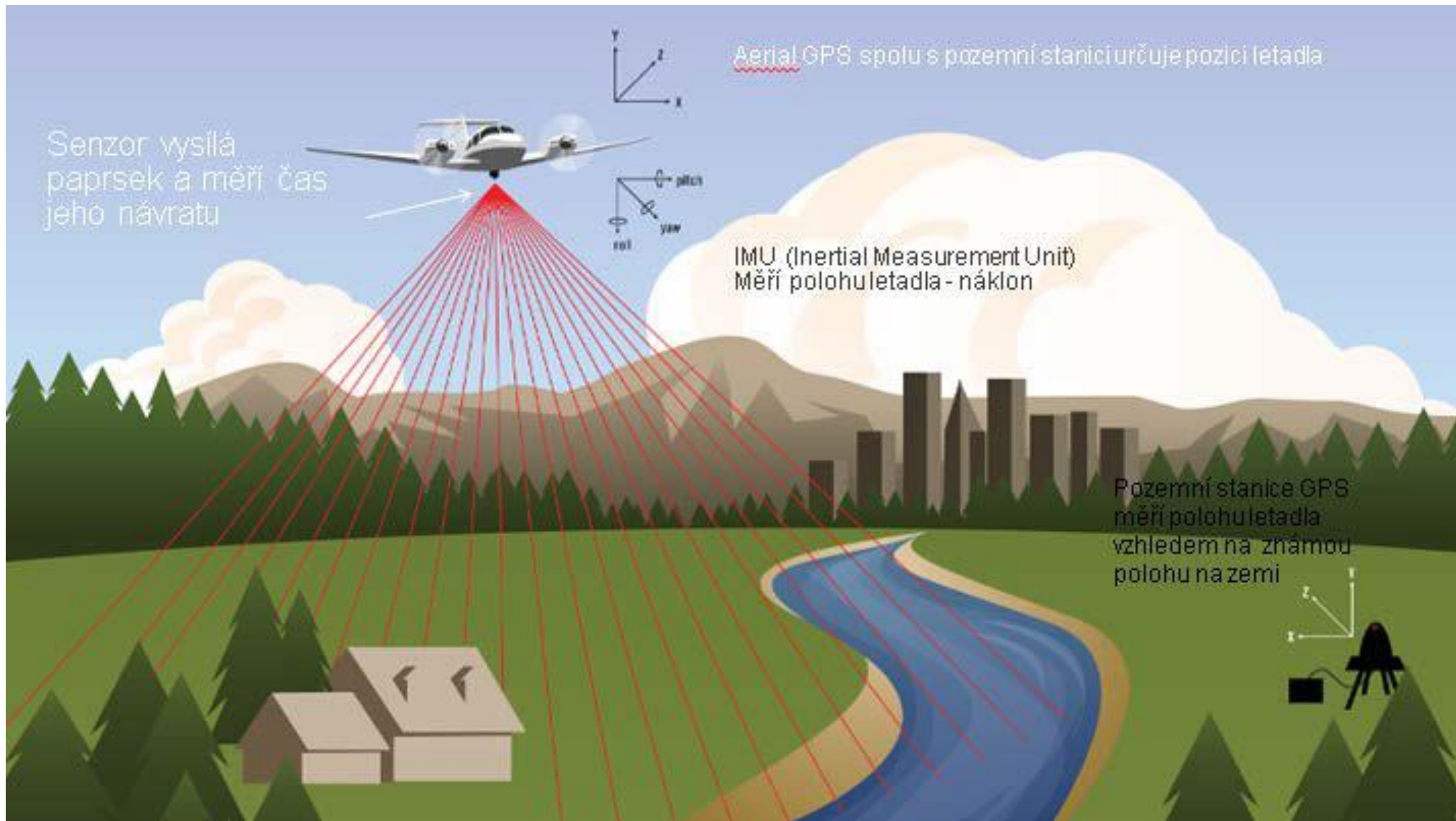
Aerial GPS spolu s pozemní stanicí určuje pozici letadla

Senzor vysílá paprsek a měří čas jeho návratu

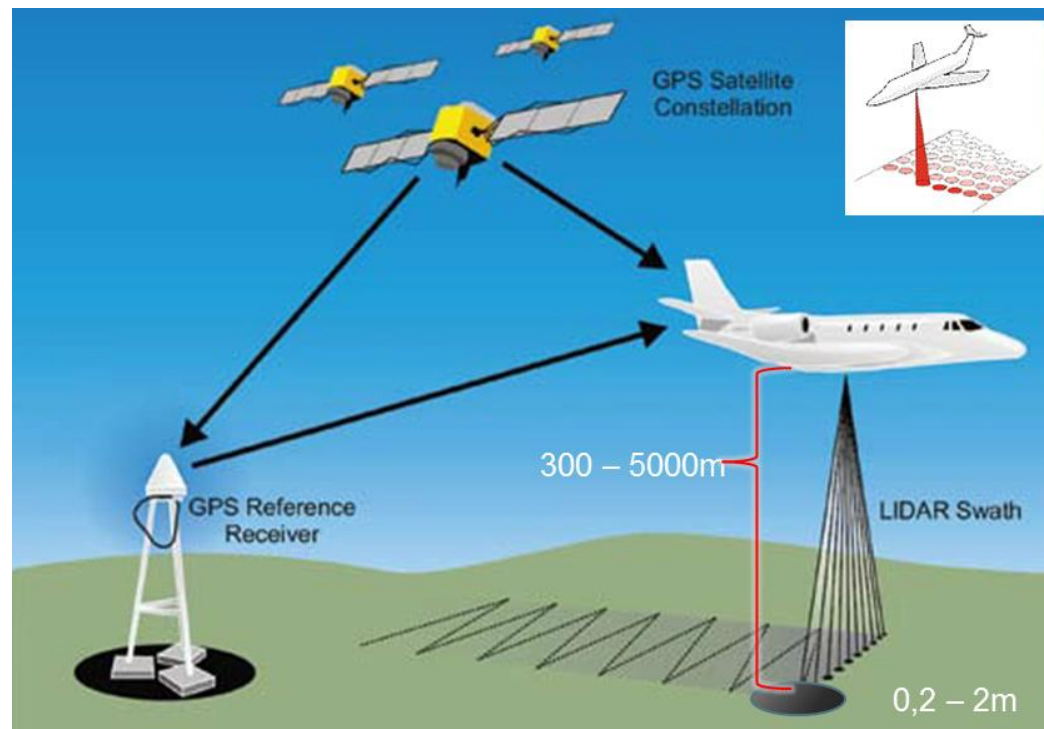


IMU (Inertial Measurement Unit)
Měří polohu letadla - náklon

Pozemní stanice GPS měří polohu letadla
vzhledem na známou polohu na zemi



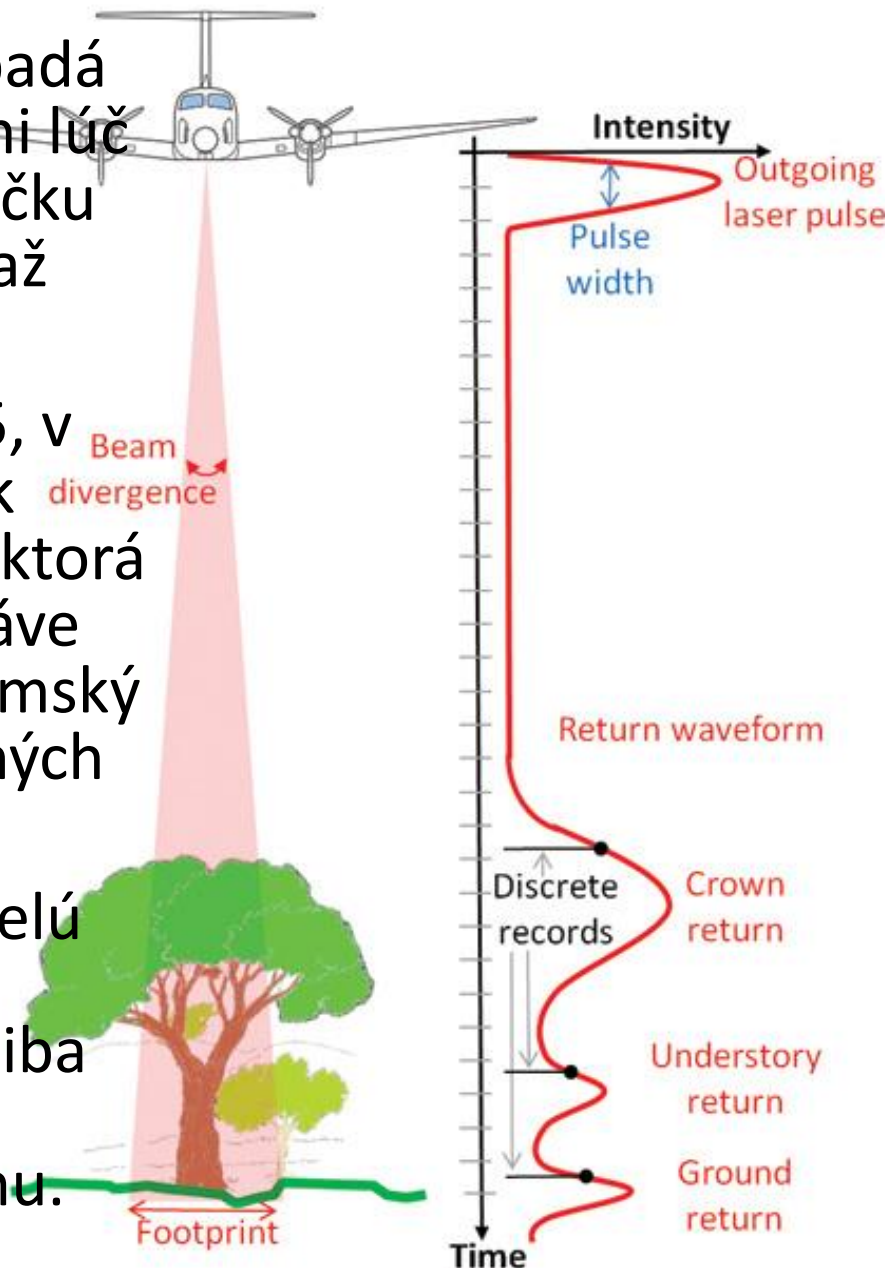
- Samotné skenovanie prebieha postupne (jednotlivo), avšak veľmi rýchlo. Behom sekundy je prístroj schopný zmerať až 200 tis. bodov. Lietadlo sa pohybuje zvyčajne vo výške od 300 do 5000 m. Táto výška zabezpečuje dostatočnú detailnosť merania pri rozumnom pokrytí.
- Počítanie vzdialenosti na základe času, ktorý potrebuje svetlo na cestu k cieľu a späť v kombinácii s presnými GNSS a IMU údajmi, umožňuje lokalizovať merané body s presnosťou 10-15cm v horizontálnom aj vertikálnom smere



