



ARCHEOLOGIE a DÁLKOVÝ PRŮZKUM

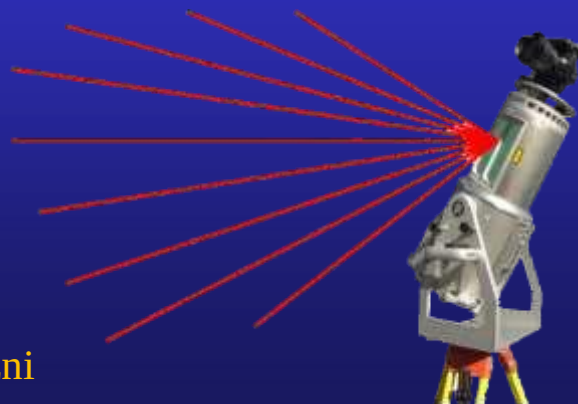
LETECKÉ LASEROVÉ SKENOVÁNÍ

ALS Airborne Laser Scanning



LIDAR

Technologie sloužící k velkoplošnému 3D mapování,
resp. k tvorbě výškopisného modelu terénu
prostřednictvím laserového
skenování zemského povrchu



DRUHY LASEROVÉHO MĚŘENÍ - LiDAR

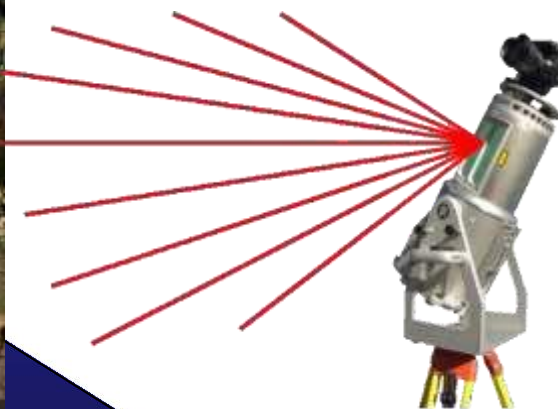
TLS Pozemní laserové měření

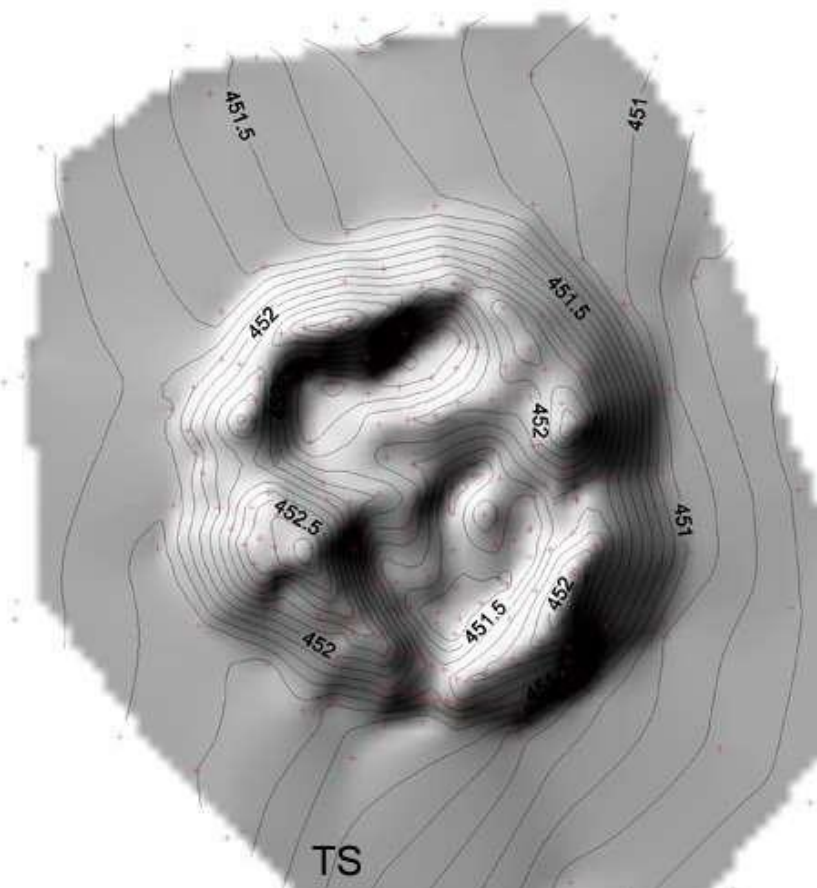
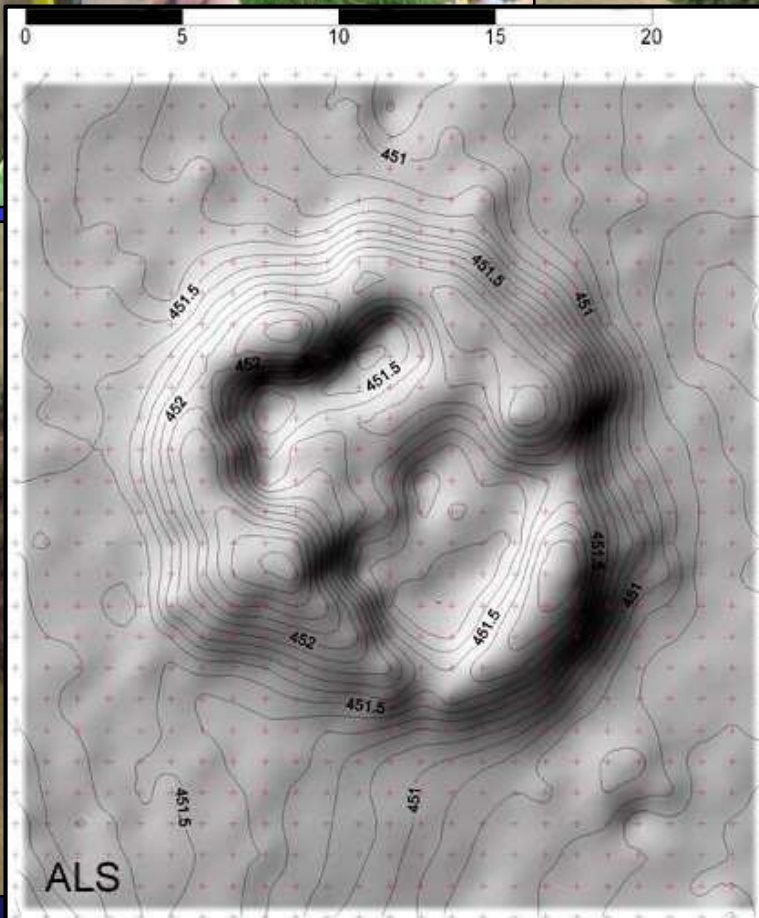
- ALS Letecké laserové snímkování (ALSM, LaDAR)
- MLS Mobilní laserové skenování



POZEMNÍ LASEROVÉ ZAMĚŘOVÁNÍ

Využití v archeologii: 3-D dokumentace terénních výzkumů a artefaktů



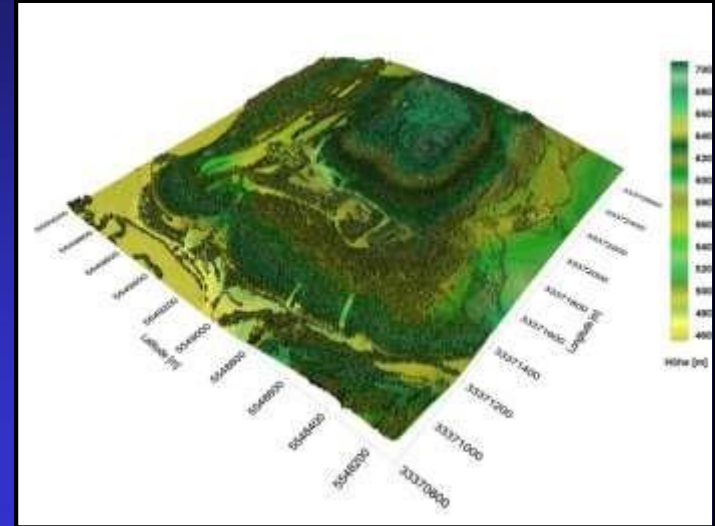




ALS Airborne Laser Scanning



VÝVOJ TECHNOLOGIE dálkového laserového měření



Počátky: pol. 60. let 20. stol. - vojenské potřeby; v souvislosti s vynálezem laseru (1958) snaha zkonstruovat zařízení k vyhledávání ponorek (ALB – Airborne Laser/Lidar Bathymetry)

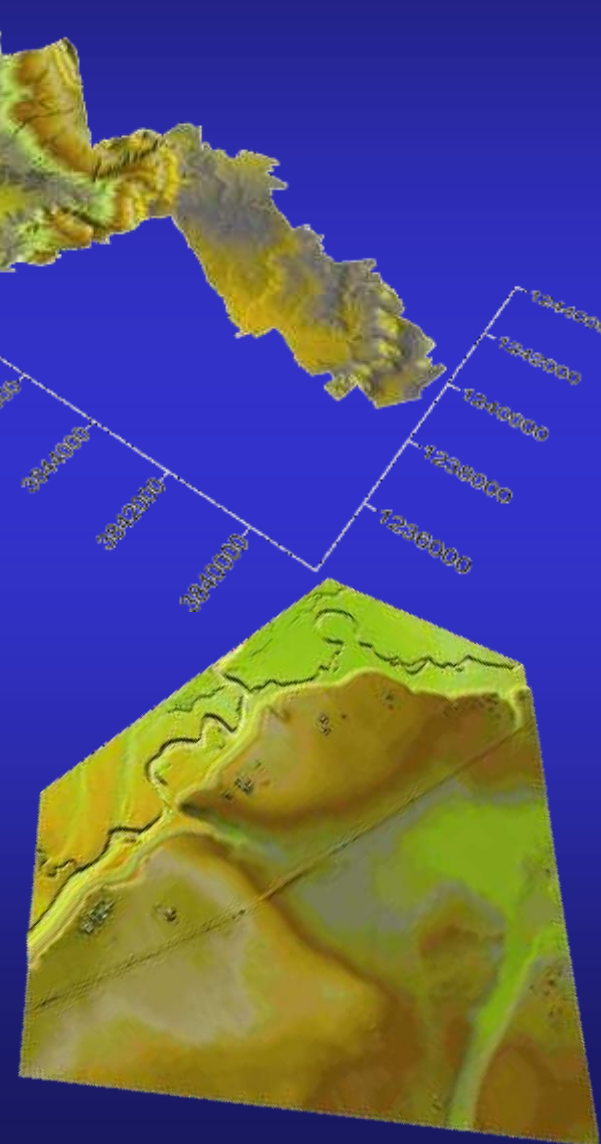
Důvody dlouhodobé stagnace ve vývoji lidarů: nedostatečná přesnost *satelitních navigačních systémů* (nejstarší – Transit/NAVSAT – absolutní přesnost cca 200 m) a *inerciálních měřících jednotek* (IMU – měří režim letu, resp. boční a výškové výkyvy)

Nejstarší komerčně dostupné lidary: od poloviny 90. let (konstrukce: NASA)

1996: první použití ALS pro mapování v civilním sektoru (Anglie)
Před r. 2000 se v archeologii prakticky neuplatnil.

Aplikace dat z lidarů

- **Atmosférická měření**
 - detekce znečištění
 - dynamická měření: teploty, větrů a vlnění
 - klimatická měření: mraků, aerosolů a vodního výparu
 - měření ozonové vrstvy
- **Měření lesních porostů**
 - růst a zdravotní stav
- **Monitoring urbanizovaných a zastavěných ploch**
- **Topografické mapování**
 - sledování eroze
- **Sledování důlní činnosti**
 - monitorování podpovrchových dutin