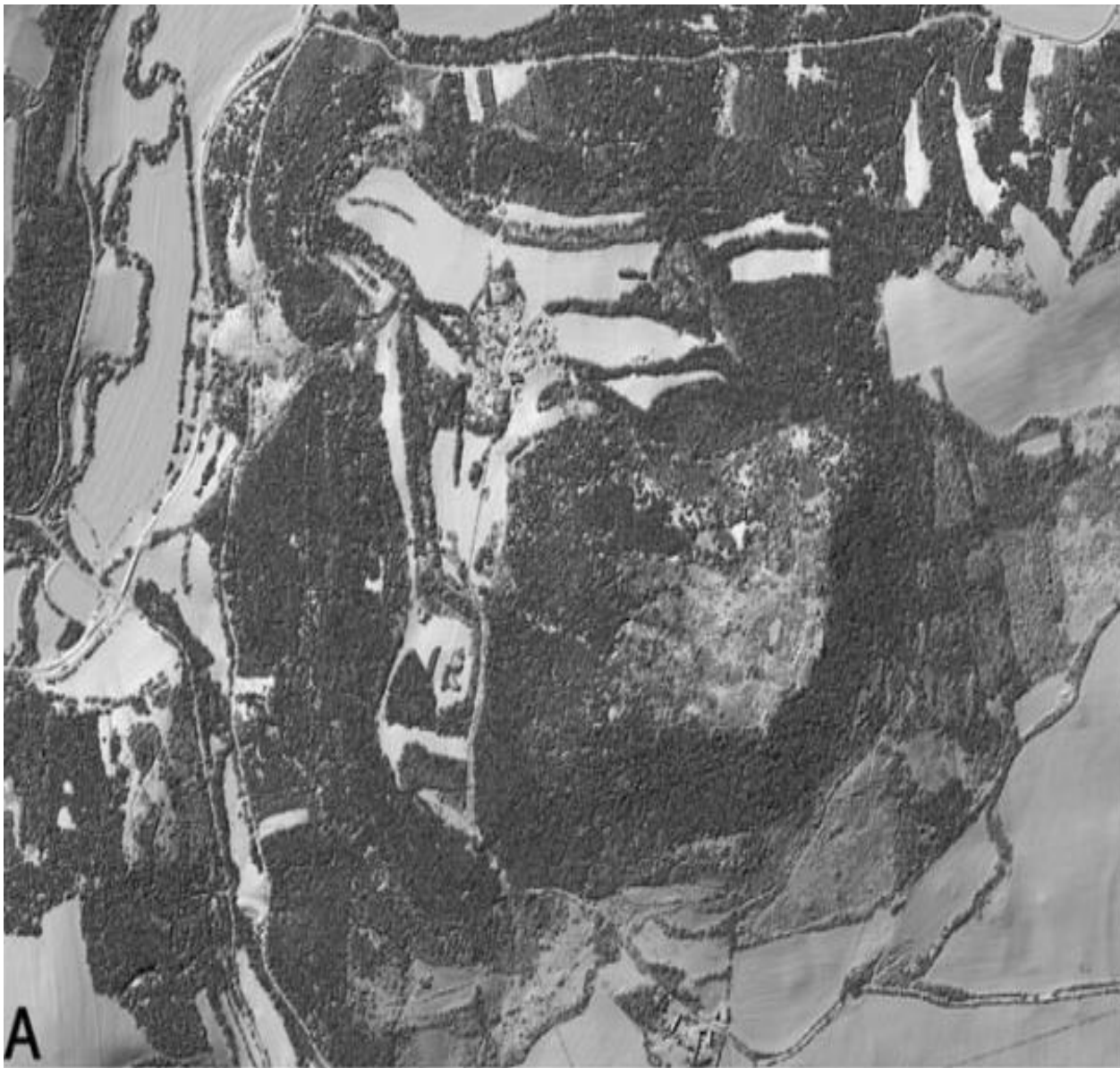
- Jednotlivý lúč svetla sa v smere od zdroja rozširuje a dopadá na povrch vo forme kužeľa. Veľkosti plochy, ktorú na zemi lúč pokryje sa hovorí **footprint** (otlačok). Priemer tohto otlačku závisí od výšky letu a pohybuje sa medzi hodnotami 0,2 až 2m.

- V skutočnosti sa lúč odráža už pri prechode atmosférou⁵, v korunách stromov a od okolitých budov. Na holú zem tak dopadá úplne nakoniec už iba zvyšok pôvodnej energie, ktorá bola z prístroja vyslaná. Tieto odrazy nazývame echá. Práve skutočnosť, že niektoré lúče či ich časť dopadne až na zemský povrch je úspešne využívaná pri tvorbe DTM⁷ v zalesnených oblastiach.

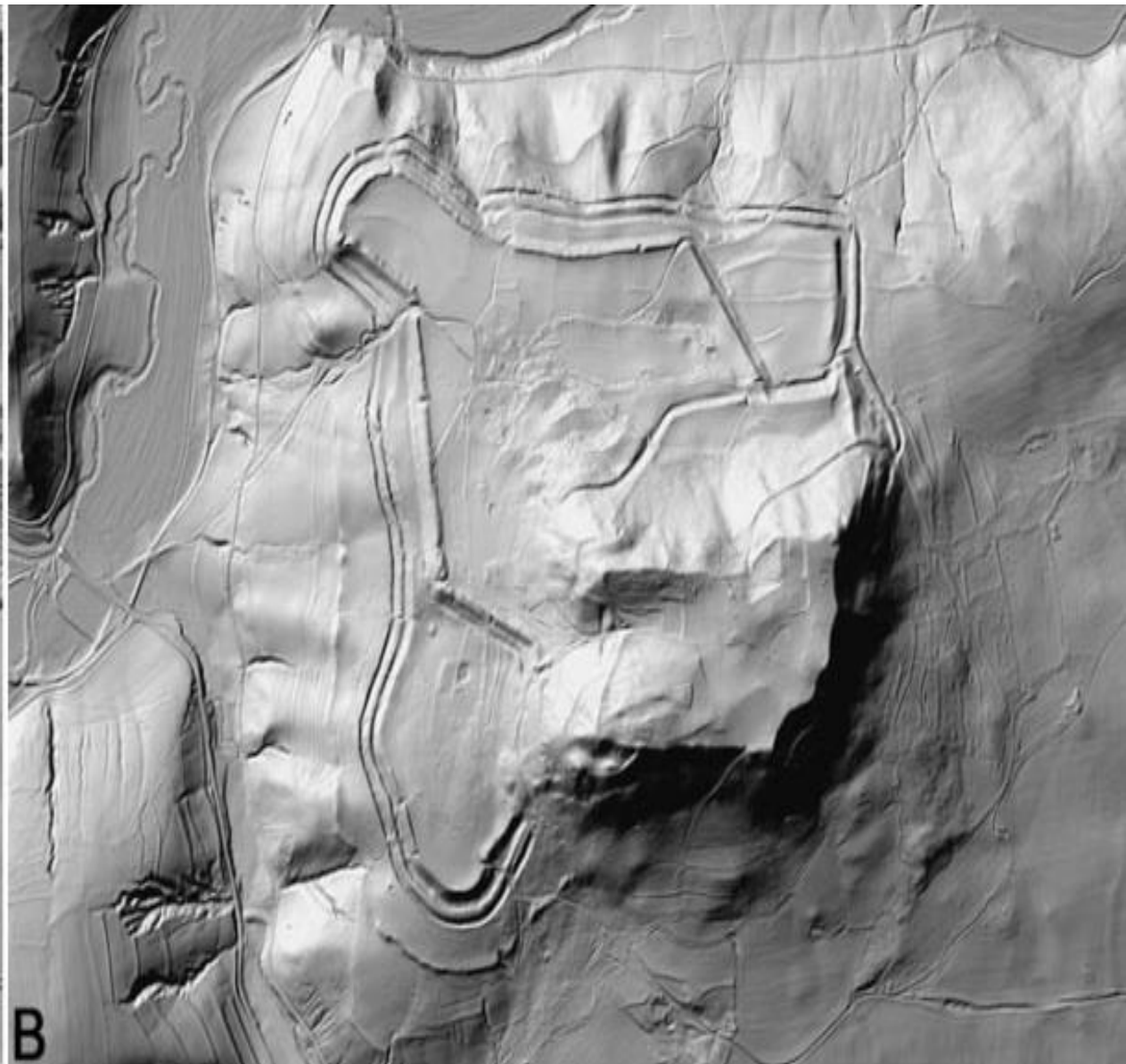
- V súčasnosti je väčšina prístrojov schopná zaznamenať celú škálu odrazov (angl. echo). Hovoríme o **fullwave LiDAR**. Oproti starším skenerom, ktoré zaznamenávali väčšinou iba prvý a posledný odraz, fullwave skenery dokážu zachytiť omnoho väčšie množstvo informácií o charaktere povrchu.



- V praxi sa však zatiaľ stále používa prvý a posledný odraz. Prvý odraz je väčšinou odrazom z korún stromov, posledný odraz je zo zemského povrchu. Pri vyhodnocovaní dát je tak informácia o jednotlivých odrazoch použitá k tvorbe výškopisných modelov krajiny. Prvý je použitý k tvorbe digitálneho modelu povrchu (**DSM**)⁶ a posledný k modelu terénu (**DTM**)
- Okrem polohopisných súradníc miesta odrazu sú zaznamenané aj informácie o **intenzite odrazu**⁸. Inými slovami, koľko z pôvodného lúča sa odrazí smerom späť. Táto hodnota je závislá od množstva parametrov a je nutná kalibrácii, vzhľadom k výške letu, atmosférickým podmienkam atď. Z intenzity odrazu je možné vypočítať odrazivosť materiálu a výrazne tak pomôcť pri interpretácii dát z merania. Na základe intenzity odrazu je možné identifikovať typ materiálu (beton, vegetácia, zem, voda a iné). Zobrazenie výsledkov merania prostredníctvom intenzity odrazu je podobné panchromatickej kolmej fotke



A

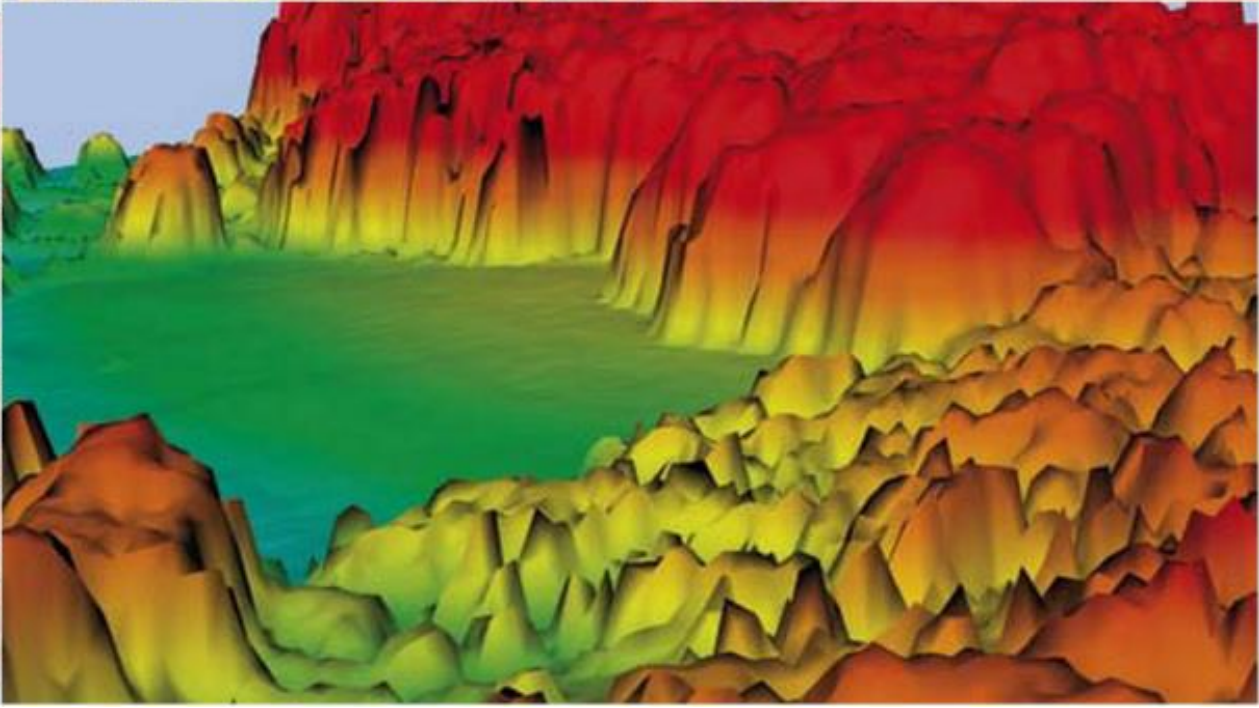
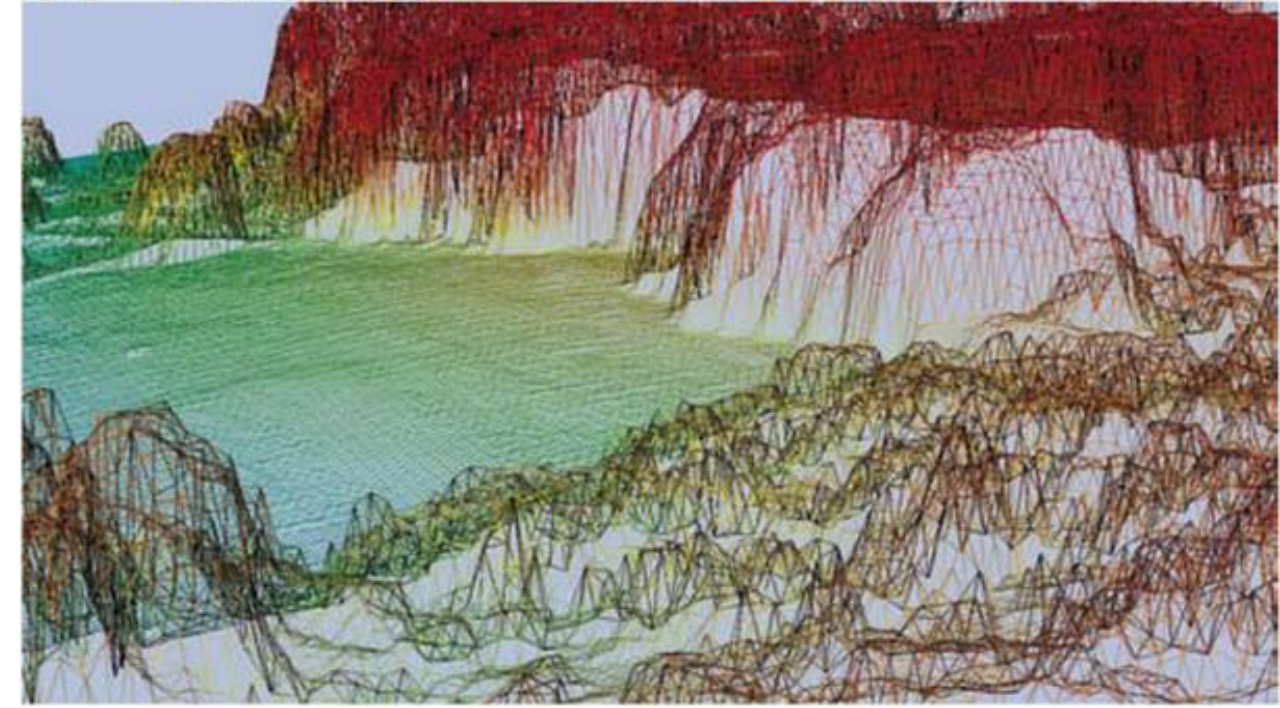
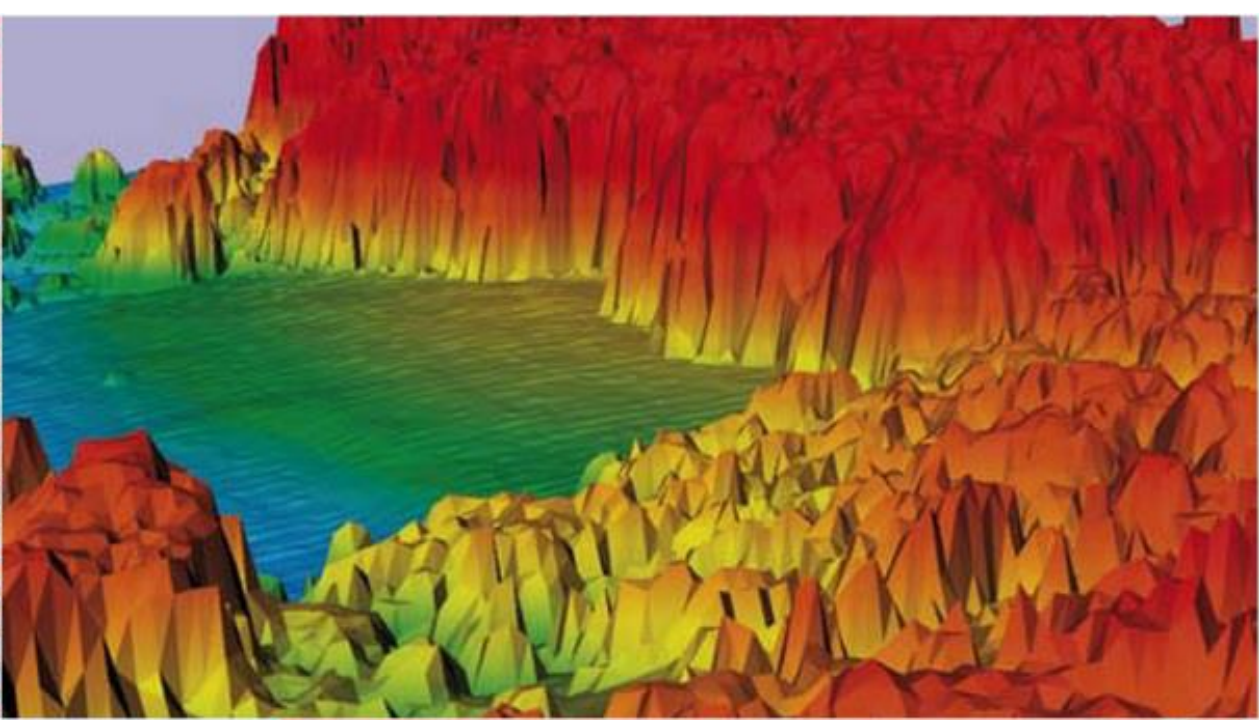
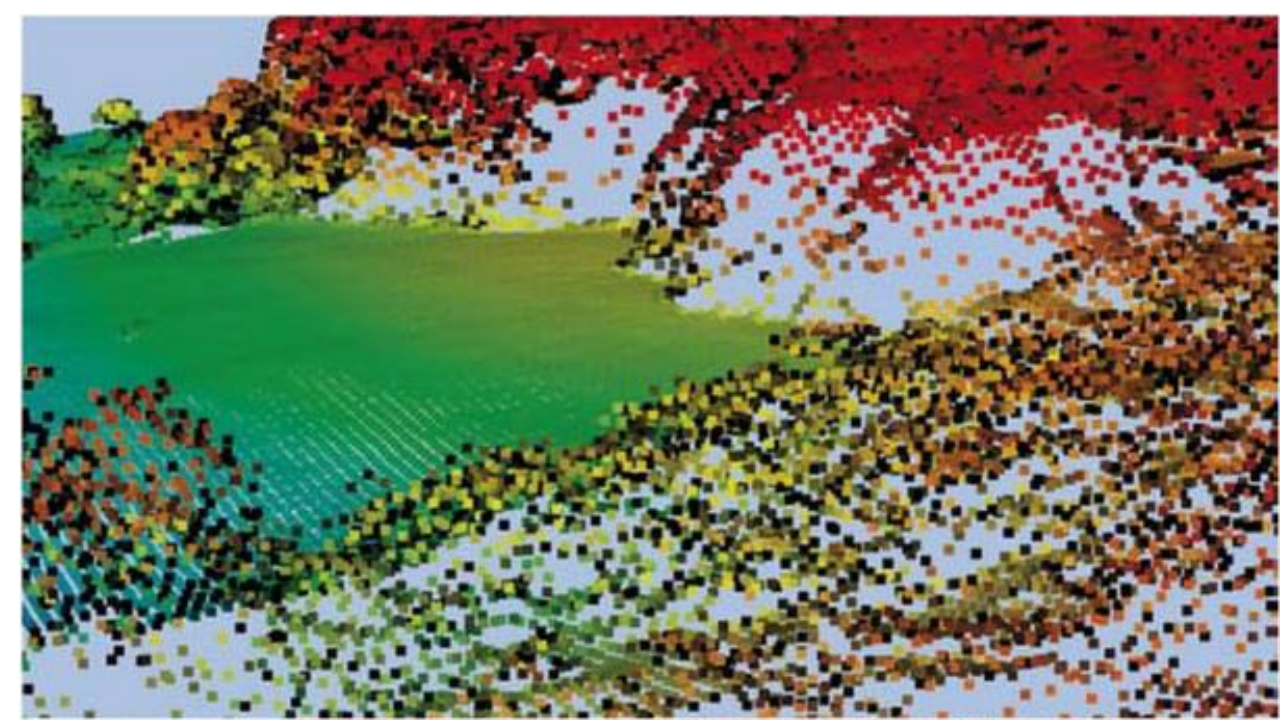