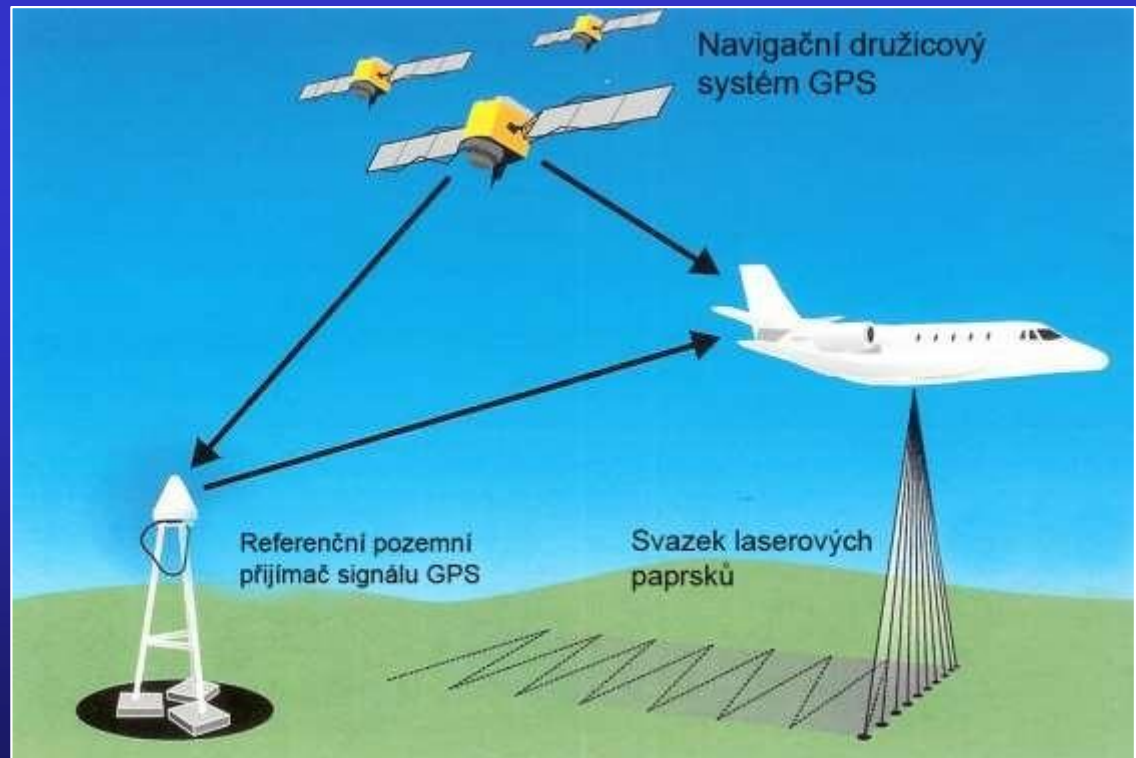


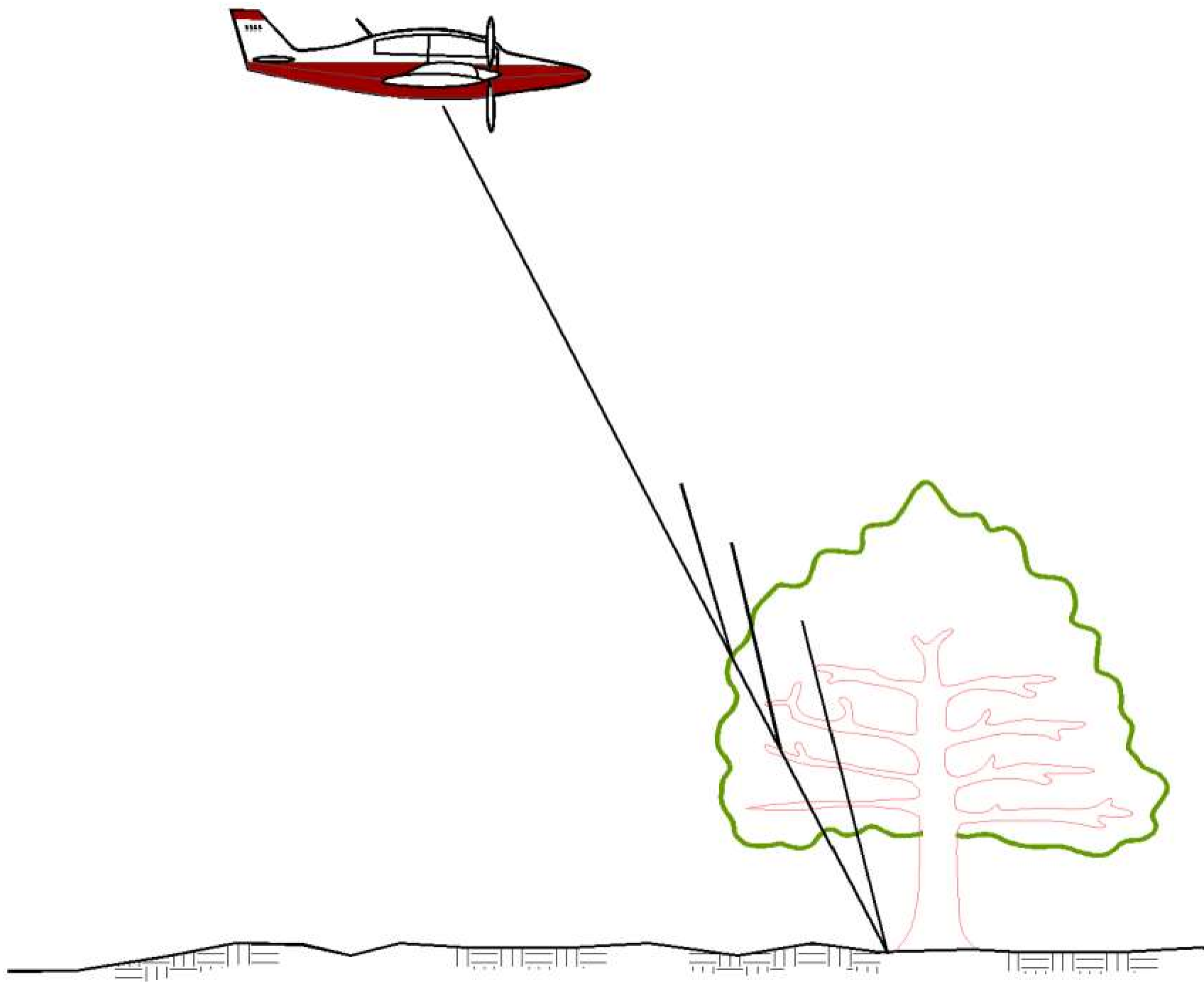
Lidarový dálkový průzkum

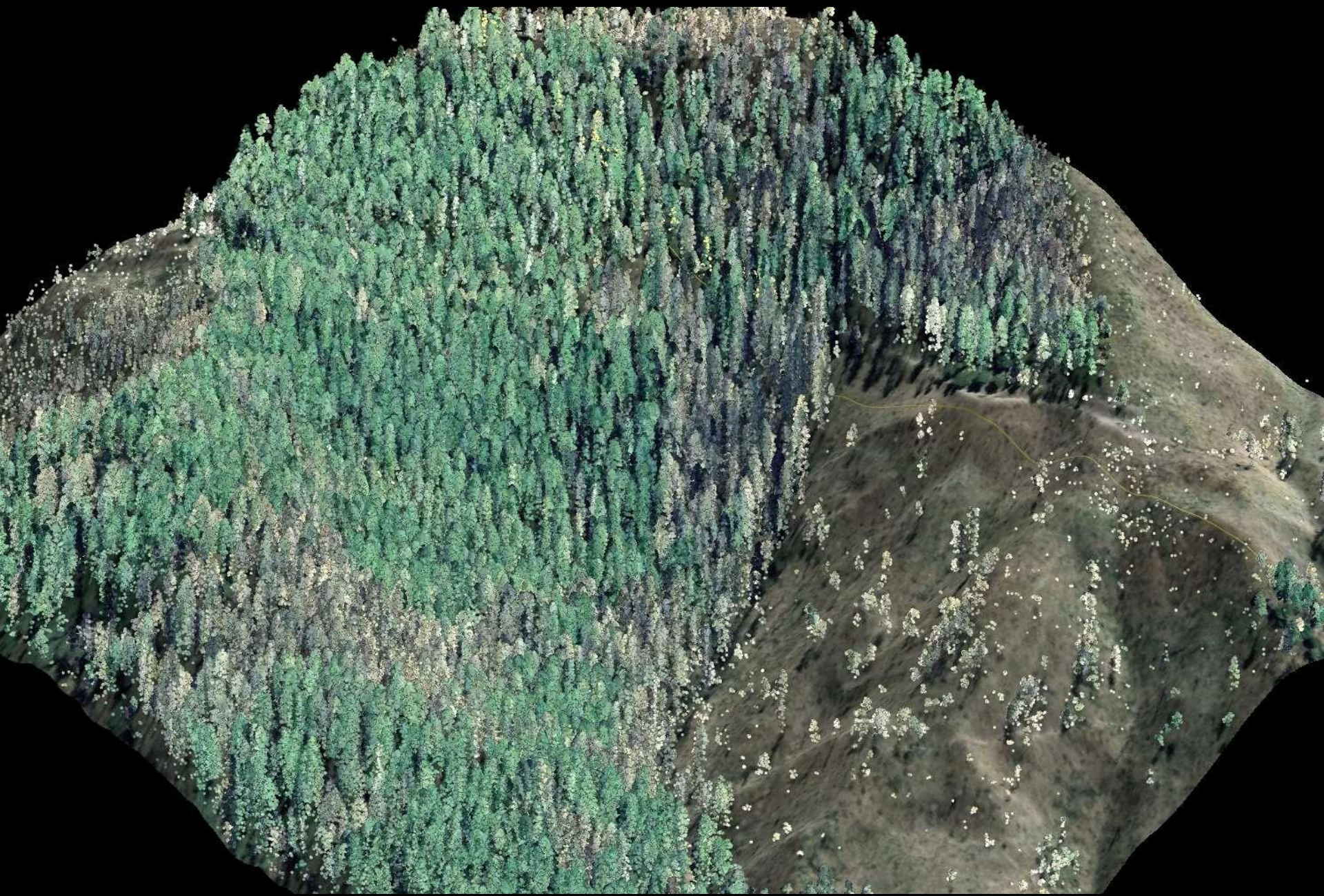
- Aktivní systém dálkového průzkumu, kterým se měří vzdálenost mezi letadlem a zemským povrchem na základě času, který uplyne mezi vysláním a návratem odraženého laserového paprsku.

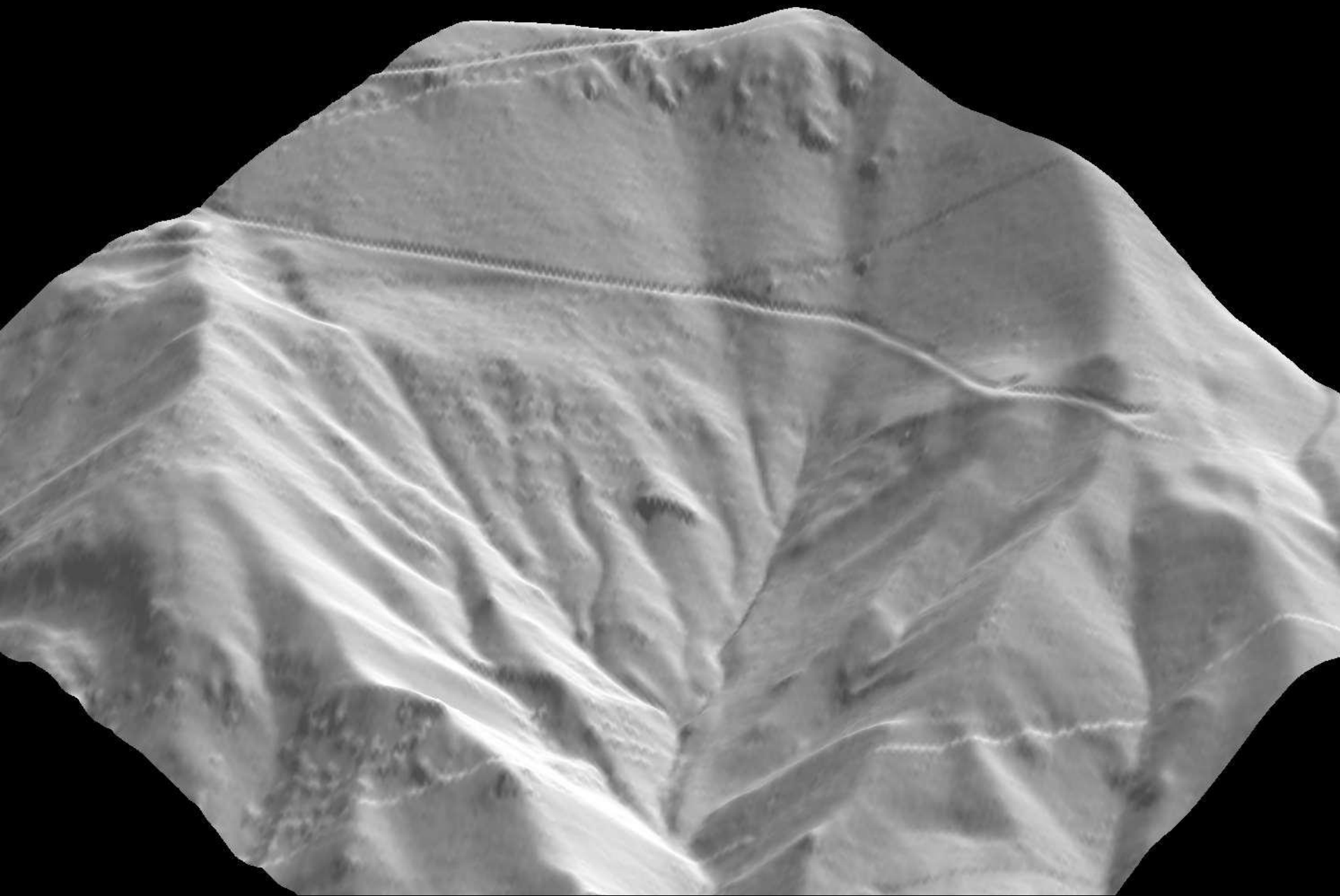
Nutné komponenty

1. Zařízení emitující laserové paprsky a přijímající jejich odraz (senzor - vlastní lidar)
 2. Nosič lidaru (letadlo, vrtulník)
 3. Stanice GPS umístěná v letadle
 4. Inerciální navigační systém (INS/IMU)
 5. Sít' referenčních pozemních stanic GPS
- + případně měřická kamera (umístěná v letadle) pořizující paralelně fotogrammetrické snímky, eventuálně také multi/hyperspektrální senzor









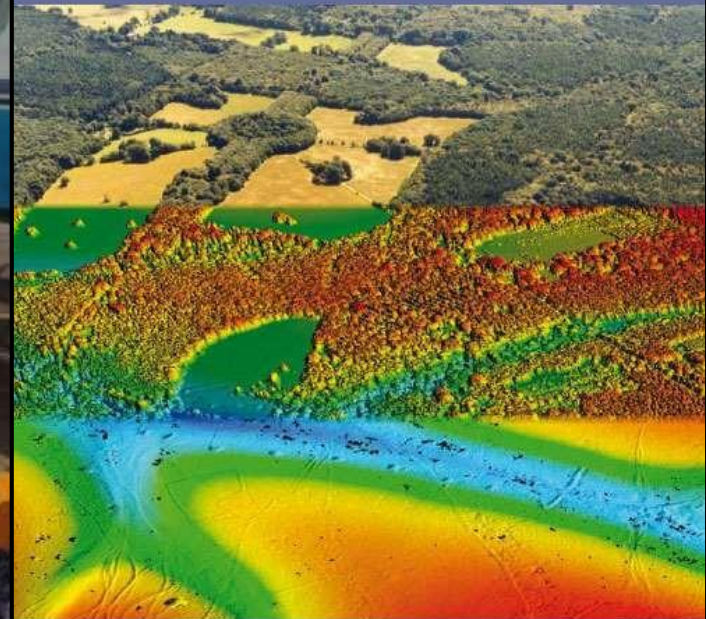
Nosiče lidarů a přídatných zařízení



2010

The Light Fantastic

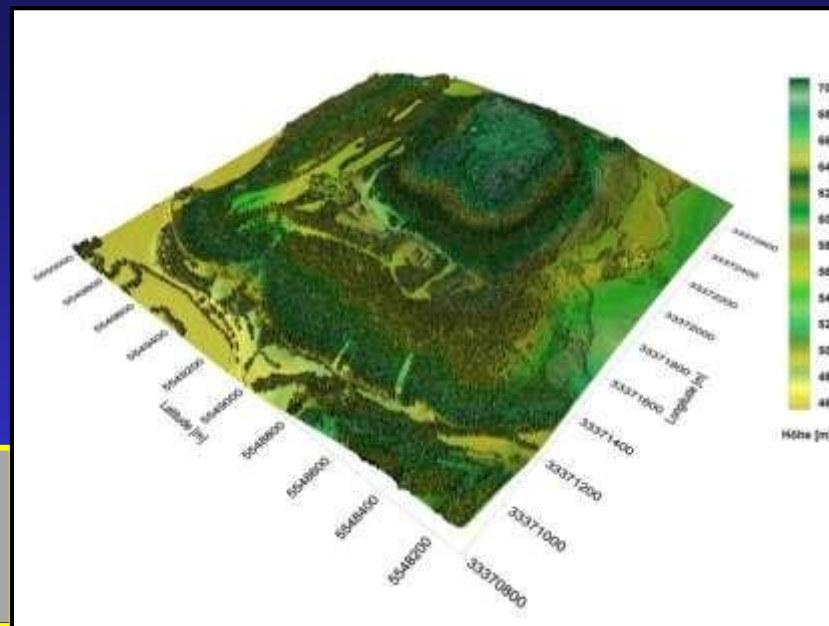
Using airborne lidar in archaeological survey



ENGLISH HERITAGE



Frekvence (počet bodů) zachycených lidarem



Starší systémy: 10 – 15 KHz

Dnes: **250 KHz, tj. 250.000 bodů/s**

Šířka záběru (prostor skenovaný při průletu):

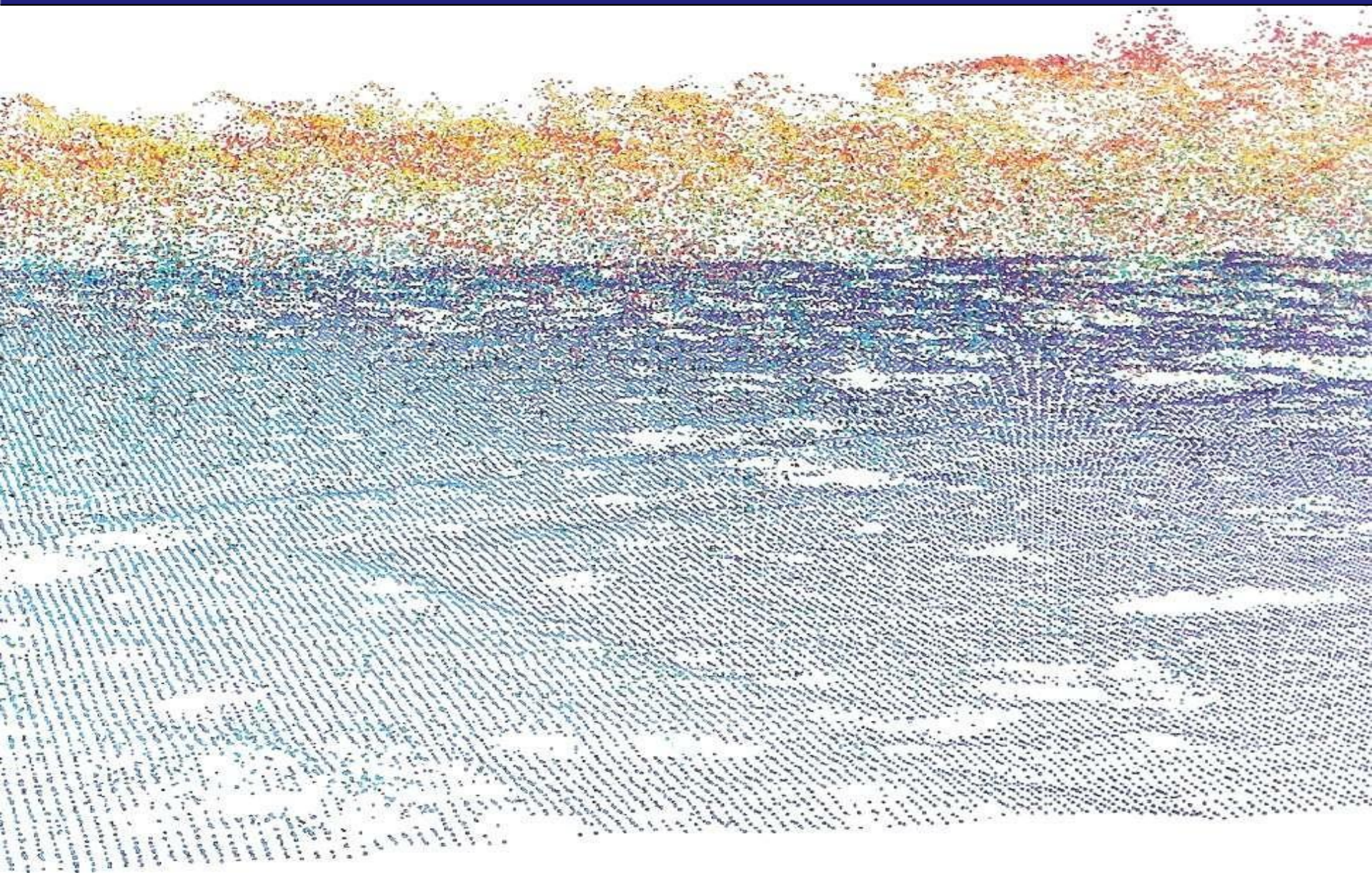
Výška 1000 m, sklon skeneru $15^\circ = 536$ m

$7^\circ = 246$ m

Čím menší úhel sklonu, tím větší průnik paprsků na povrch terénu (zalesněné prostředí)