B

Záhořice-Vladař 0 500 1000 1500 m ↑ N

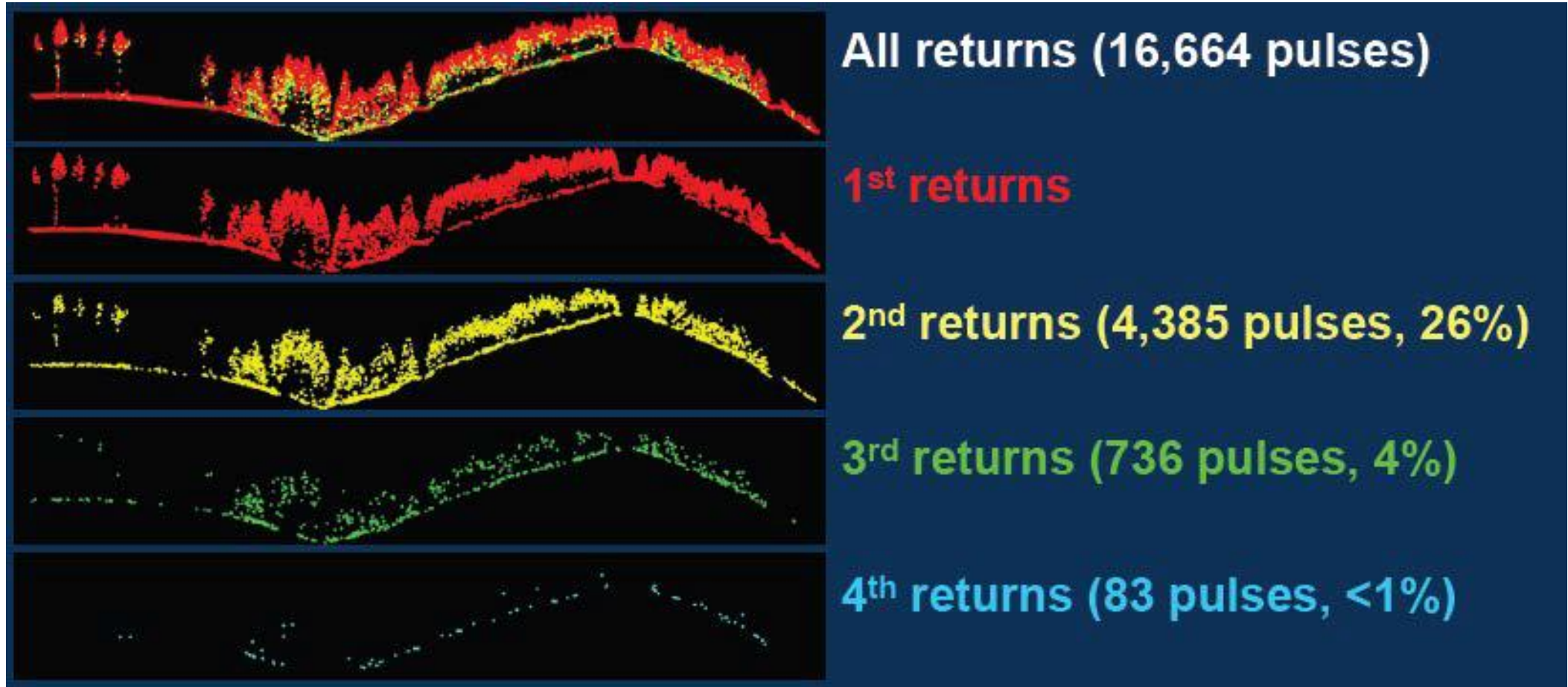
ZPRACOVÁNÍ DAT

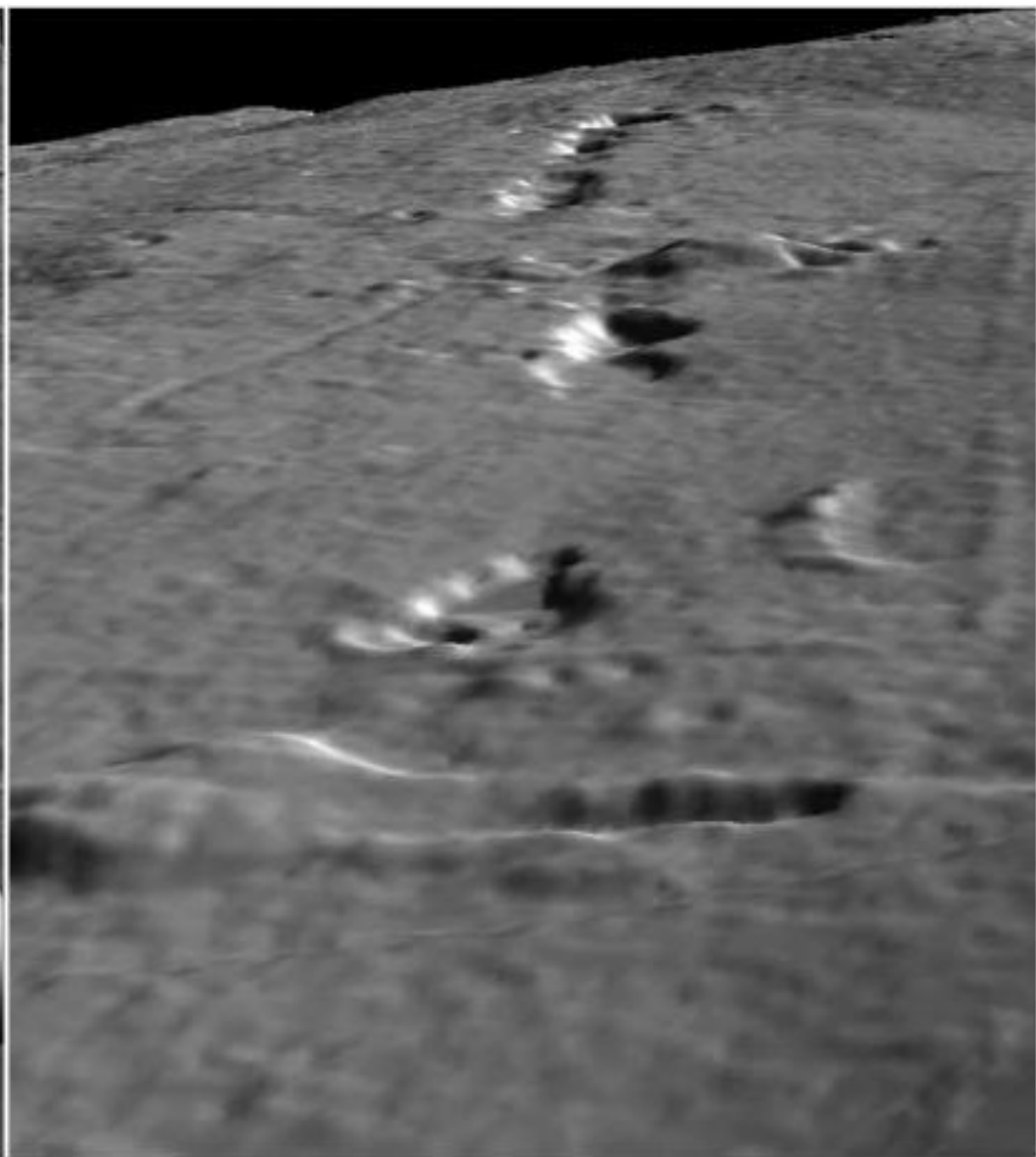
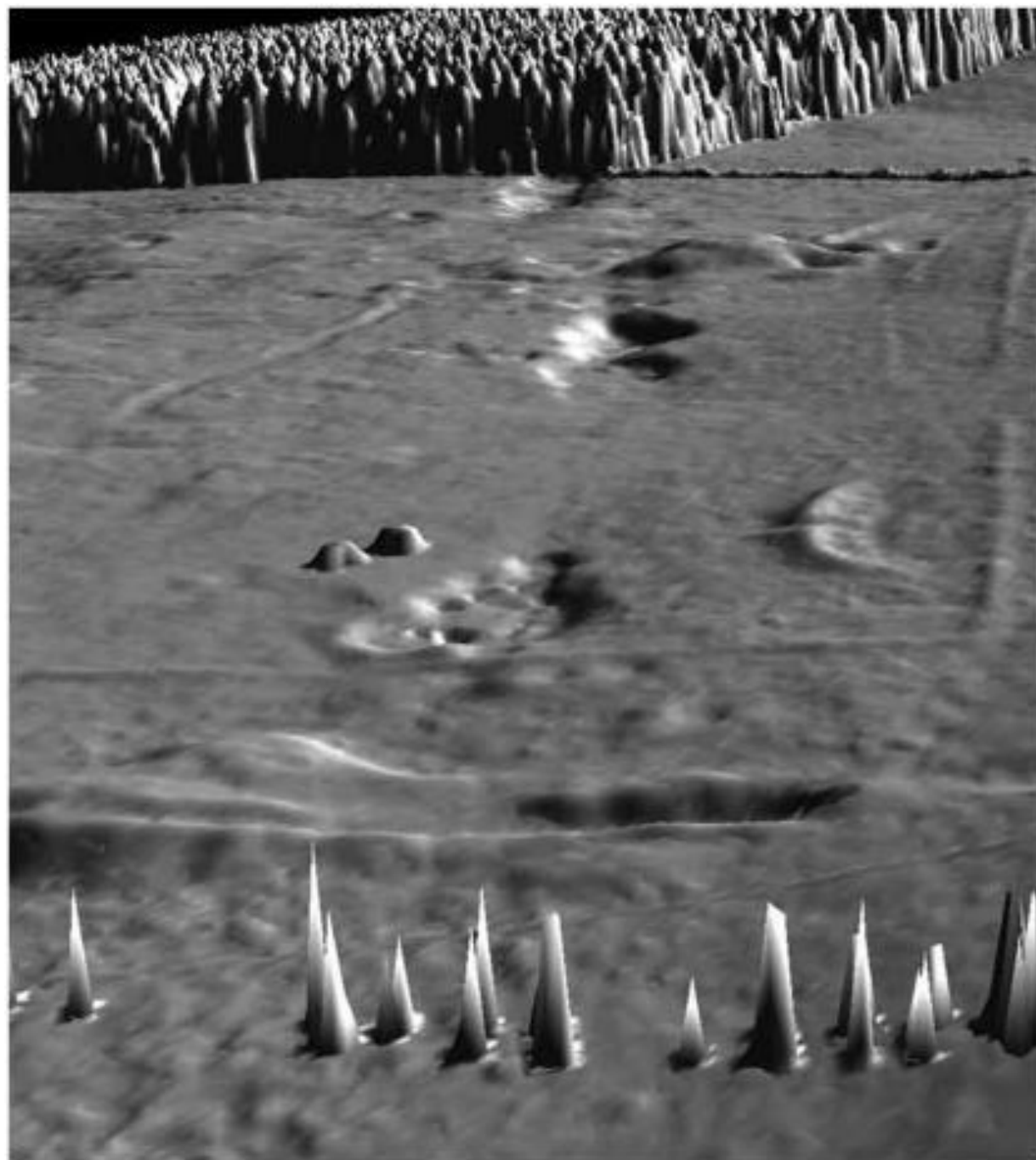
- Rýchlosť v kombinácii s obrovskou hustotou, s akou laserové skenovanie meria a zaznamenáva polohu jednotlivých bodov v krajine, prináša obrovské množstvo dát. Tieto dáta treba spracovať, vizualizovať a archivovať.
- Výsledkom merania je mračno bodov, ktoré sa po spracovaní môže interpolovať do podoby digitálneho modelu povrchu či 3D modelov budov a iných objektov. Po aplikácii filtrov je možné z mračna bodov získať digitálny model terénu.
- Za základný výmenný formát lidarových dát možno považovať formát LAS. Obsahuje informácie o číslach bodov v jeho súradniciach (X,Y,Z), prípadne o intenzite odrazu. Tento súbor predstavuje celé mračno bodov (**point cloud**). Obsahuje všetky zamerané body. Výhodou je, že nedochádza k redukcii dát, avšak vizuálna interpretácia takéhoto súboru je značne náročná. Vo väčšine prípadov je point cloud prevedený do podoby povrchu (**surface**).



- Existujú 2 základné typy povrchu: **TIN** (Triangulated Irregular Network¹⁰) a **Raster surface**. Prvý spomenutý je tvorený bodmi, ktoré sú pospájané hranami do vzájomne sa neprekrývajúcich rôznostranných trojuholníkov. Oproti rastrovému formátu je manipulácia s ním zložitejšia. Rastrový povrch často tiež nazývaný **grid**, uchováva informáciu od polohy bodu vo forme pravidelnej mriežky. Hodnoty sú interpolované¹¹ a existuje celý rad formátov a pre ich uchovávanie. Vo všeobecnosti nástroje GIS sú schopné pracovať s väčšinou z nich. Hlavnou výhodou je jednoduchá vizualizácia výsledkov a kompatibilita s programami GIS. Problematickou je práve strata pôvodných informácií pri interpolácii. V prípade, že je pôvodná hustota bodov z lidarů 1 bod na m² a výsledný grid je tvorený bunkami s veľkosťou 0,5m, nastáva situácia kedy až 75% bodov je dopočítaných. Vo výsledku sú tak dáta skôr vypočítané ako zmerané. V praxi sa odporúča pri interpolácii neprekročiť pomer 50%

- Najčastejším produktom lidarového prieskumu je výškopisný model (DEM - z angl. Digital Elevation Model). DEM je všeobecný názov pre rastrový súbor, ktorého hodnota bunky predstavuje jej eleváciu (nadmorskú výšku). Termíny DTM a DSM potom predstavujú aký typ krajiny daný DEM reprezentuje.