Princip trojrozměrného snímání bodů na povrchu země pomocí lidarů



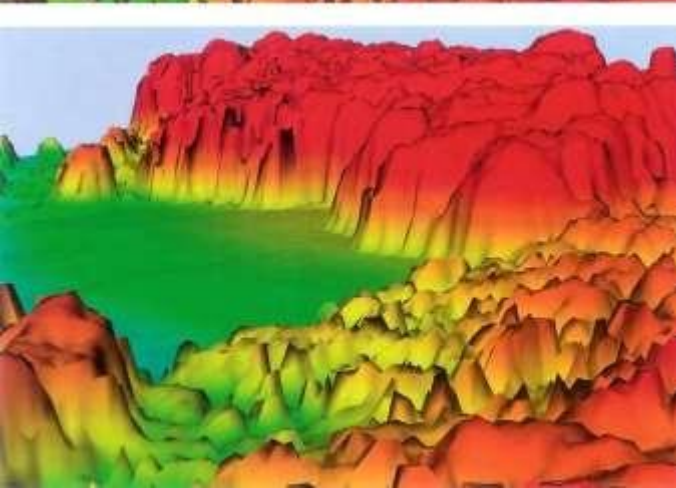
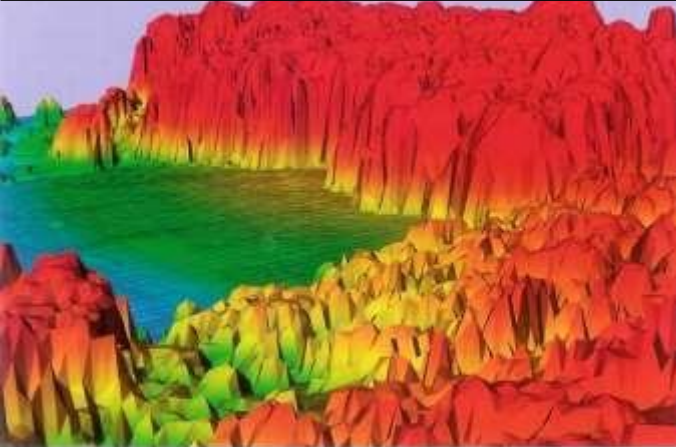
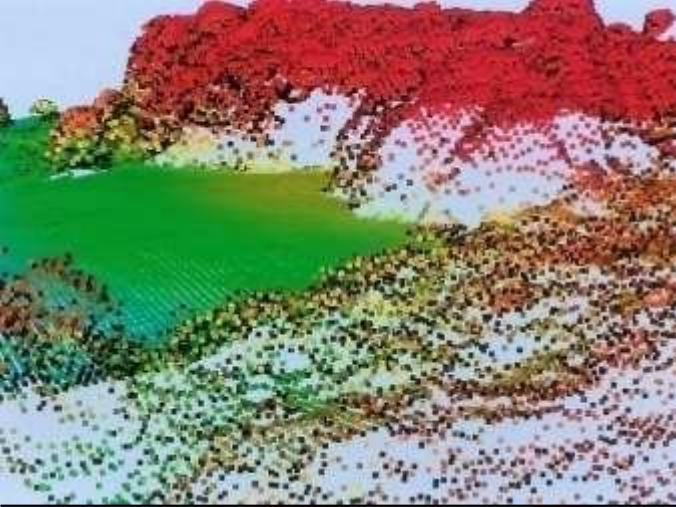
TYPY VÝŠKOVÝCH DAT

HRUBÁ (NEFILTROVANÁ, PRIMÁRNÍ) DATA

jsou souborem bodů v prostoru – tzv. **mračnem bodů**, jejichž výška je vypočtena z času, který urazil laserový paprsek ze senzoru na povrch země a zpět, a jejich poloha z údajů GPS. Ukládají se nejčastěji ve formátu **LAS** nebo **ASCII** (.asc; 1 řádek = 1 bod, k nim přiřazeny sloupce s údaji o souřadnicích x-y-z).

Z nich lze generovat **znázornění povrchu ve dvou podobách**: 1. vektorové, (TIN) 2. rastrové (odvozené) (DEM)

- Výhody:** ad 1. – data jsou kompletní (nekomprimovaná); lze s nimi pracovat ve standardních GIS programech (s 3D komponentou).
ad 2. – povrch terénu je realističtější, možno jej vizualizovat mnoha typy rastr. analýzy (hill-shading, 3D surface)



DATA RASTROVÁ - ODVOZENÁ („gridded“ data) - DEM

Rastrové soubory ve formátu .grd

Prezentují povrch terénu realističtěji než to umožňují vektorová data;

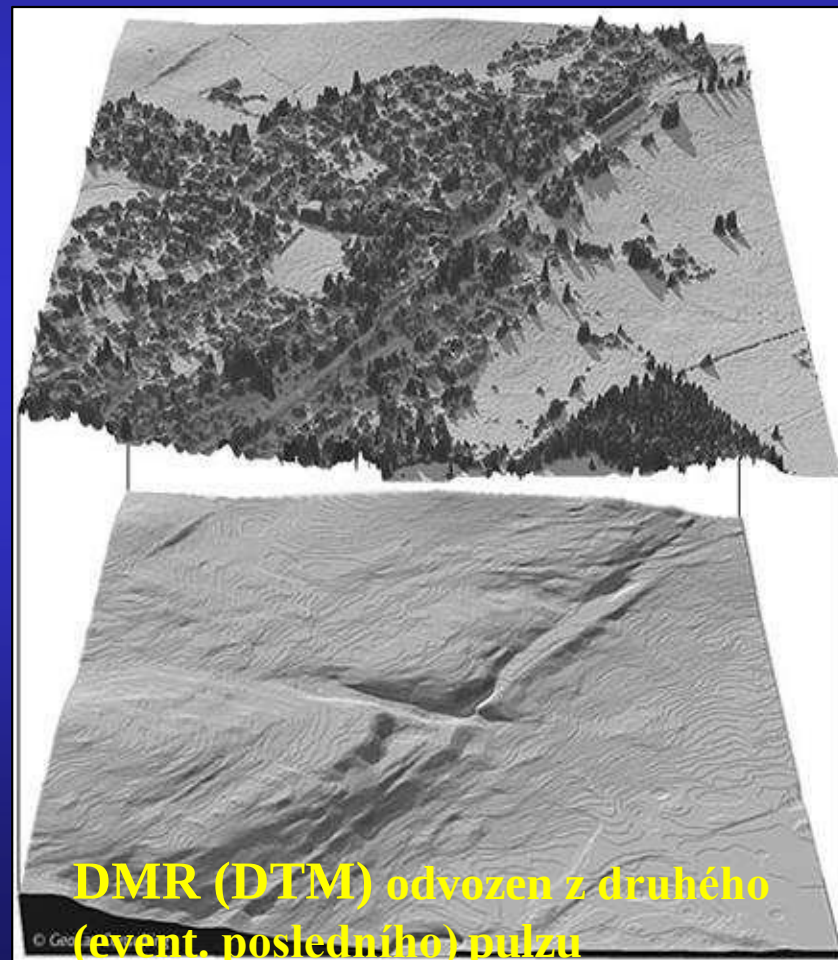
Povrch možno vizualizovat mnoha typy rastrové analýzy obrazových dat

hill-shading (stínování),
3-D surface,
cross-section
sky view factor apod.

Nevýhody rastrových dat:

možná ztráta původních informací
(vyhlazení části a zkreslení povrchu)

DMP (DSM) odvozen z prvního
(resp. z prvního až předposledního) pulzu



DMR (DTM) odvozen z druhého
(event. posledního) pulzu

5526000

5525000

5524000

5523000

5522000

5521000



33456000

33457000

33458000

33459000

33460000

33461000

33462000

DHM mittels ALS Stechovice
Digital Surface Model [DSM]
38 km², 6,5 km * 6,5 km
ca. 1,8 Mrd. Laser Mess Werte [LMW]
ca 20LMW / m² Shaded Relief

5526000

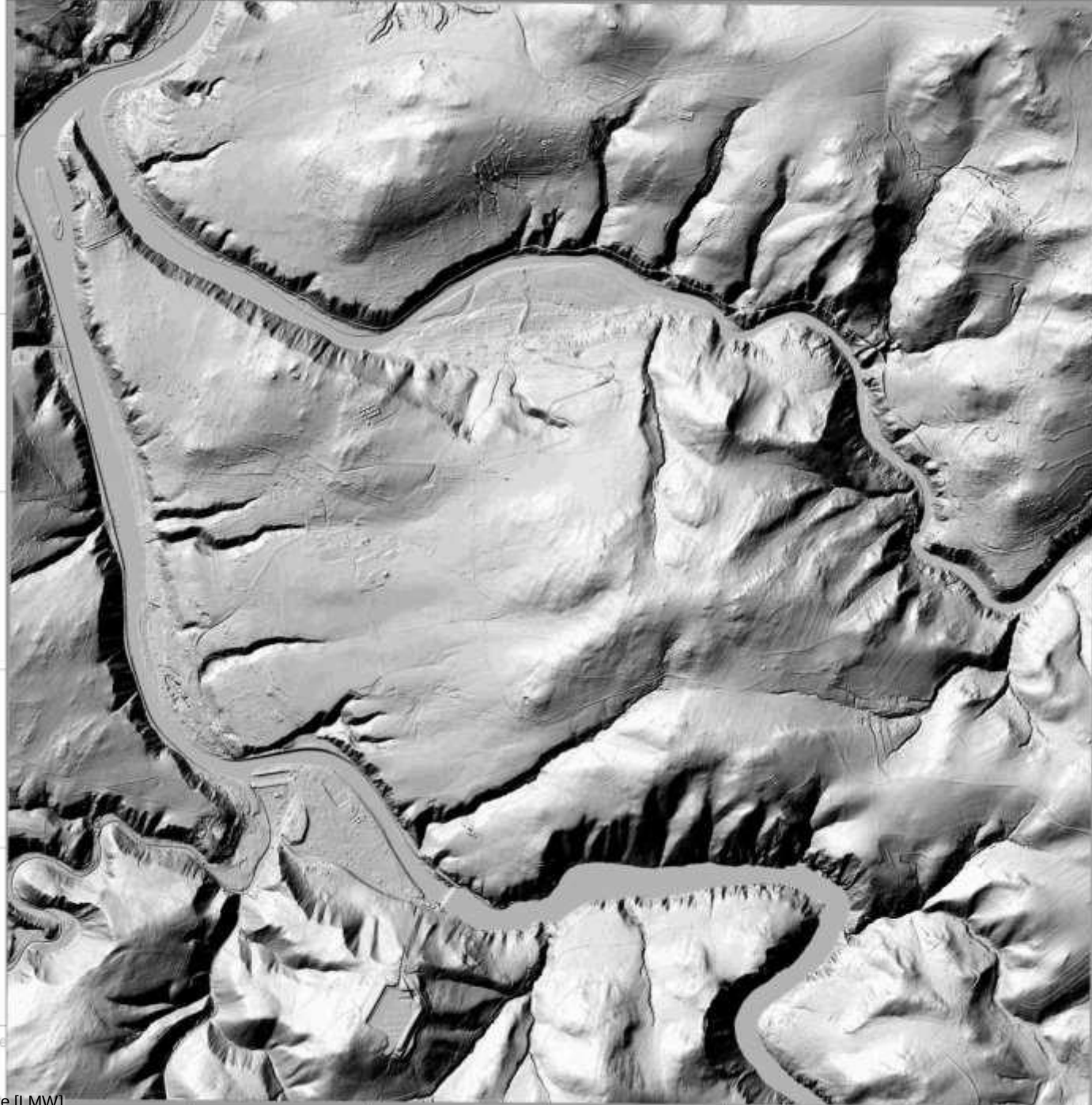
5525000

5524000

5523000

5522000

5521000



33456000

33457000

33458000

33459000

33460000

33461000

33462000

DHM mittels ALS Stechovice
Digital Terrain Model [DTM]
38 km², 6,5 km * 6,5 km
ca. 1,8 Mrd. Laser Mess Werte [LMW]
ca 20LMW / m² Shaded Relief

5522900

5522800

5522700

5522600

5522500

5522400

5522300

5522200

5522100



33457100

33457200

33457300

33457400

33457500

33457600

33457700

33457800

33457900

5522900

5522800

5522700

5522600

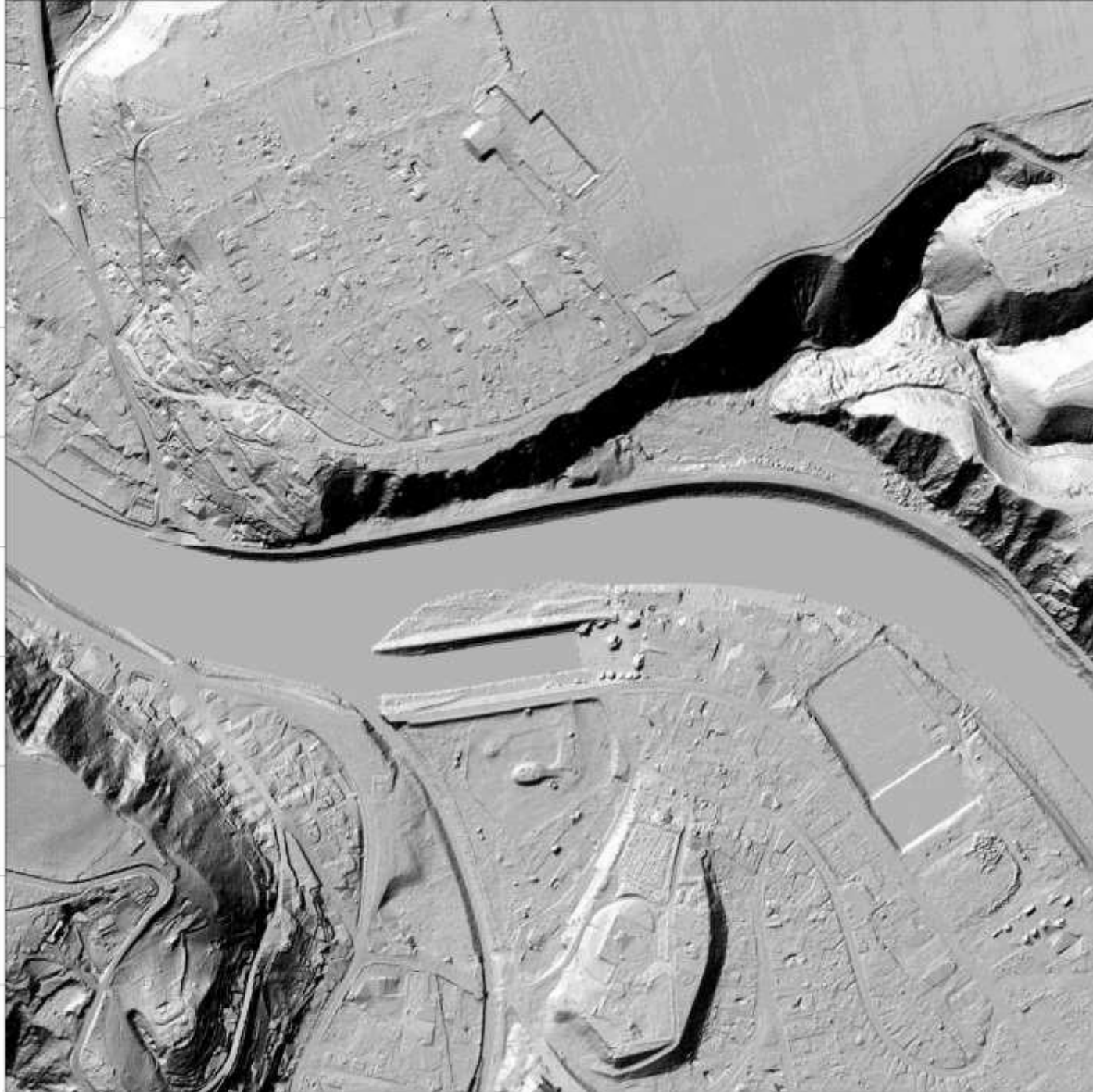
5522500

5522400

5522300

5522200

5522100



33457100

33457200

33457300

33457400

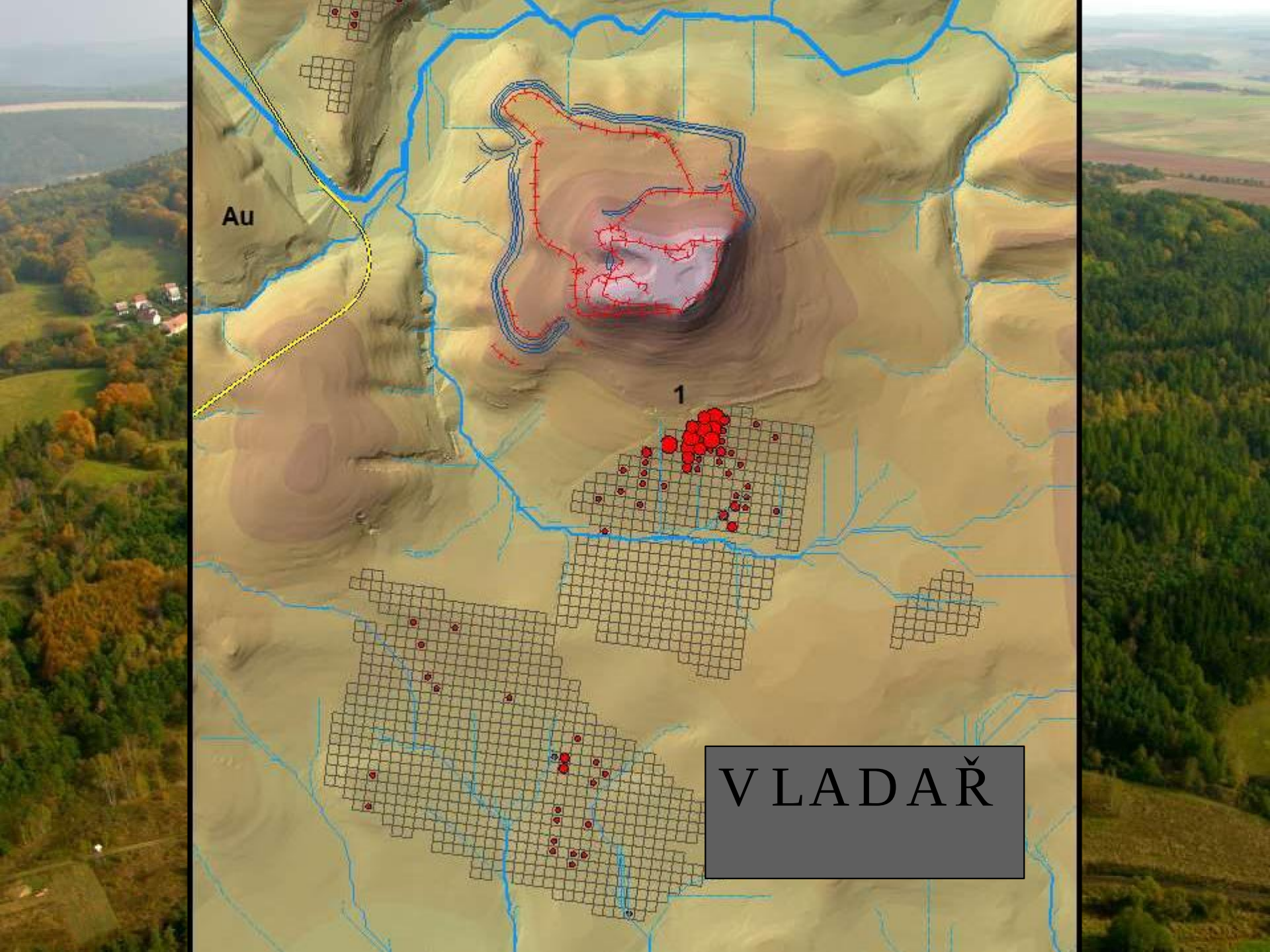
33457500

33457600

33457700

33457800

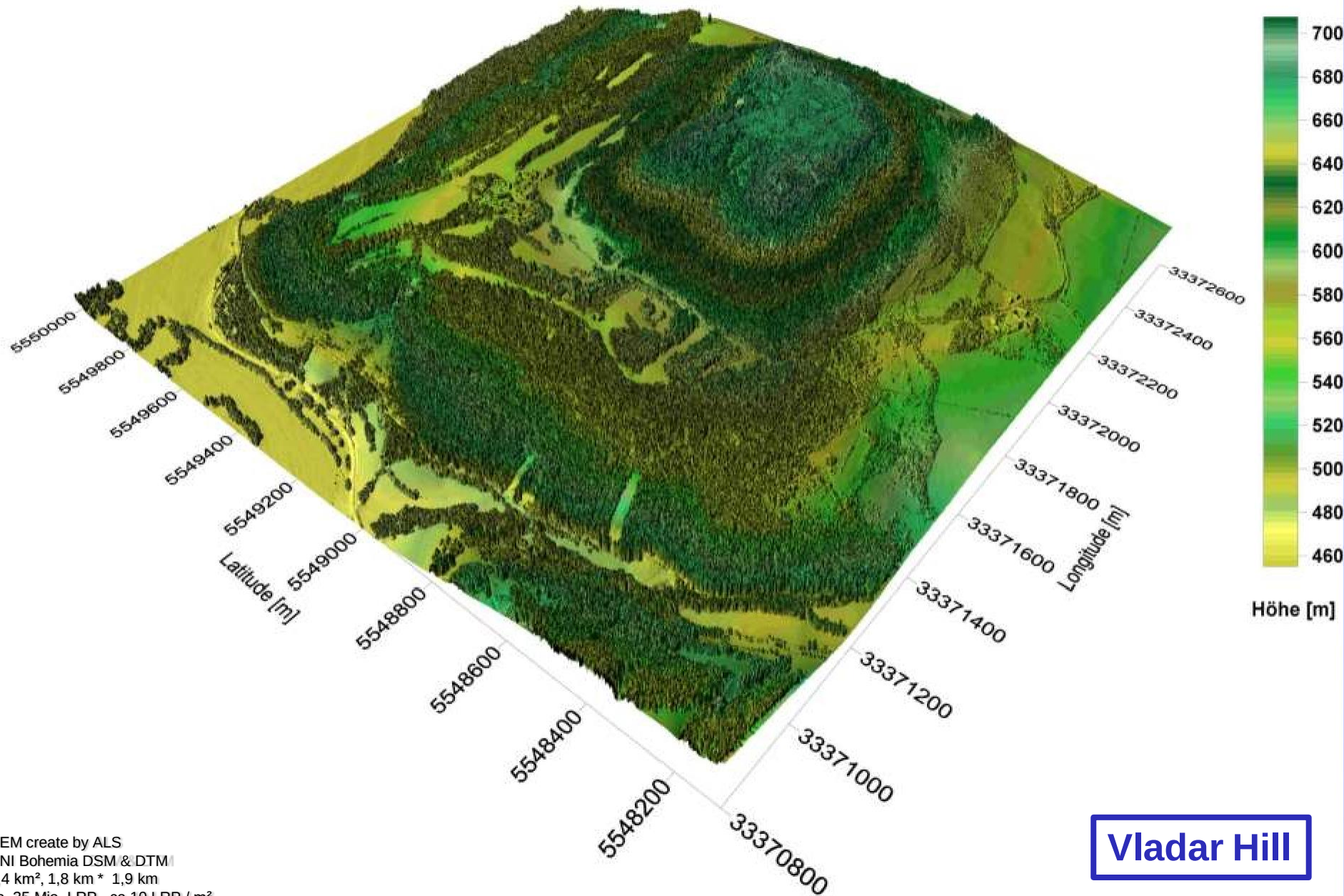
33457900



Au

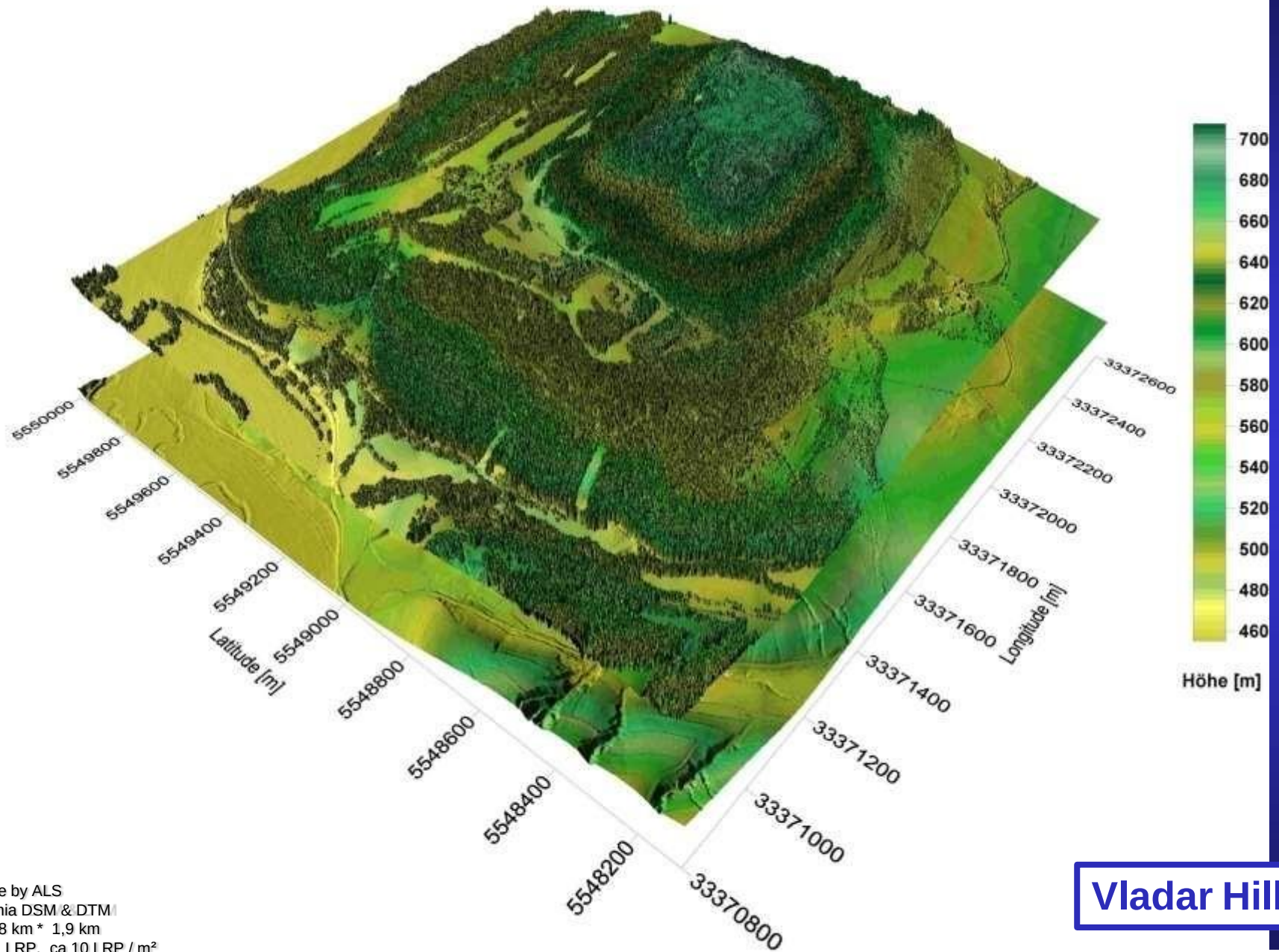
1

VLADAŘ



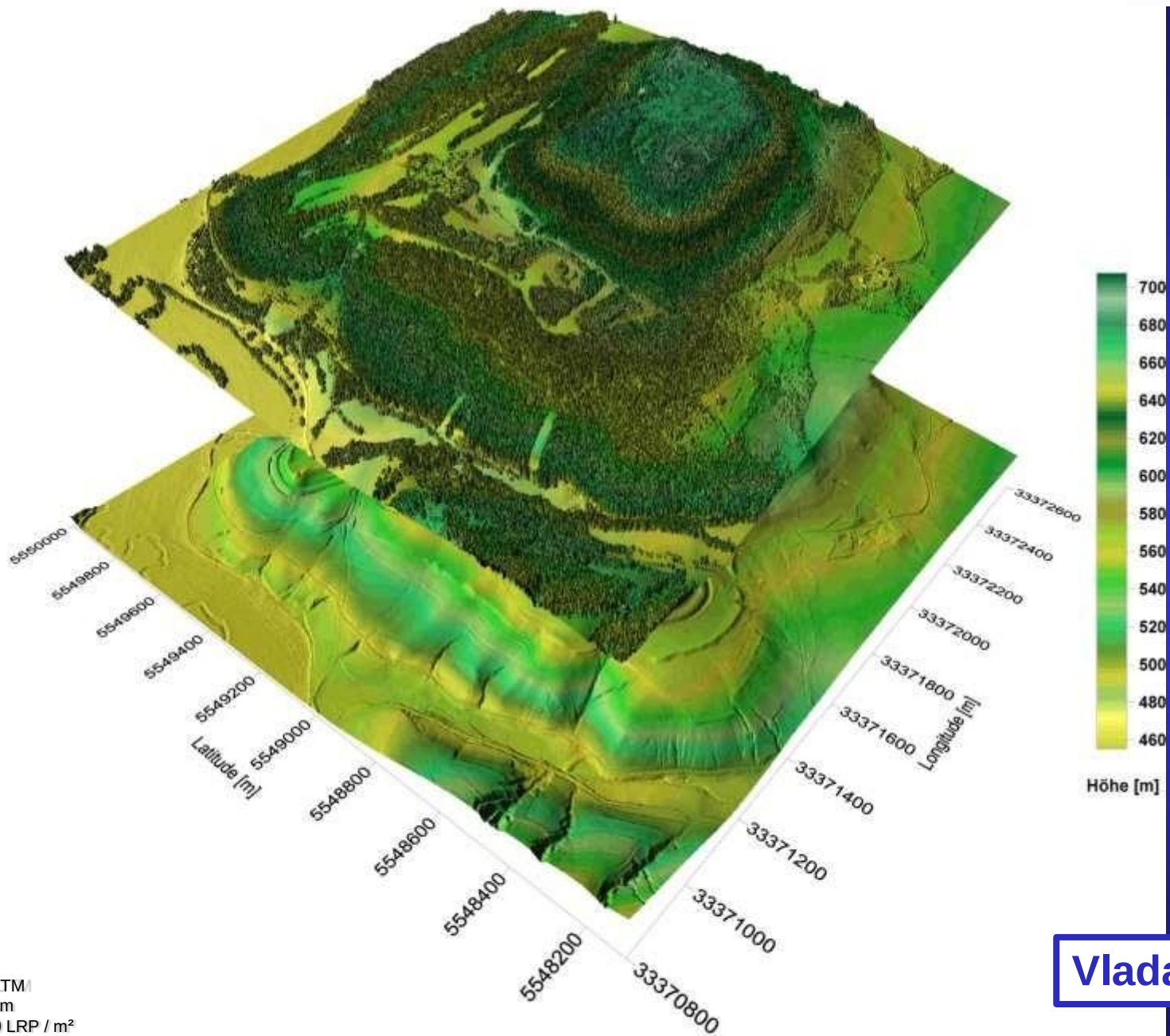
Vladar Hill

DEM create by ALS
UNI Bohemia DSM & DTM
3,4 km², 1,8 km * 1,9 km
ca. 35 Mio. LRP, ca 10 LRP / m²
3 D Pseudocolor



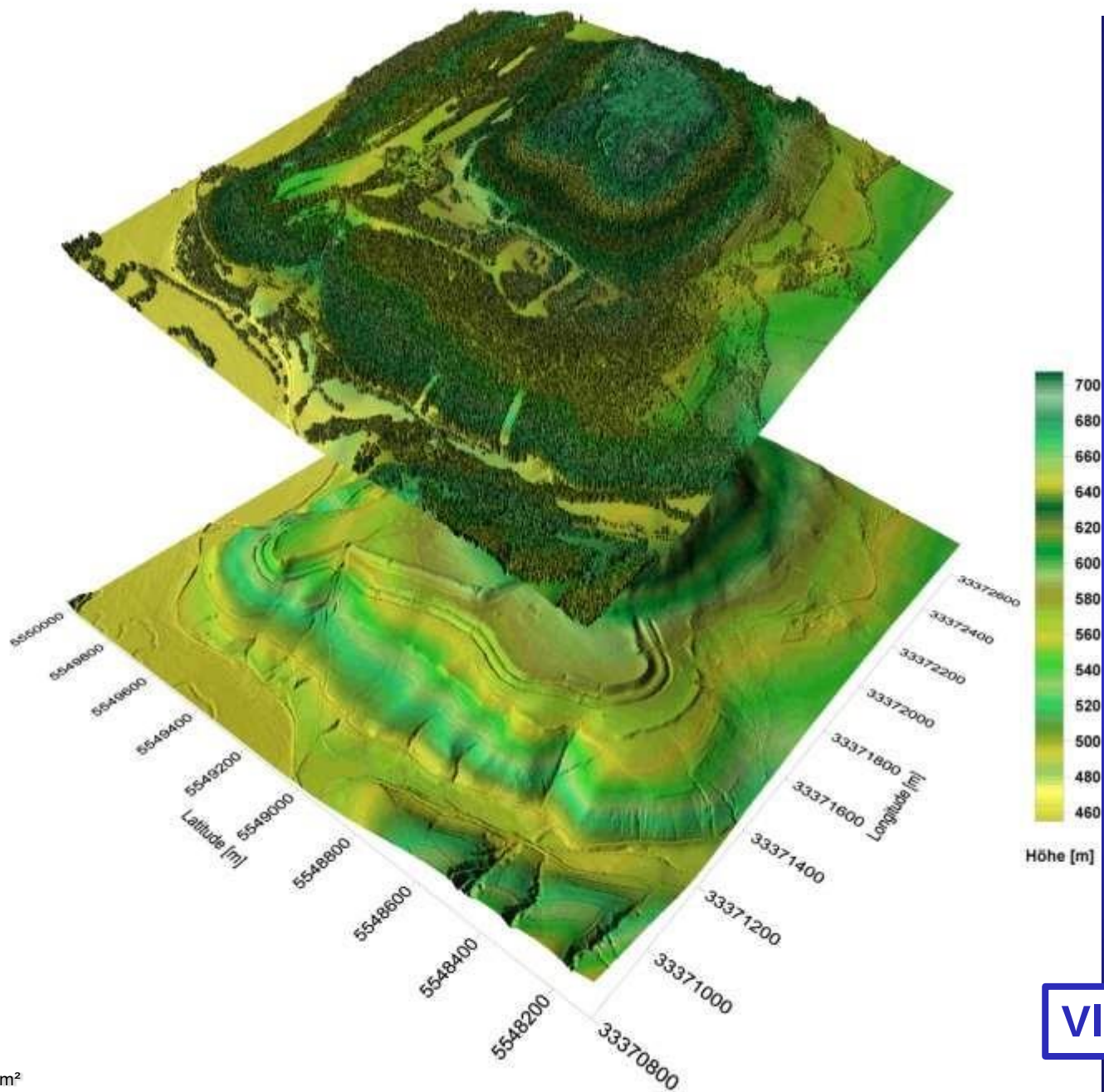
Vladař Hill

DEM create by ALS
UNI Bohemia DSM & DTM
3,4 km² 1,8 km * 1,9 km
ca. 35 Mio. LRP, ca 10 LRP / m²
3 D Pseudocolor