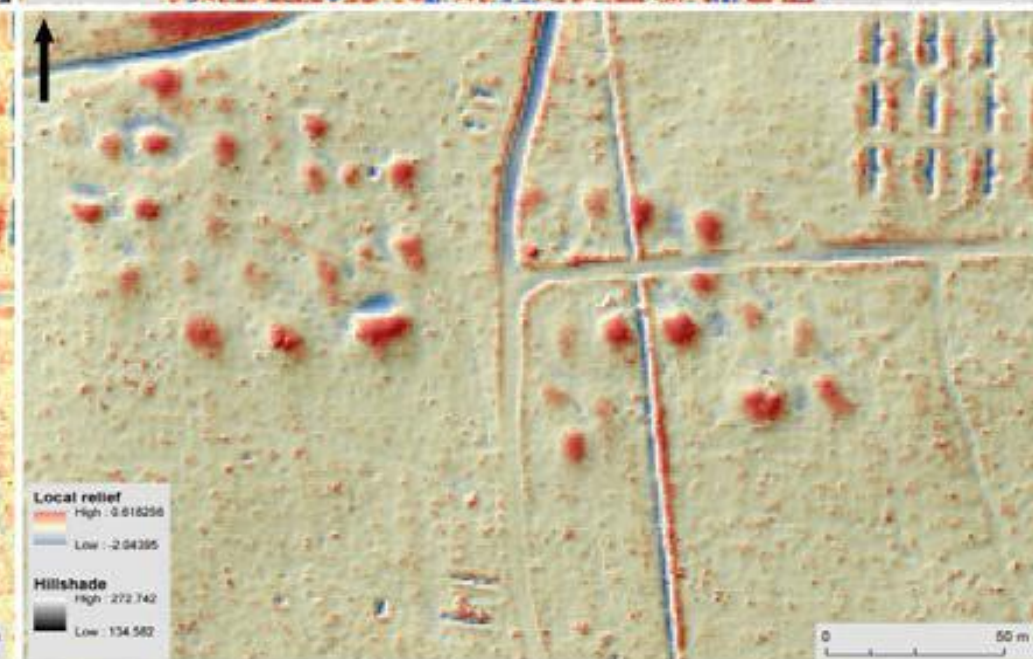
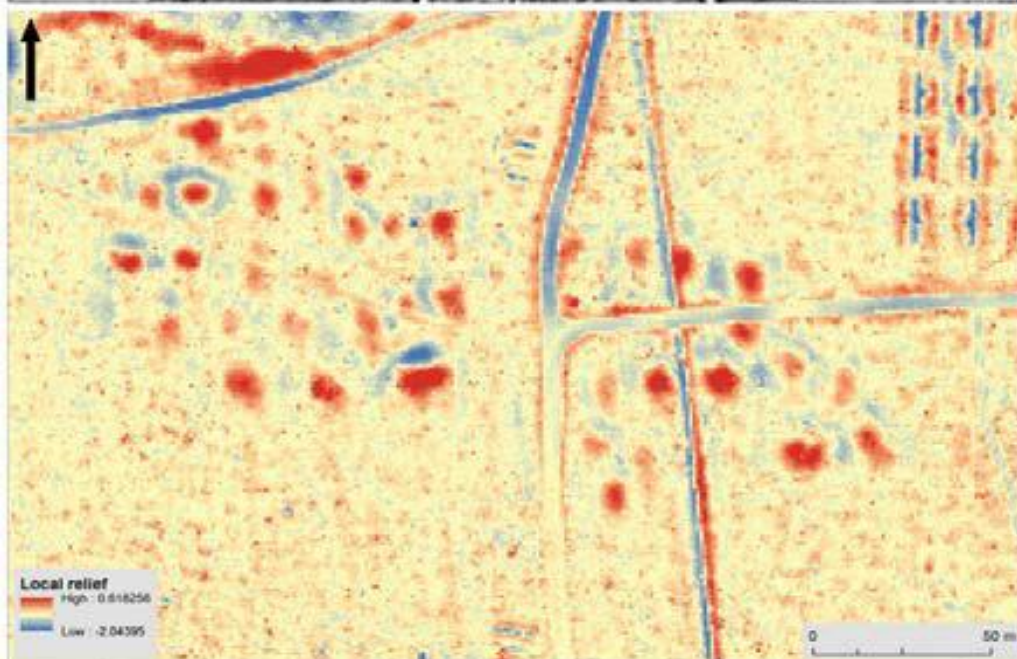
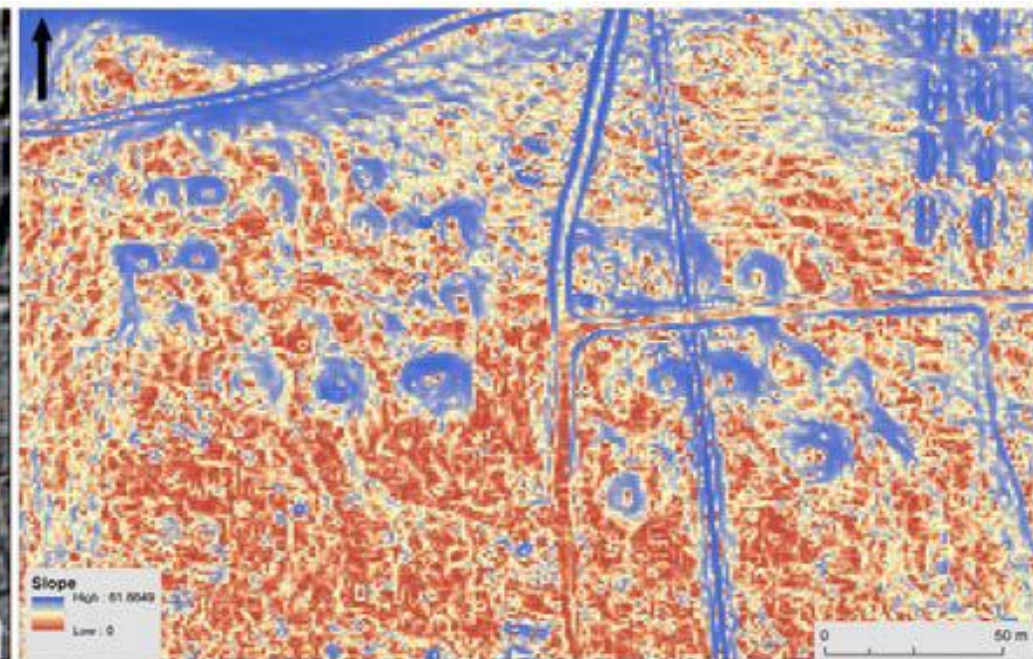
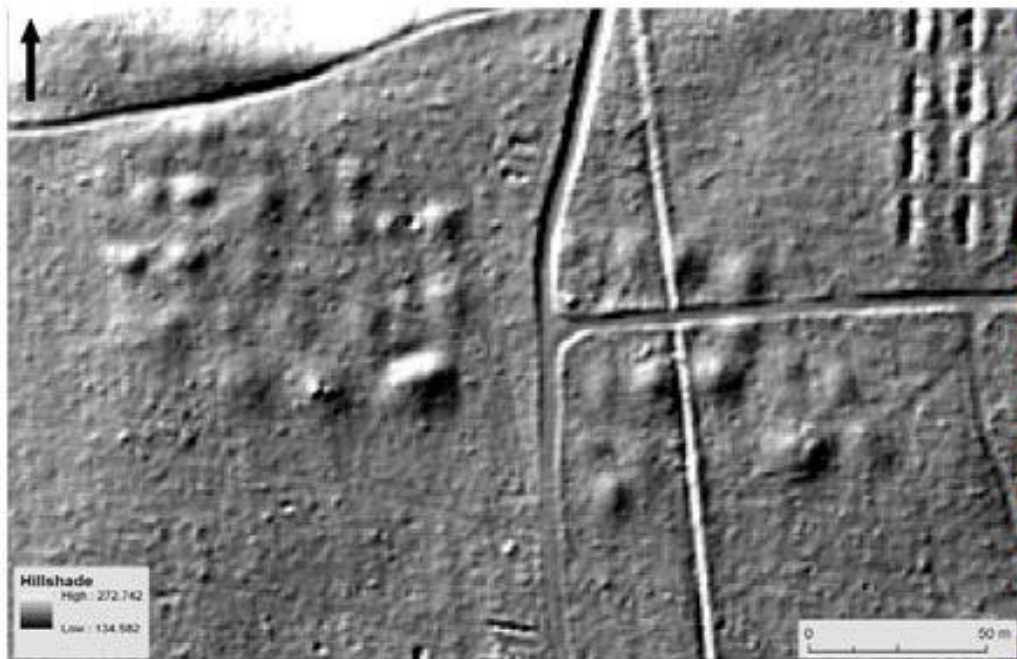






VIZUALIZACE DAT

- Archeologická informácia, ktorá môže byť získaná z lidarových dát, je do veľkej miery závislá na metóde, akou tieto dáta zobrazujeme
- Medzi základné techniky patrí tieňovanie reliéfu (**hillshade**). Ide o najčastejší spôsob vizualizácie výškopisných modelov v archeológii. Hlavná výhoda je priama integrácia v GIS programoch a jednoduchá interpretácia a porozumenie. Jedná sa o simuláciu svetla dopadajúceho na povrch modelu pod určitým uhlom. Tieň vrhaný modelom následne odhalí možné štruktúry. Hlavná nevýhoda tieňovania je, že v prípade, ak je uhol dopadajúceho svetla paralelný napr. s lineárnou štruktúrou, tak potom tieň nevrhá a zostane neodhalená – čo zostane neodhalené?. Čiastočným riešením je tzv. **Multiple Hillshade**, ktorý predstavuje kombináciu jednotlivých hillshadov z rôznych smerov (najčastejšie 16-tich).



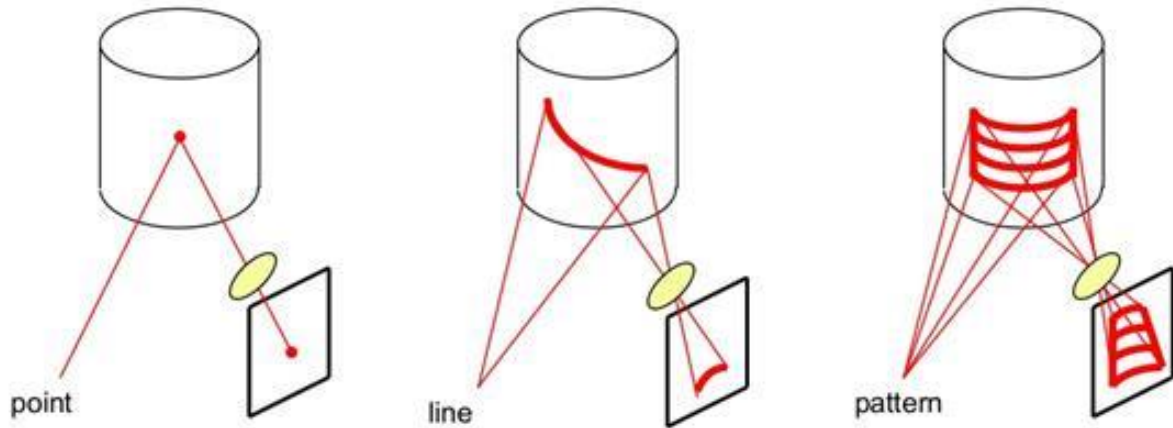
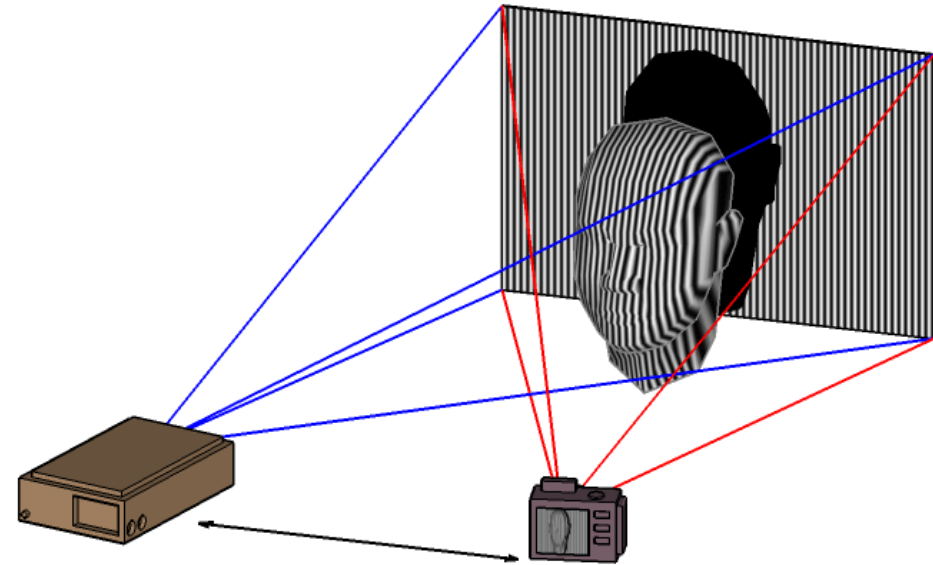


Dokumentace povrchu pomocí technik
umožňujících vytváření 3D modelů

Trojrozměrné skenování

- Optická metoda spočívající v nasvícování objektu zářením o specifické vlnové délce (světelné vzorce, binární kódy, či laser).
- Přesné, ale časově náročné. Nevýhodou také nižší přesnost s rostoucí měřenou délkou a také omezená délka základny mezi kamerou a vysílačem.
- U velké části skenerů je také obtíž s pořízením textury.