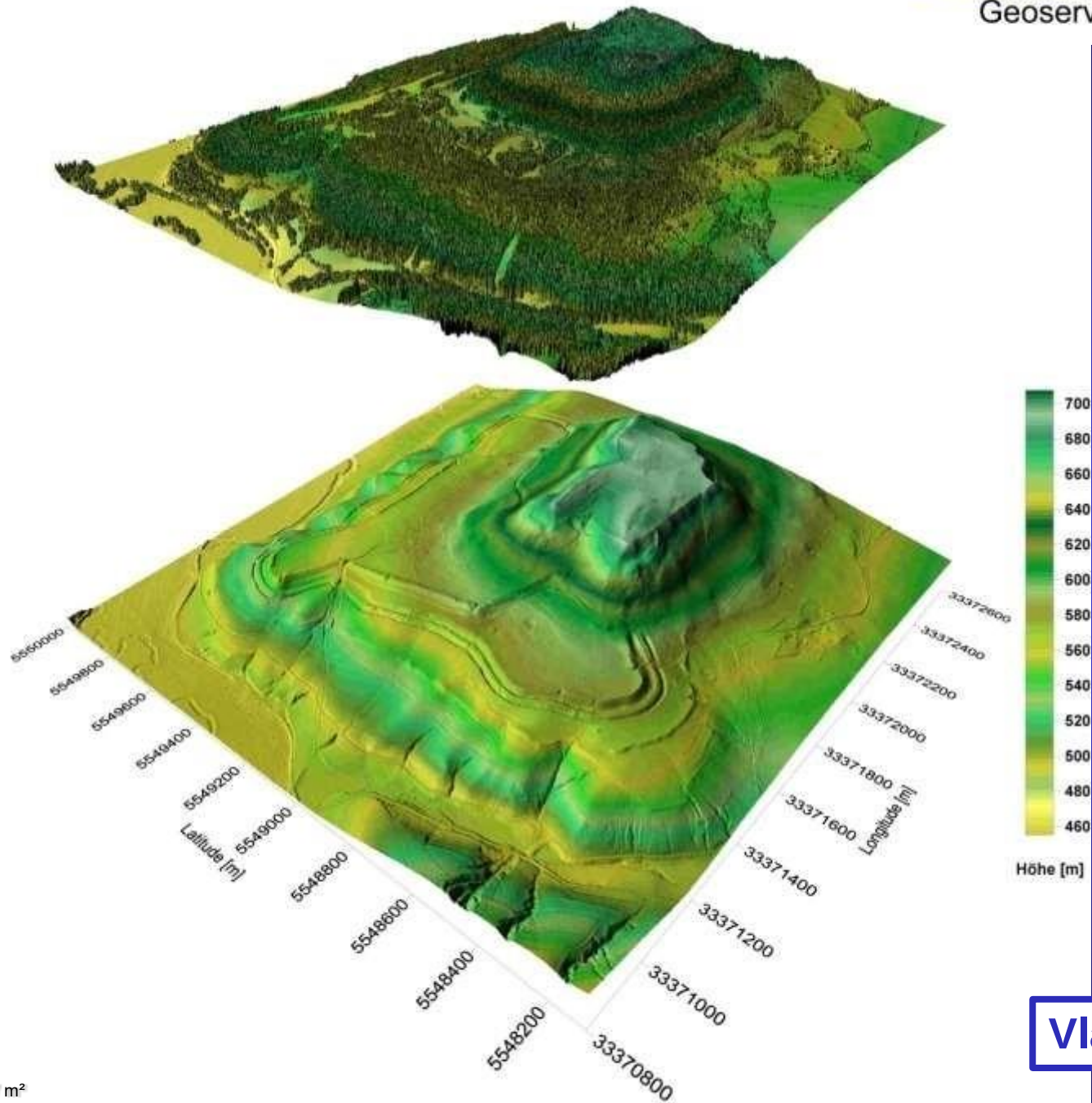


Vltavský vrch

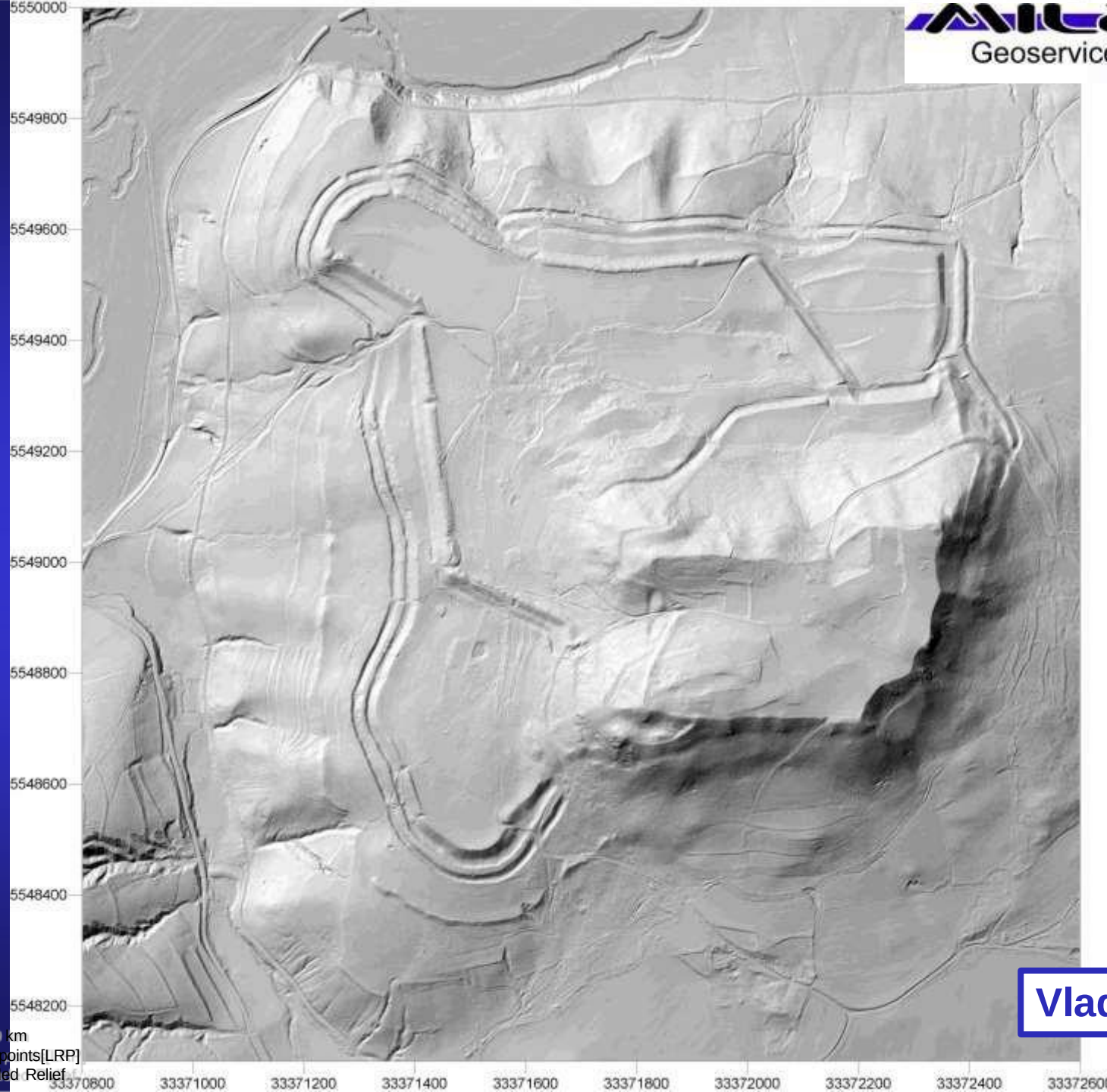
DEM create by ALS
UNI Bohemia DSM & DTM
3,4 km², 1,8 km × 1,9 km
ca. 35 Mio. LRP, ca 10 LRP / m²
3 D Pseudocolor



Vltavský vrch

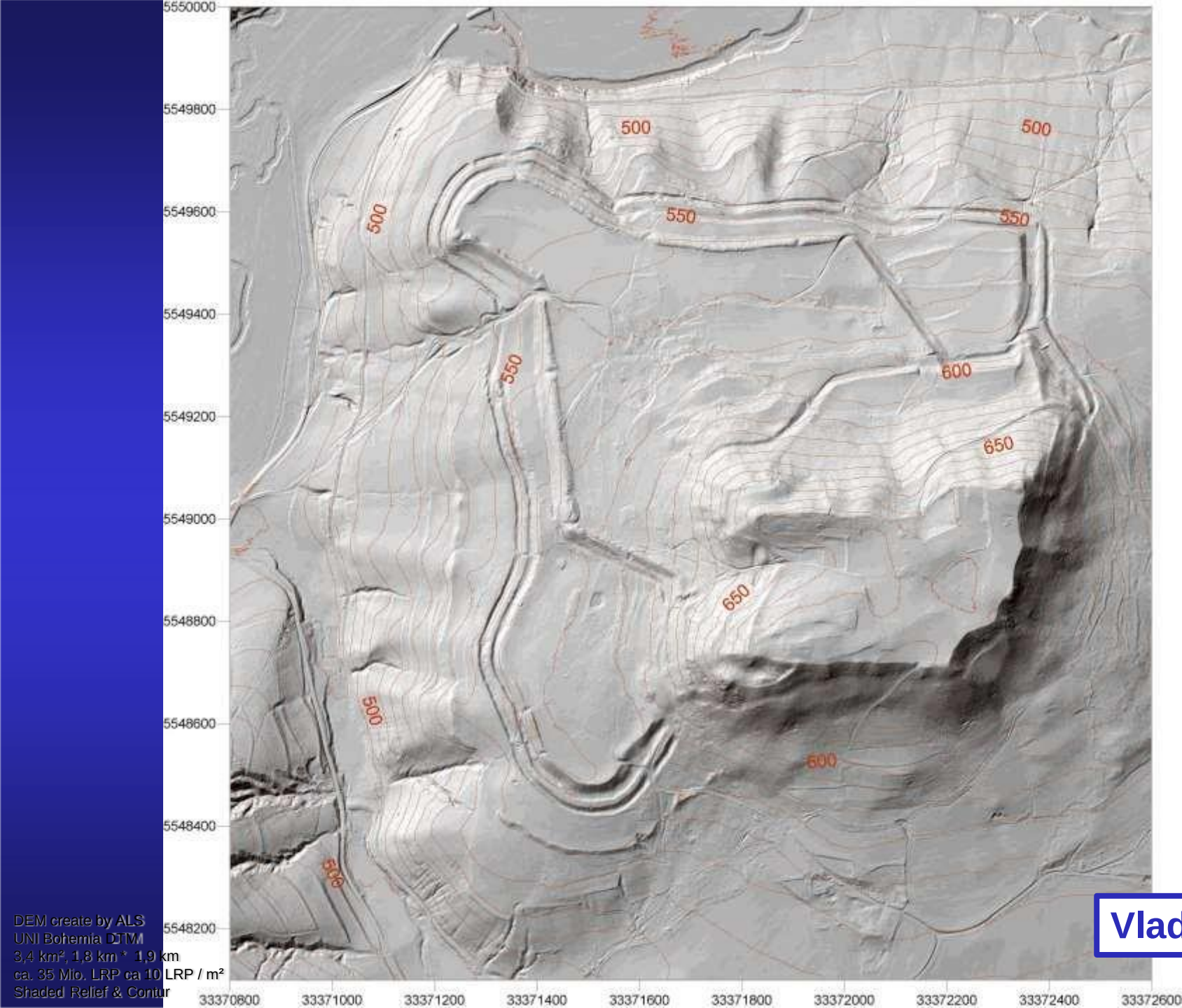


Vltavský vrch



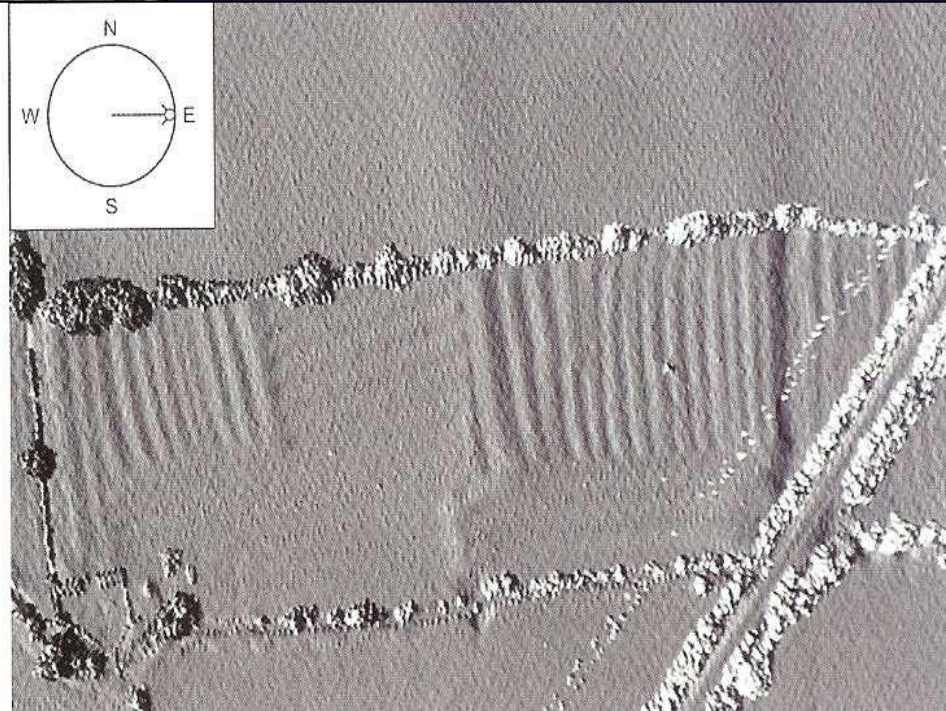
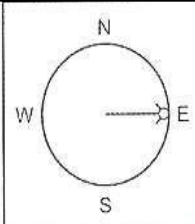
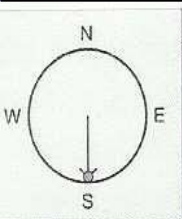
Vladar Hill

DEM create by ALS
UNI Bohemia DTM
3,4 km², 1,8 km * 1,9 km
ca. 35 Mio. laser real points[LRP]
ca. 10 LRP / m² Shaded Relief

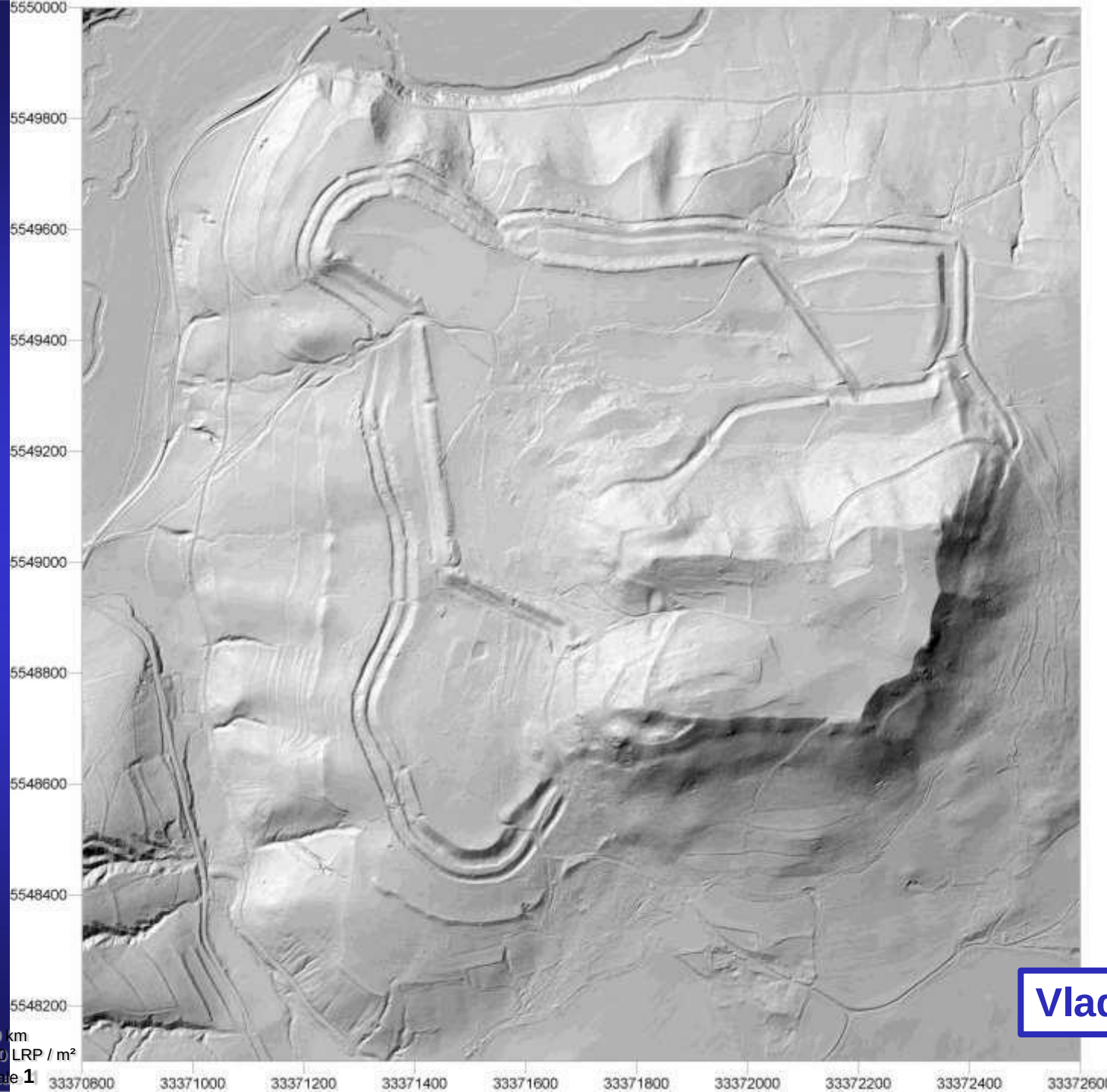


Vládar Hill

Efekt umělého náklonu světelných paprsků (změna polohy virtuálního slunce)

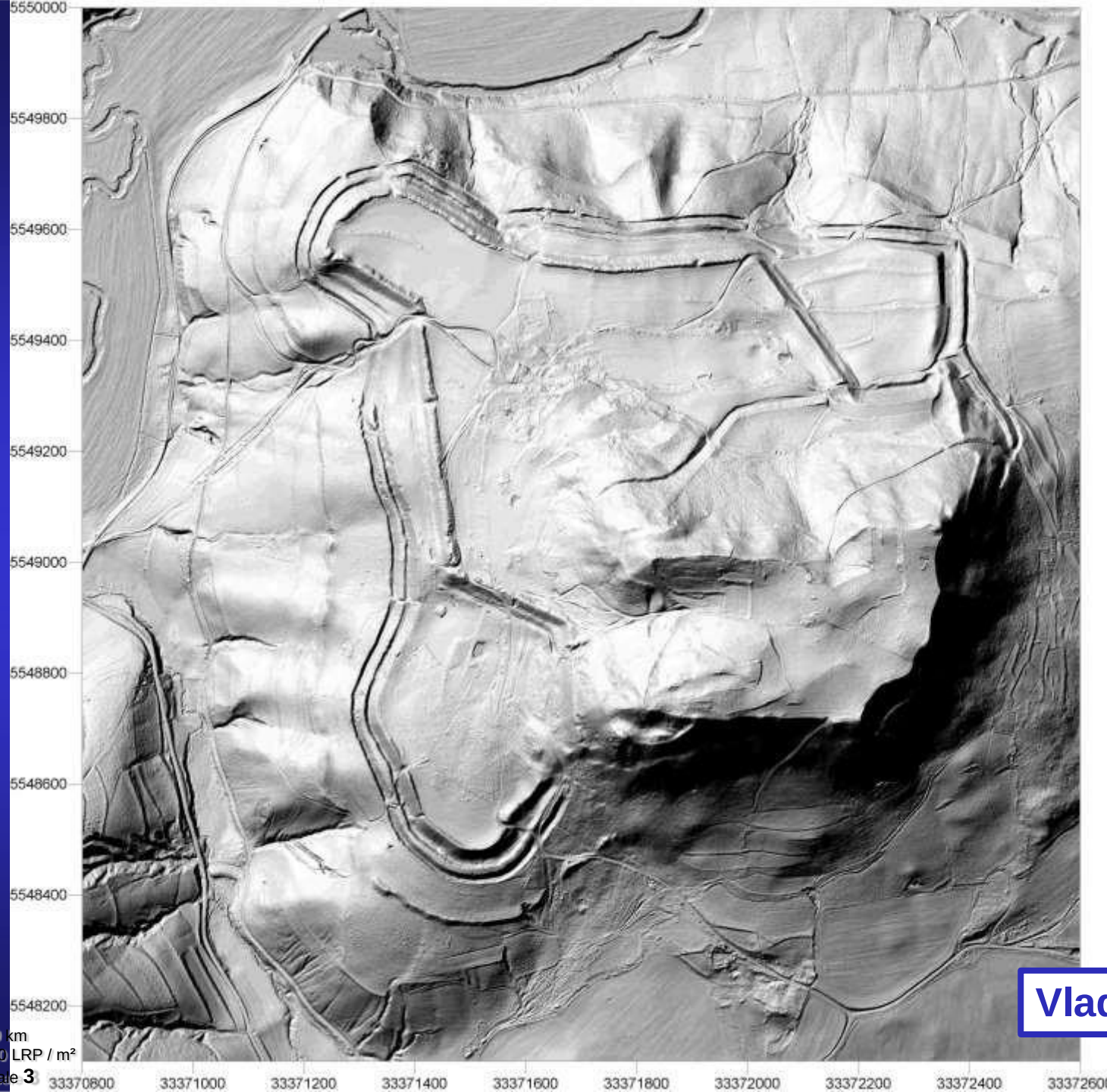


Vizualizace extrémně nízkého
reliéfu



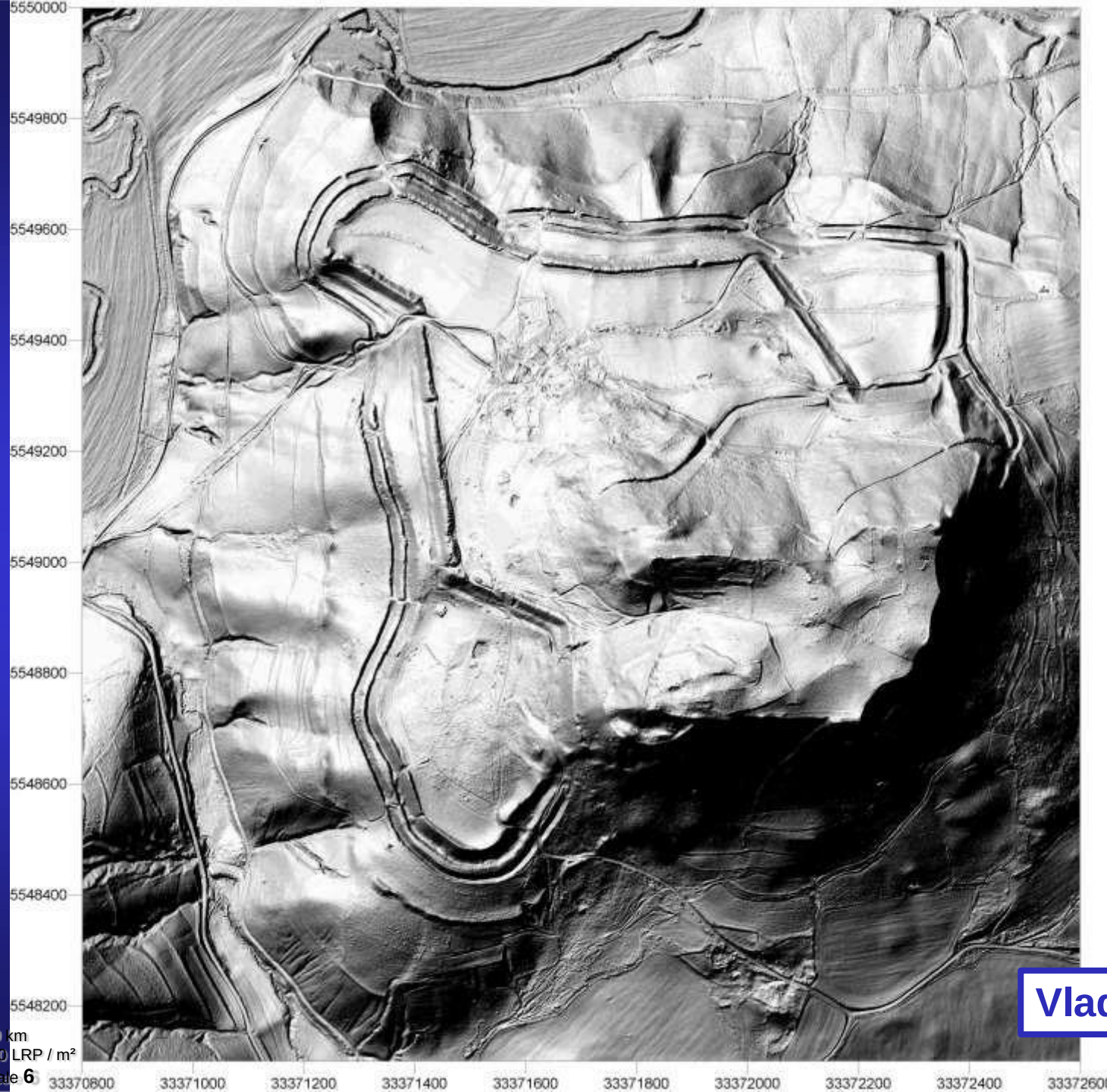
Vladar Hill

DEM create by ALS
UNI Bohemia DTM
3,4 km², 1,8 km * 1,9 km
ca. 35 Mio. LRP ca 10 LRP / m²
Shaded Relief Z-Scale **1**



Vladar Hill

DEM create by ALS
UNI Bohemia DTM
3,4 km², 1,8 km * 1,9 km
ca. 35 Mio. LRP ca 10 LRP / m²
Shaded Relief Z-Scale 3



Vladar Hill

DEM create by ALS
UNI Bohemia DTM
3,4 km², 1,8 km * 1,9 km
ca. 35 Mio. LRP ca 10 LRP / m²
Shaded Relief Z-Scale 6



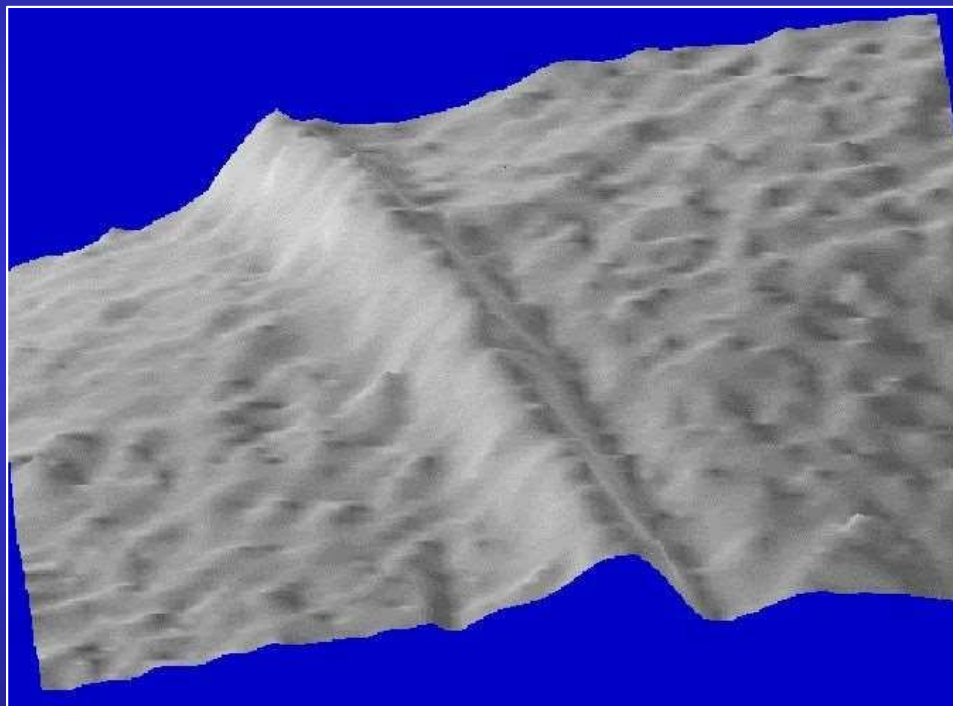
Vladar Hill

0 100 200 300 400 500 Meters

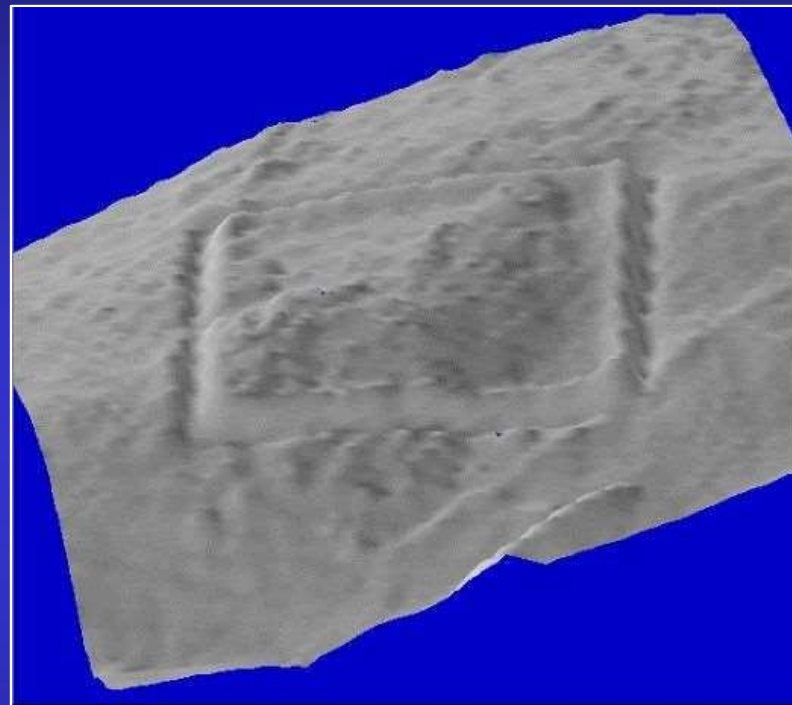
© UN|Bohemia

DEM created by ALS
UNI Bohemia DTM
3,4 km², 1,8 km * 1,9 km
ca. 35 Mio. LRP on 10 LRP / m²
Shaded Relief Z - Scale 10