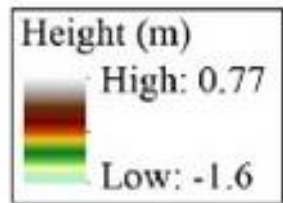
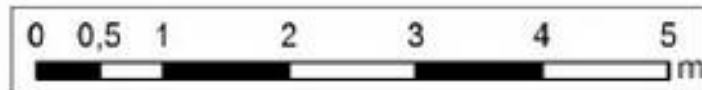


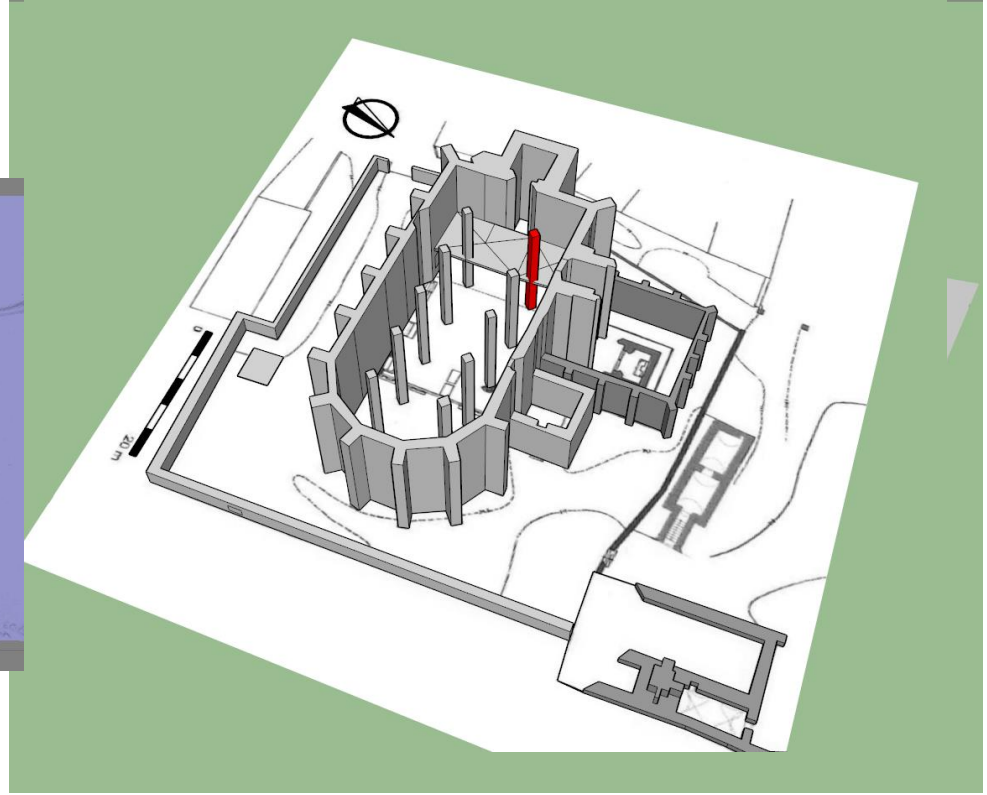
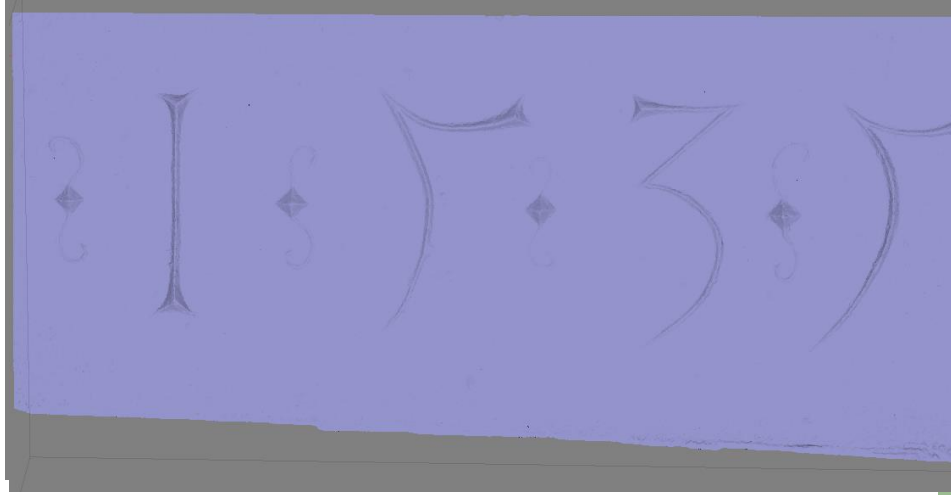


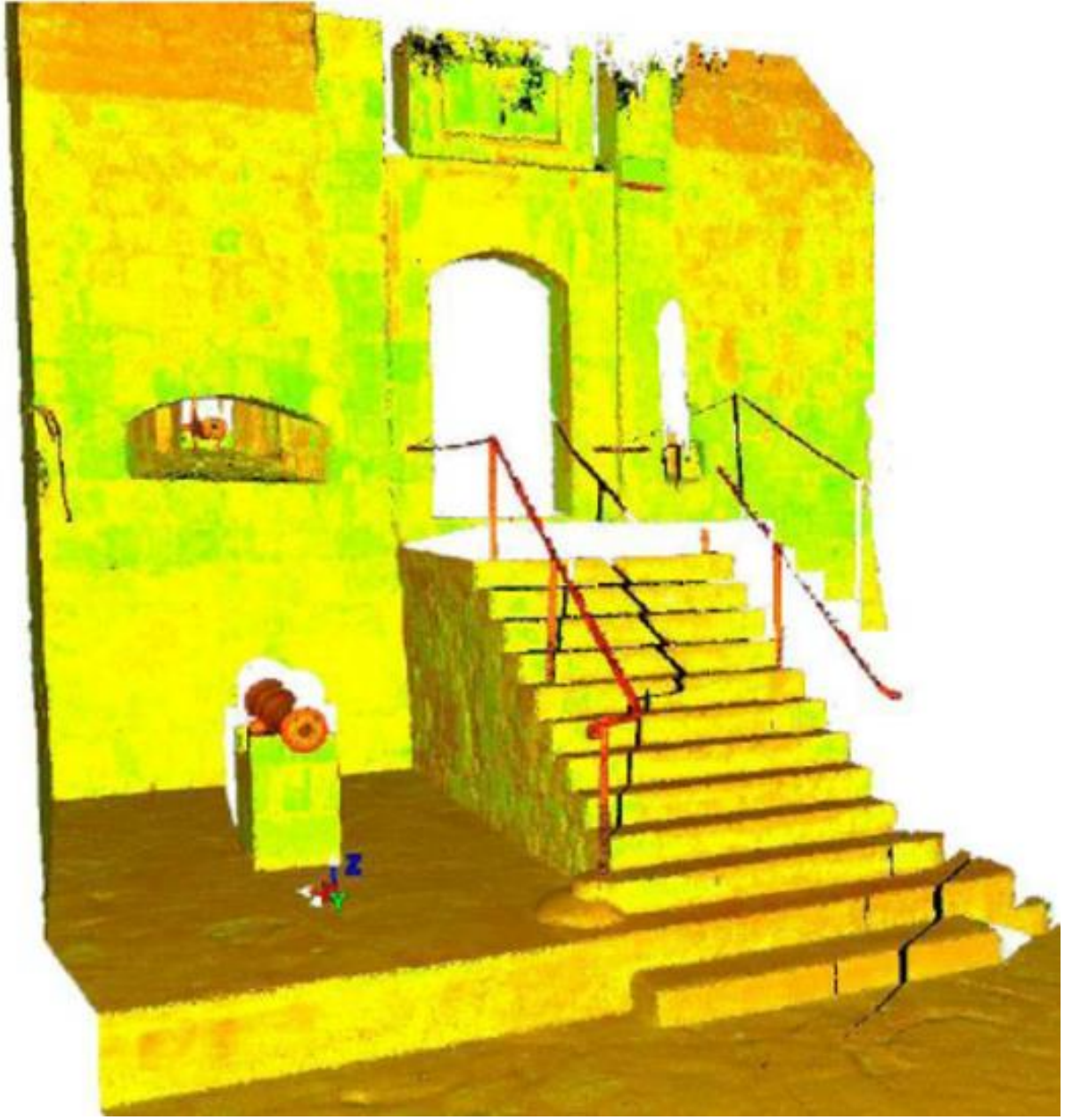


0.00
0.25
0.50
0.75
1.00

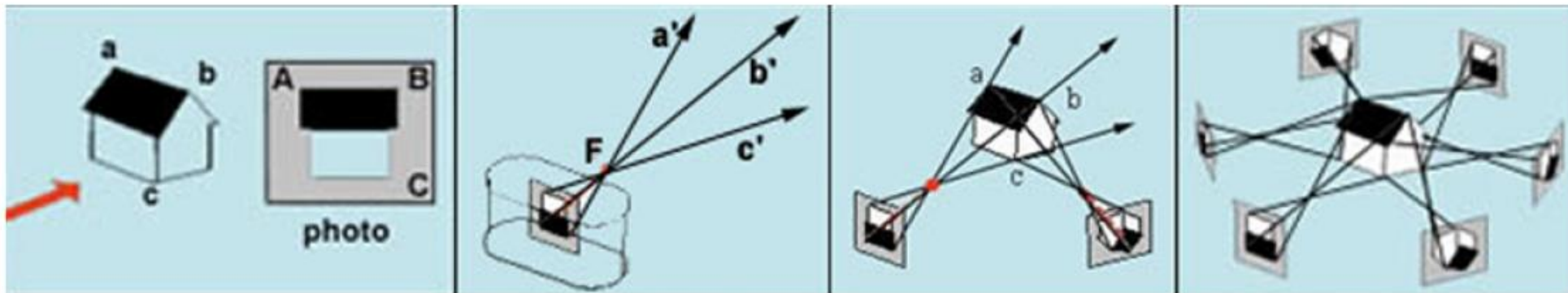
★ GCPs







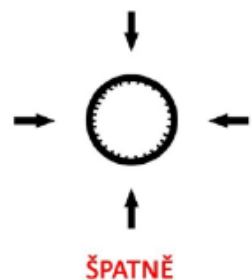
- dokumentovaný objekt či situace je snímána digitálním fotoaparátem z různých pozic v prostoru. Speciální algoritmus, který funguje na bázi triangulace, nalezne na jednotlivých fotografiích společné body a pomocí průmětu vypočte jednotlivé pozice fotoaparátů/snímků okolo dokumentovaného objektu.



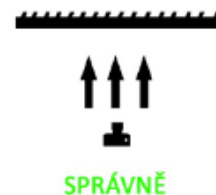
PRAKTICKÉ RADY

- čím více fotografií, tím lépe.
- snažíme se objekt vyfotit ze všech možných úhlů pohledu.
- překryv fotografií 60 % a více.
- fotíme za konstantního světla a za dobrých světelných podmínek (bez blesku)
- větší objekty se snažíme dokumentovat v období vegetačního klidu.
- co nebude na fotkách vidět, nebude i na výsledném modelu.