FORTIFIKACE

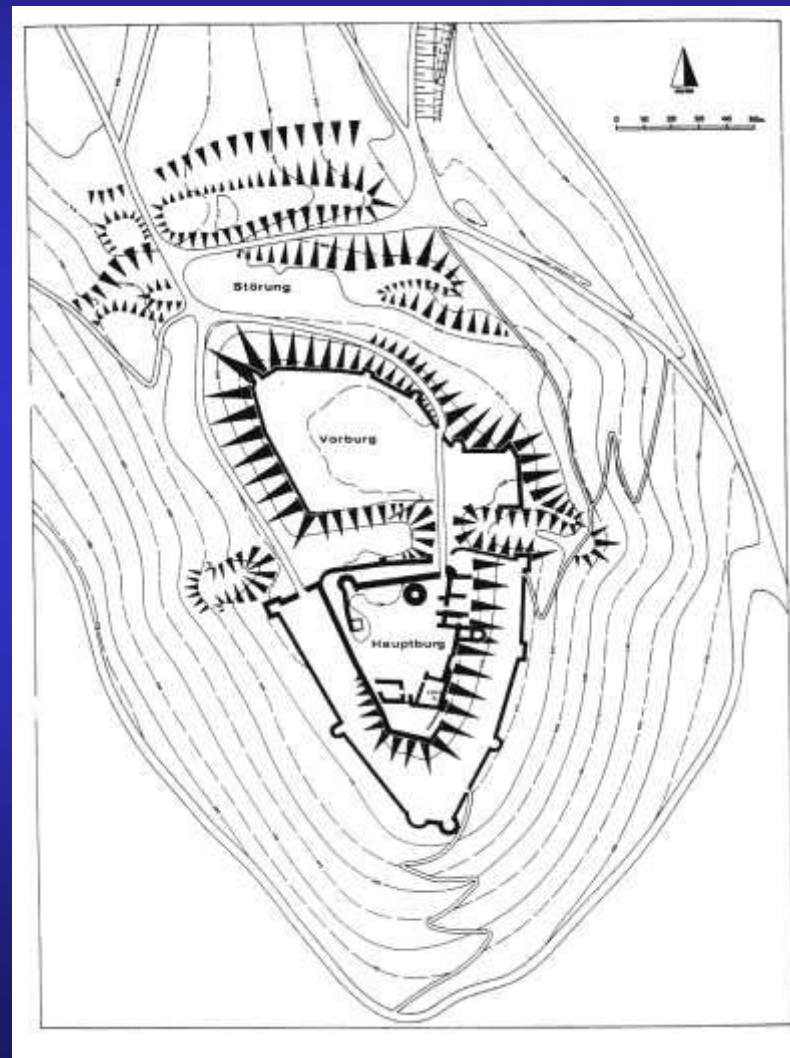
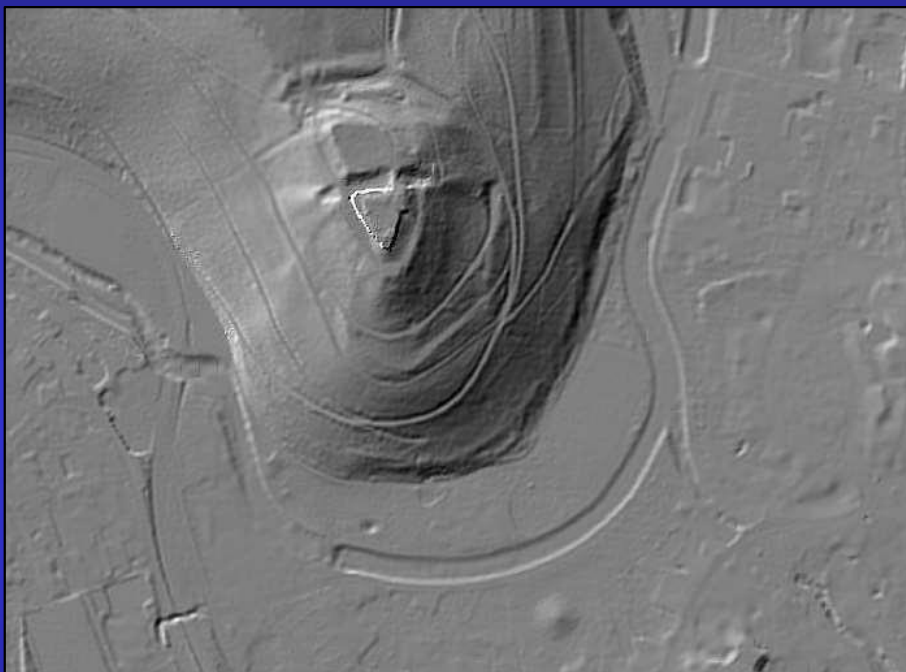


Limes romanus



Keltské čtyřúhelníkové
ohrazení

Opevněná sídla (hradiště, hrad)

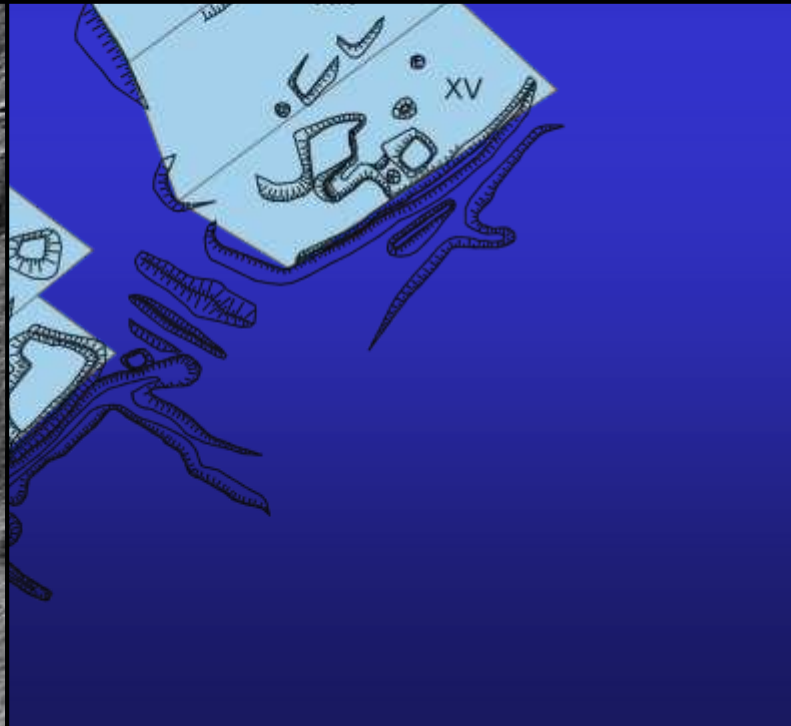
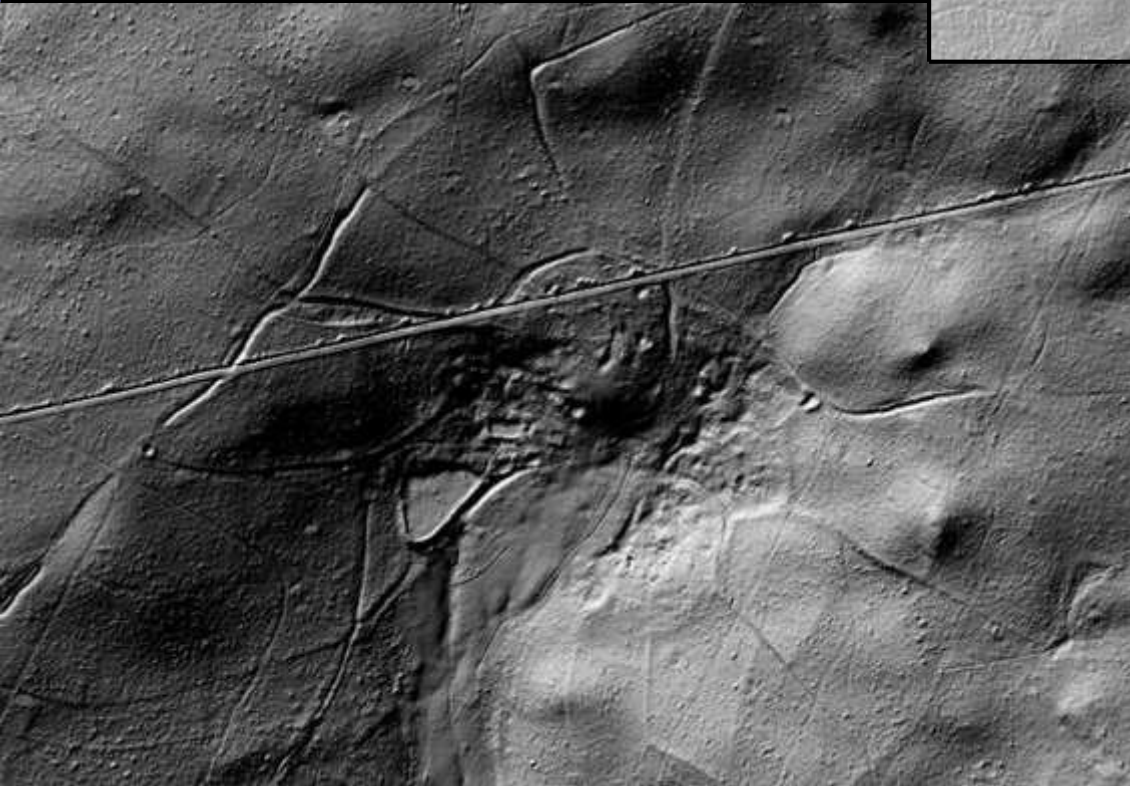


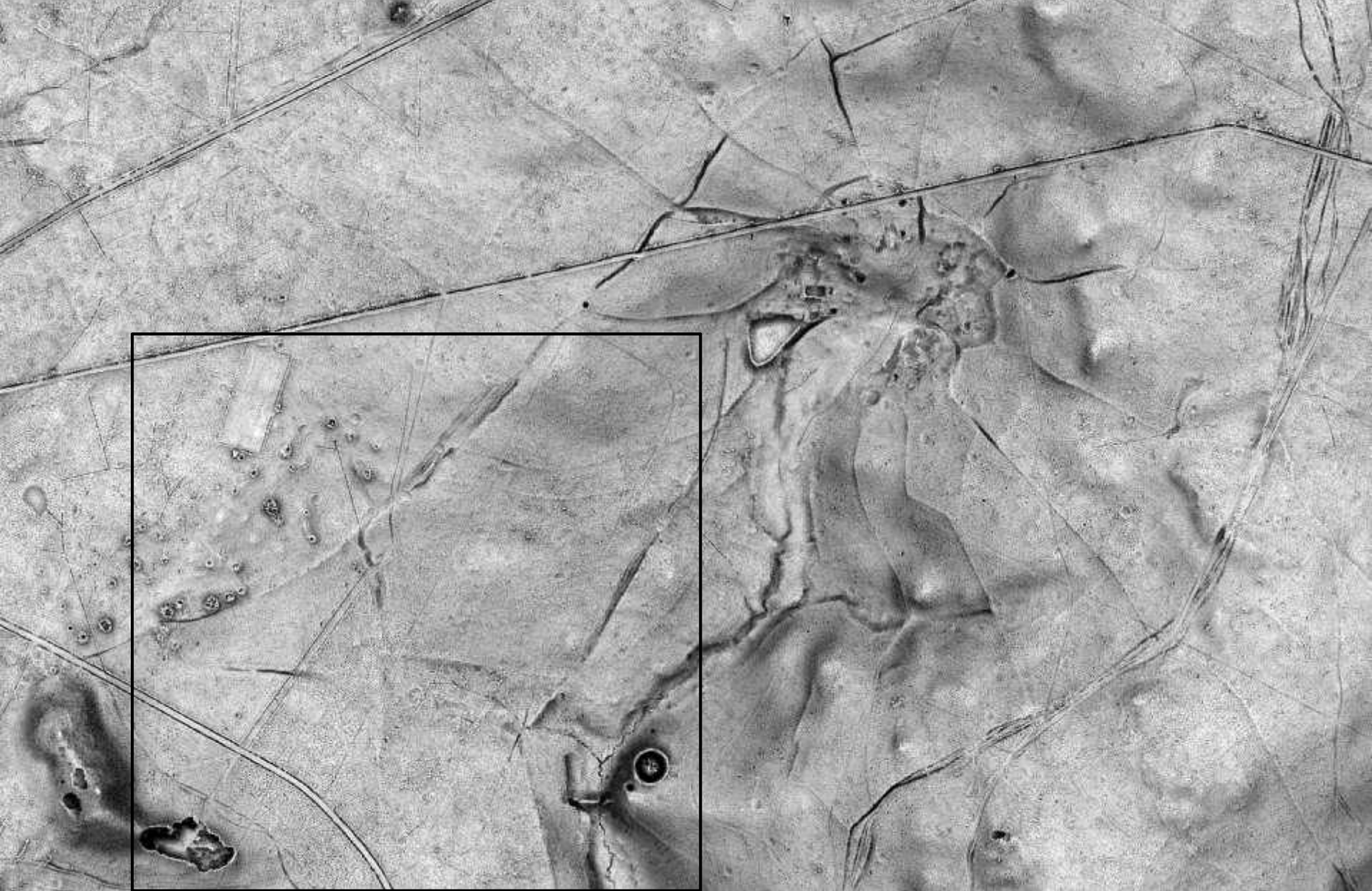
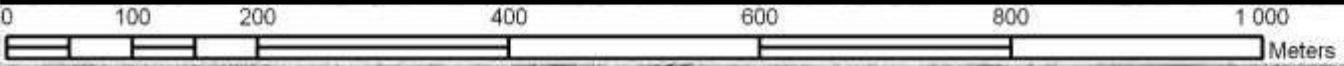