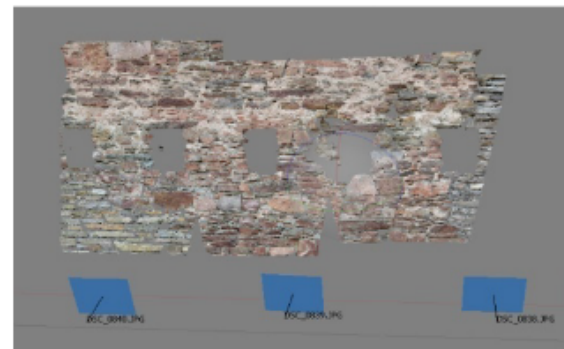
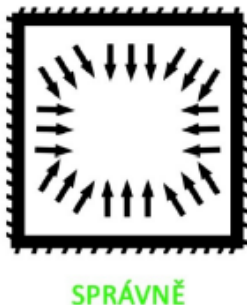
IZOLOVANÉ OBJEKTY



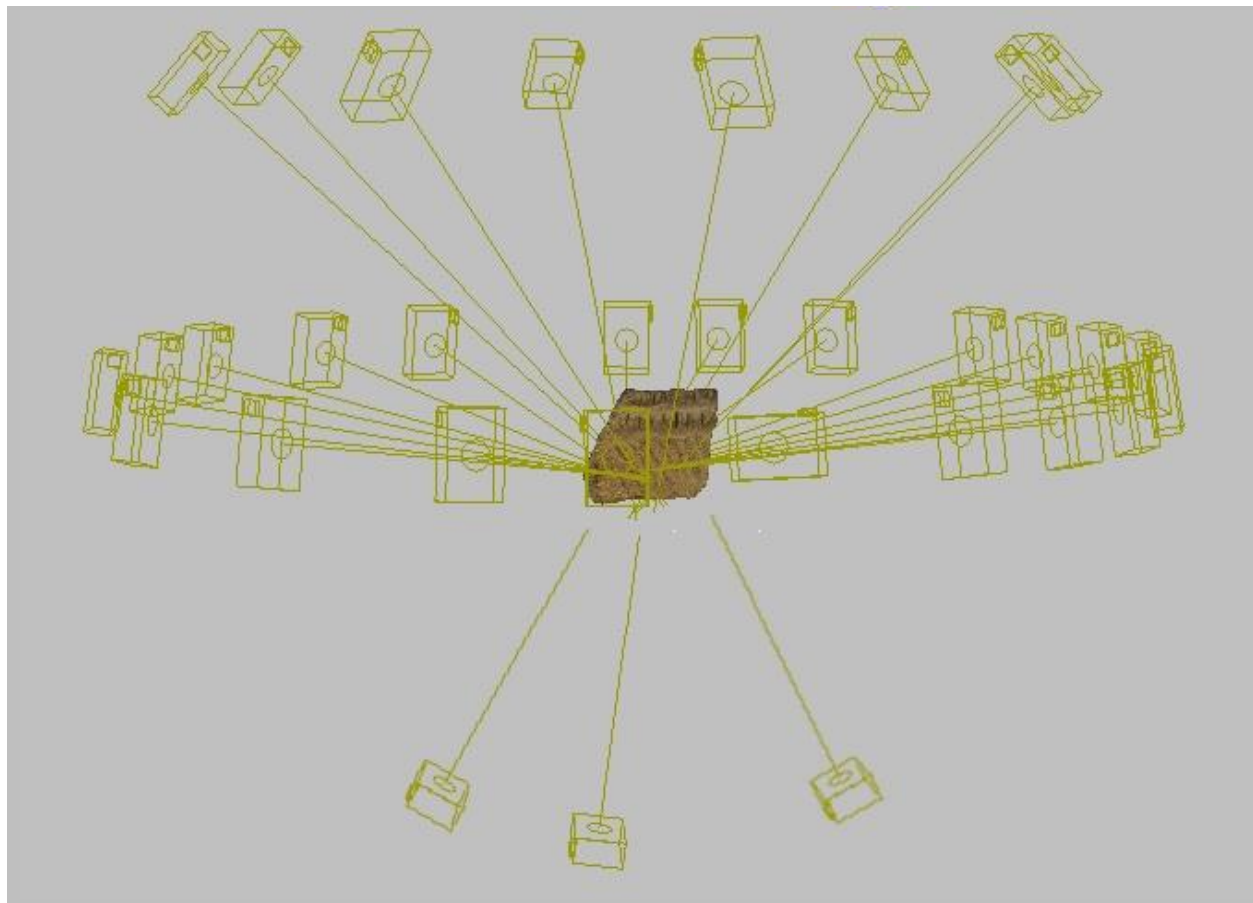
ZDI, FASÁDY apod.



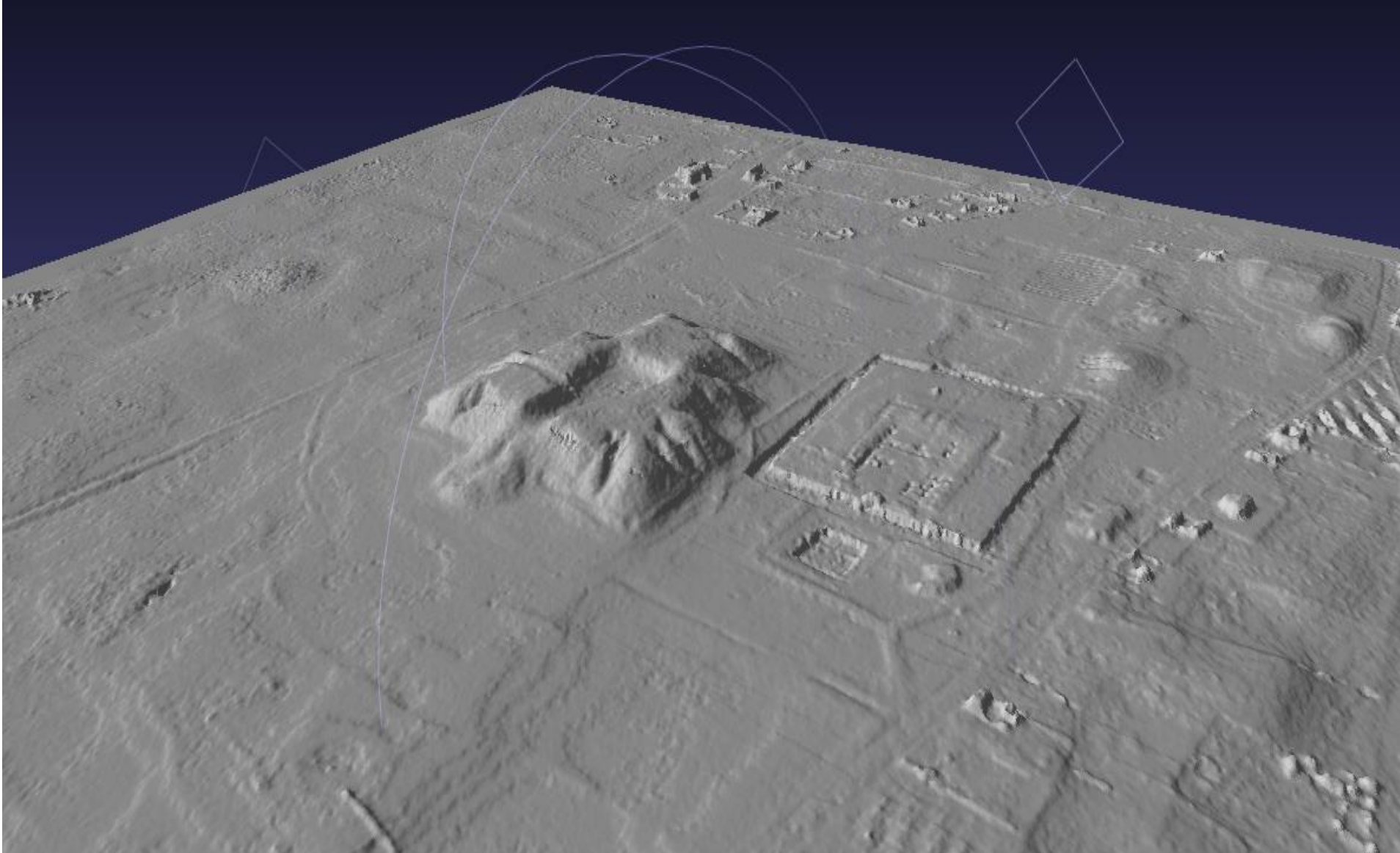
INTERIÉRY



- Pokrytí celého povrchu artefaktu měřičskými snímky.
Více úhlů a elevací, víc vidí.



Agisoft PhotoScan

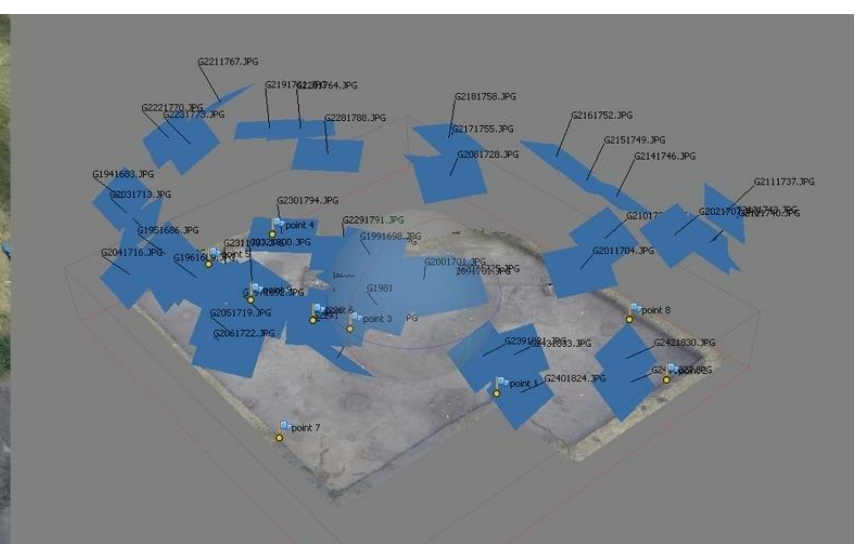




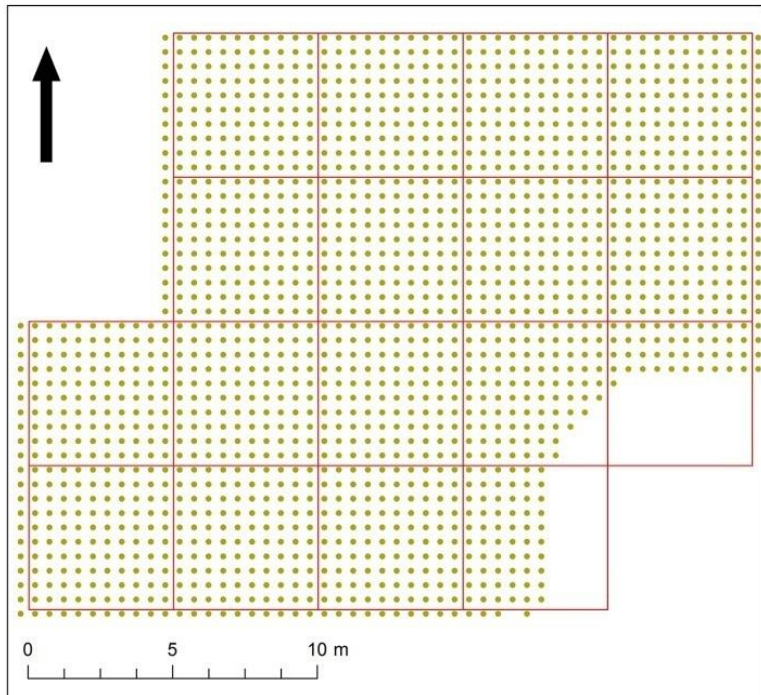
DRON



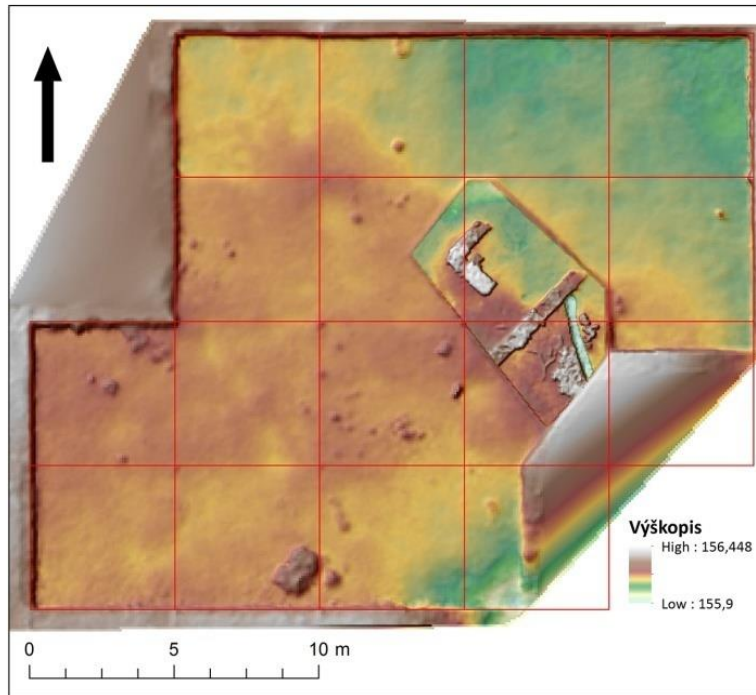
FOTO



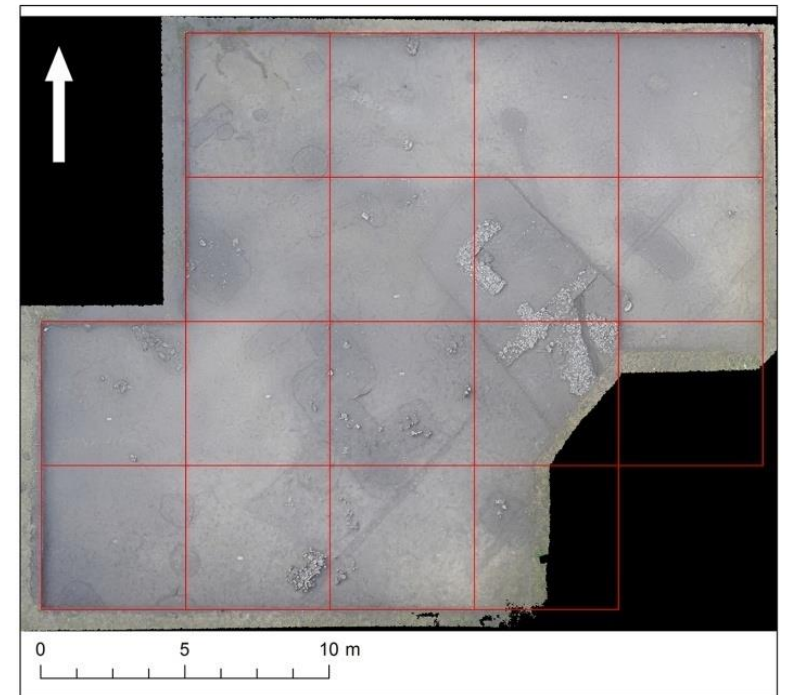
3D MODEL



POINT GRID



DMR

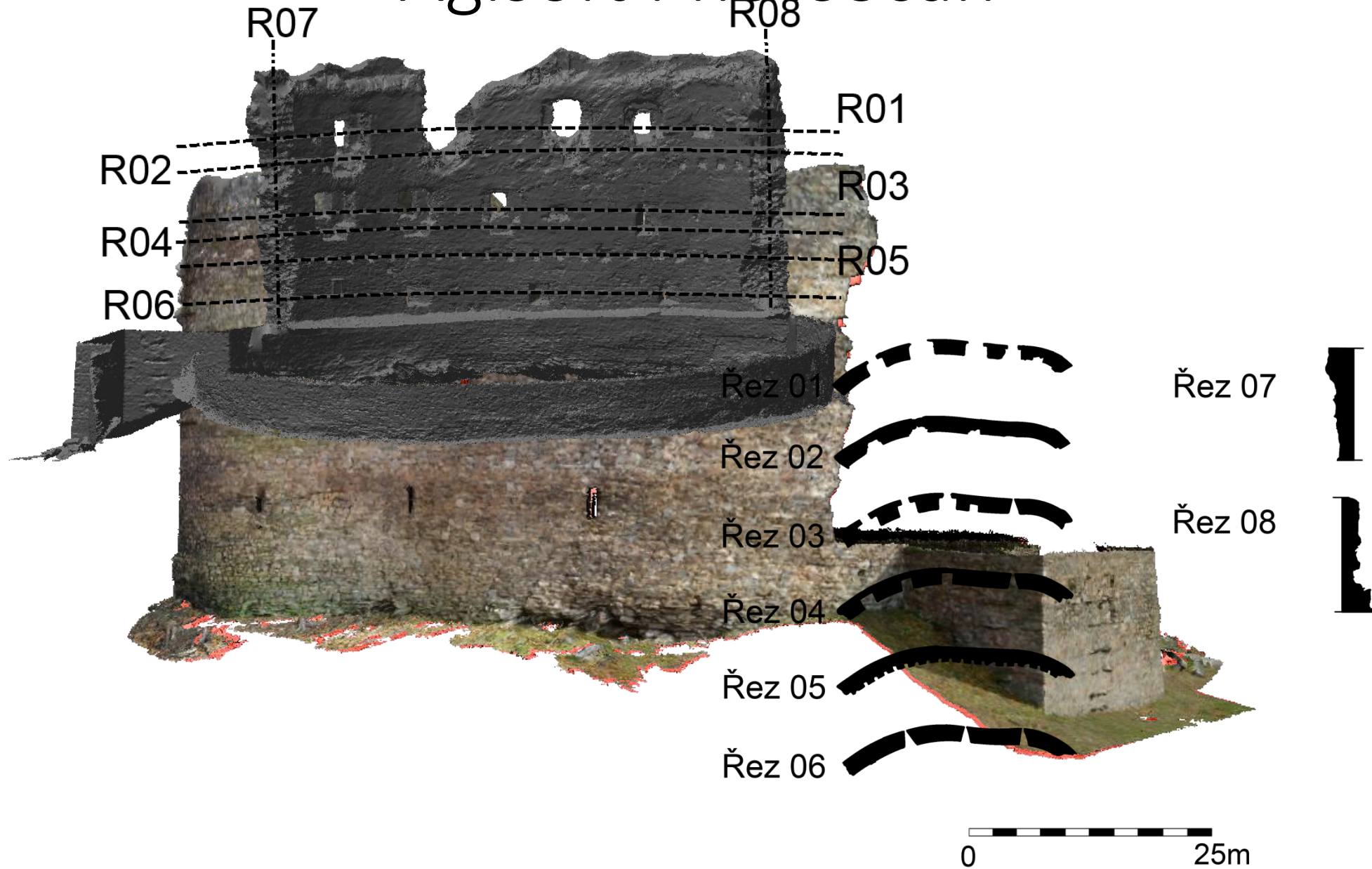


ORTO GEO TIFF

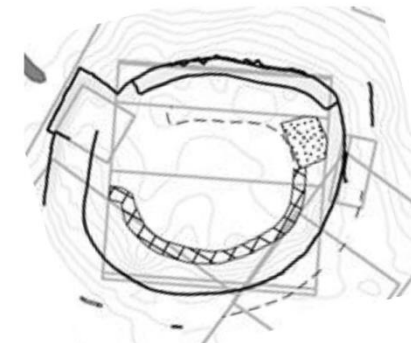
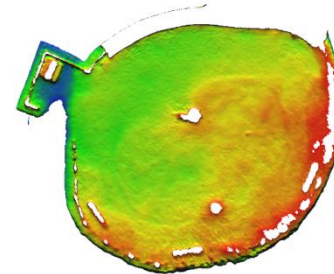
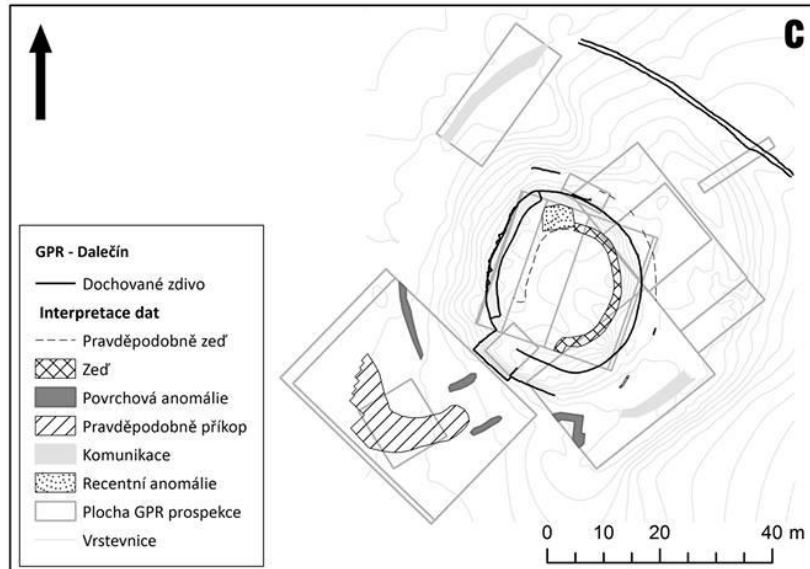
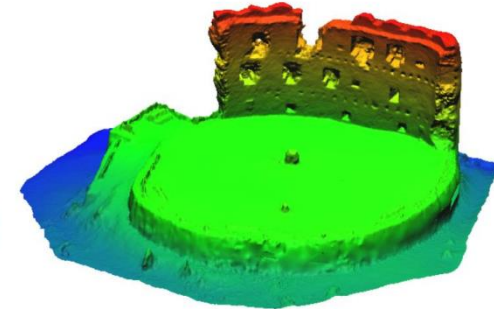
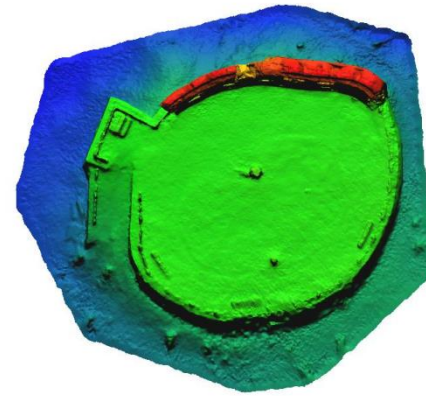
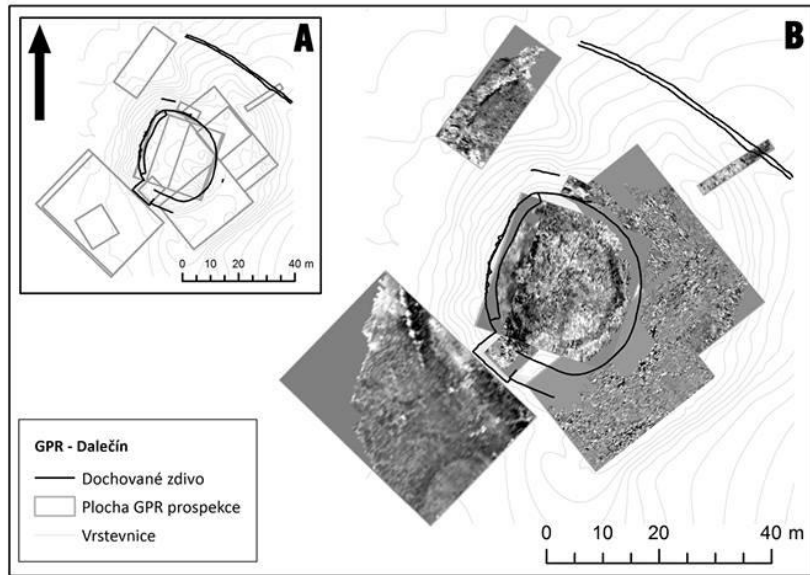
<https://sketchfab.com/3d-models/loarre-castle-rawscan-a1896084b8c34429bbeb9f3e9efd26e5>

<https://sketchfab.com/3d-models/notre-dame-de-paris-88eb6d9d68774fed8c1310b6a5fc283a>

Agisoft PhotoScan



Agisoft PhotoScan





**Díky za
pozornost**