Novověká polní opevnění

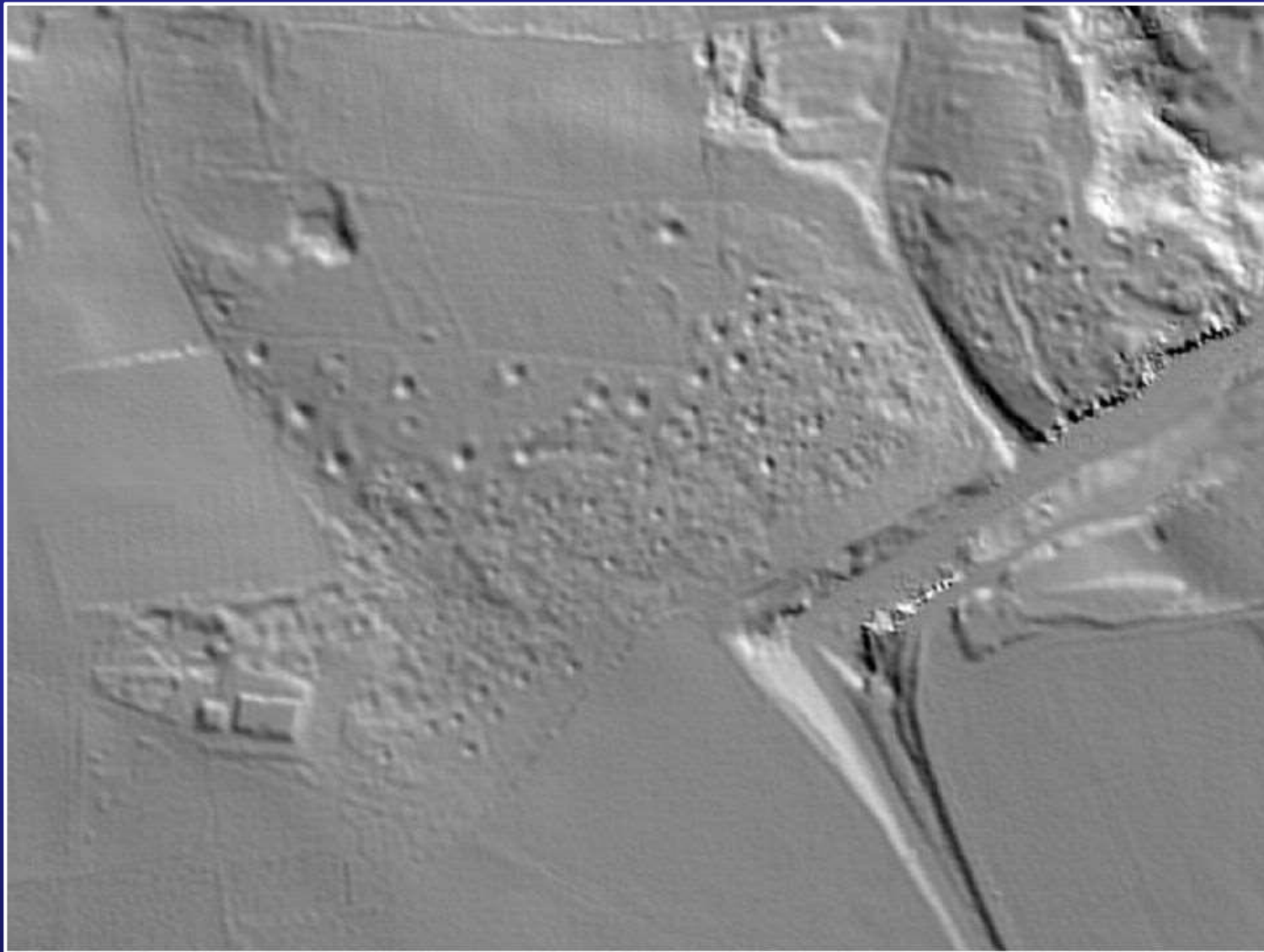


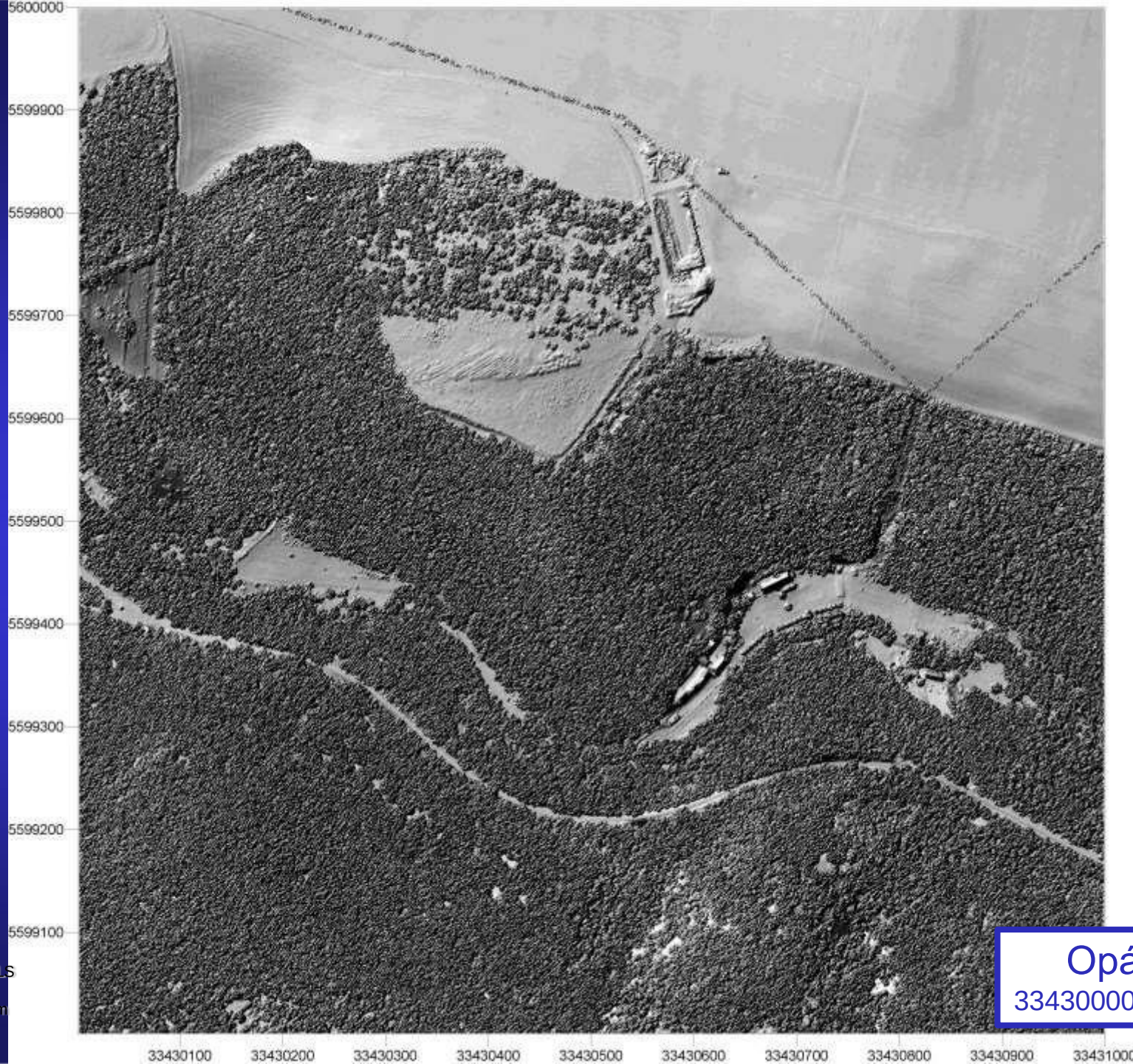
Zaniklé (středověké) vesnice





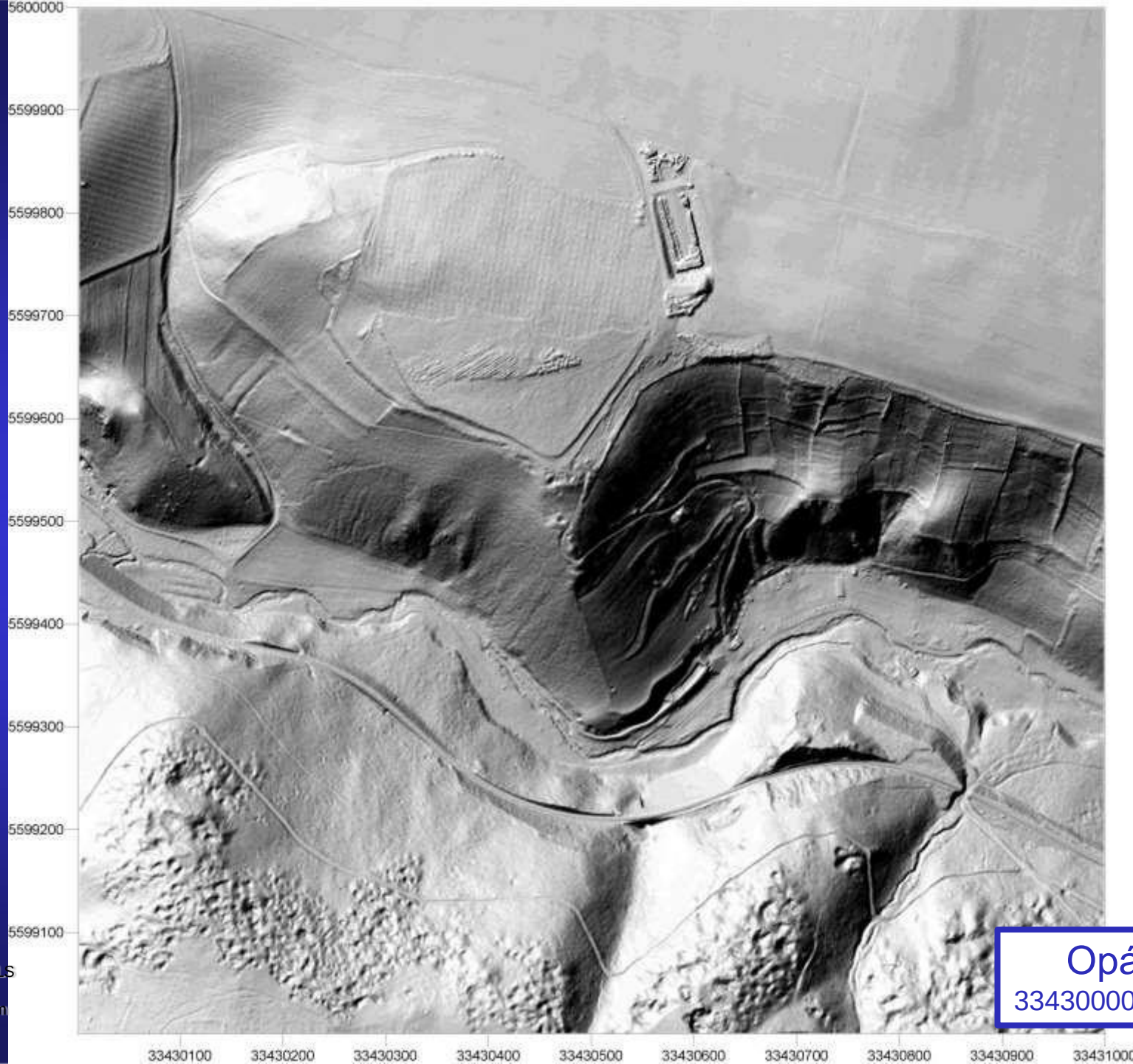
Těžební areály





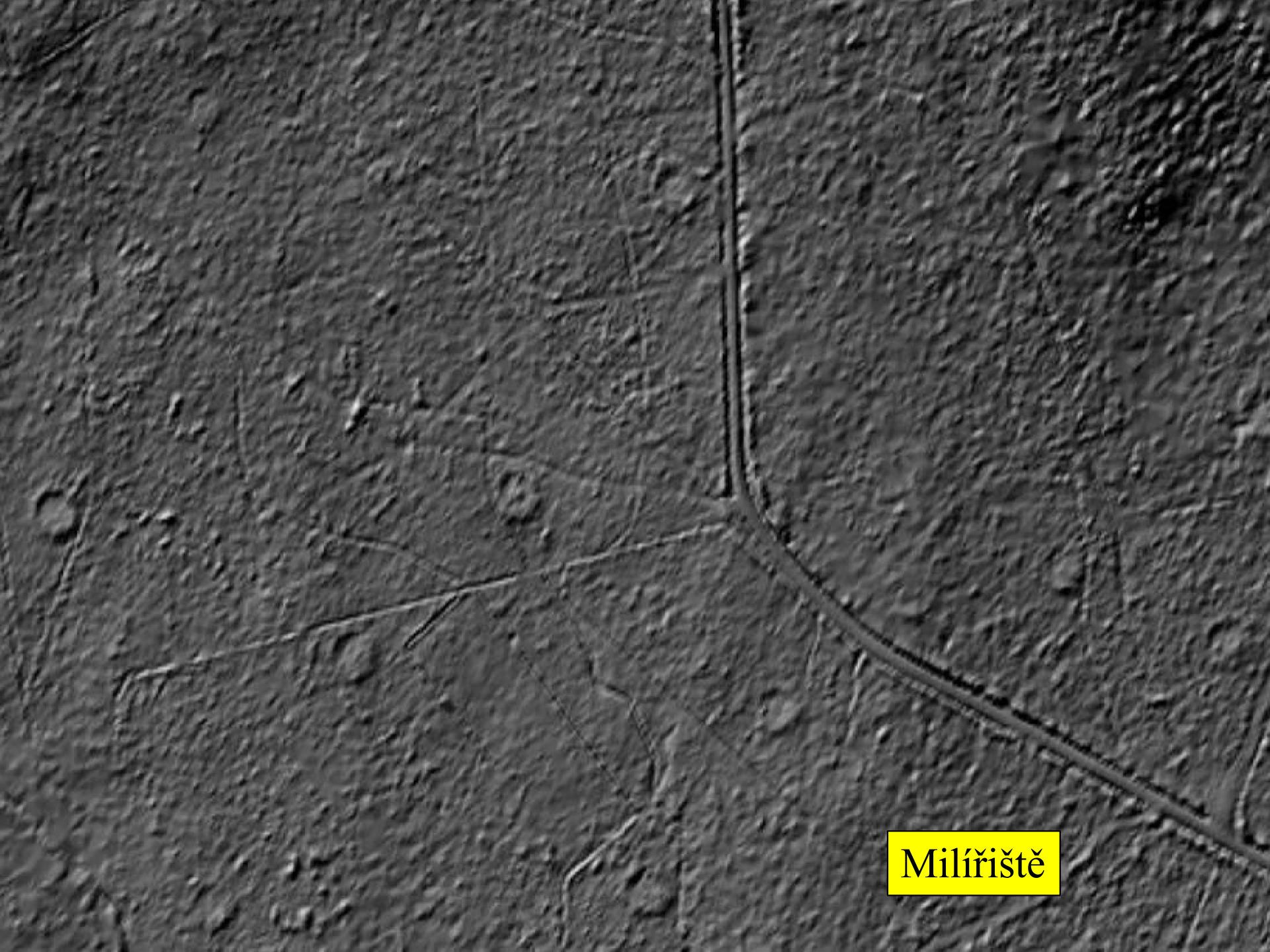
DEM create by ALS
UNI Bohemia
DSM 1 km * 1 km
ca 10 LRP / m²
Shaded Relief

Opárno
33430000-5599000



Opárno
33430000-5599000

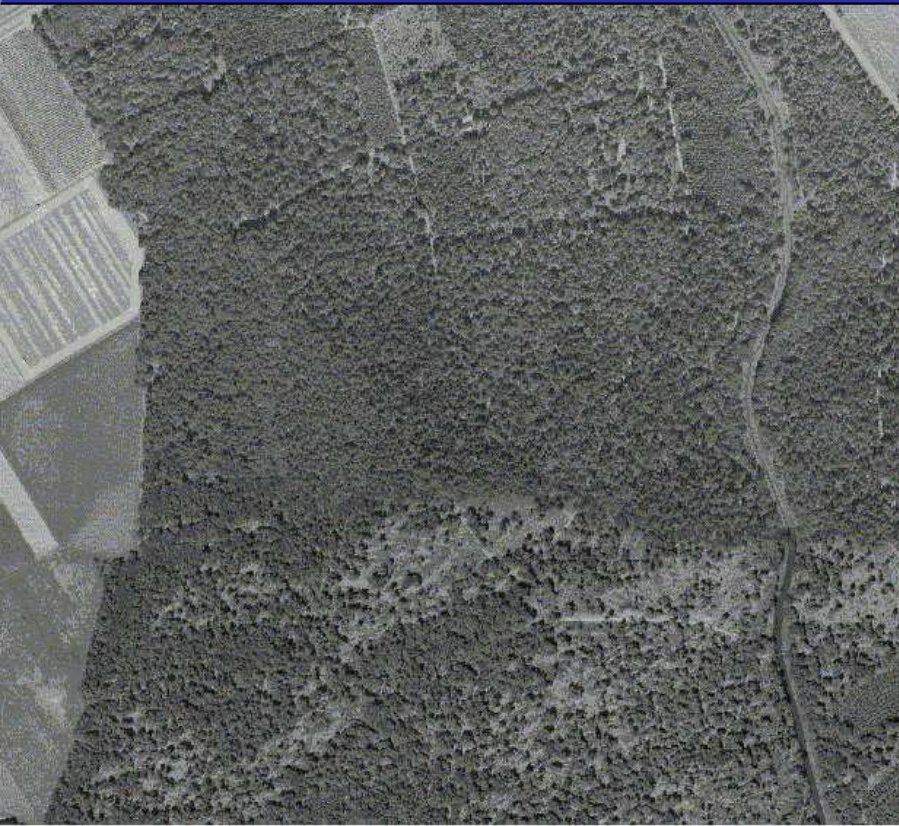




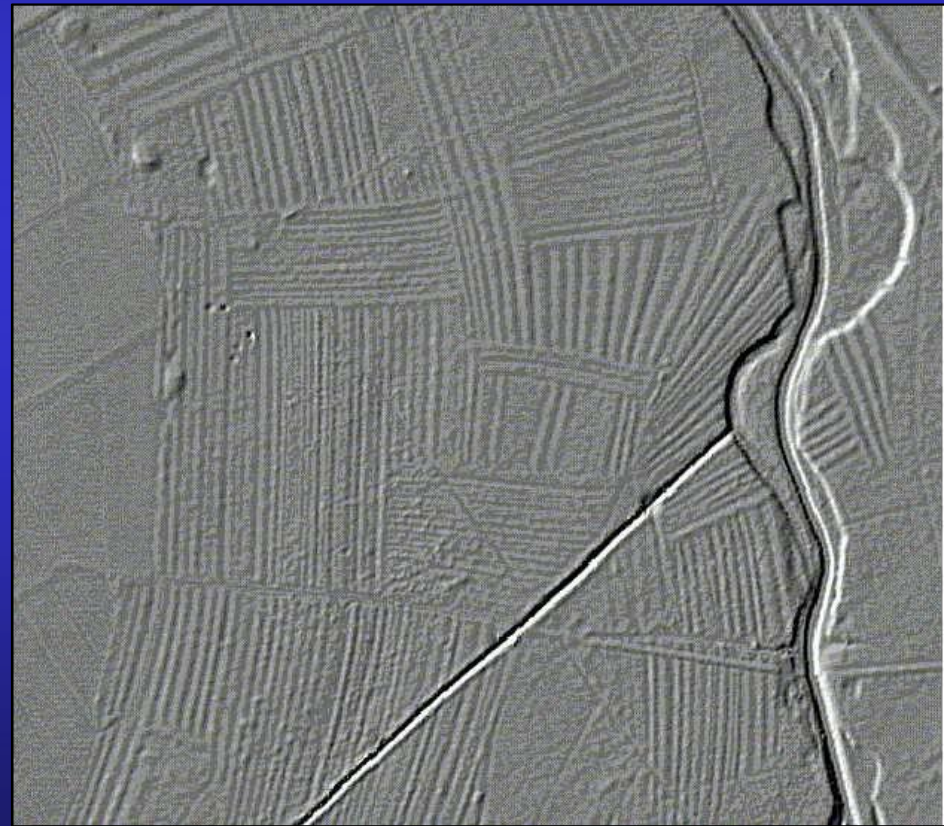
Milířistě

Mapování polních systémů

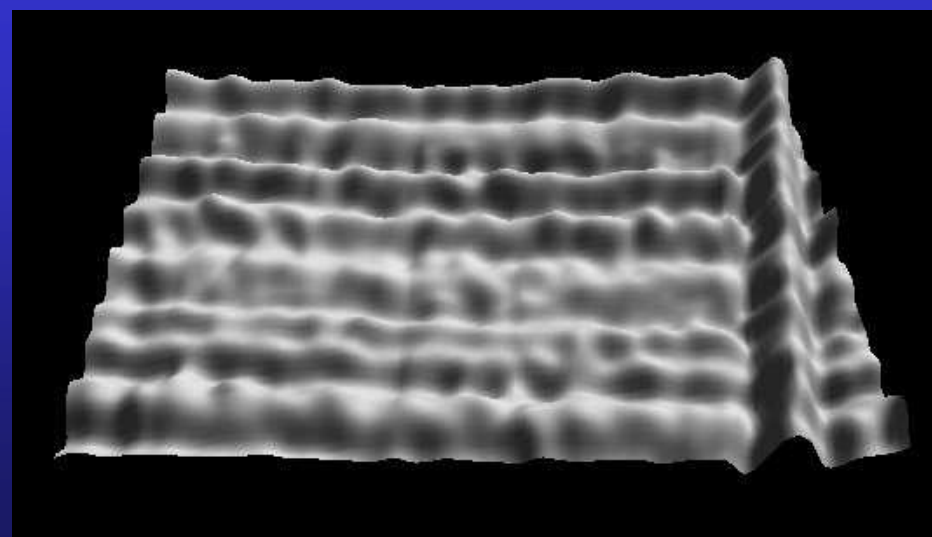
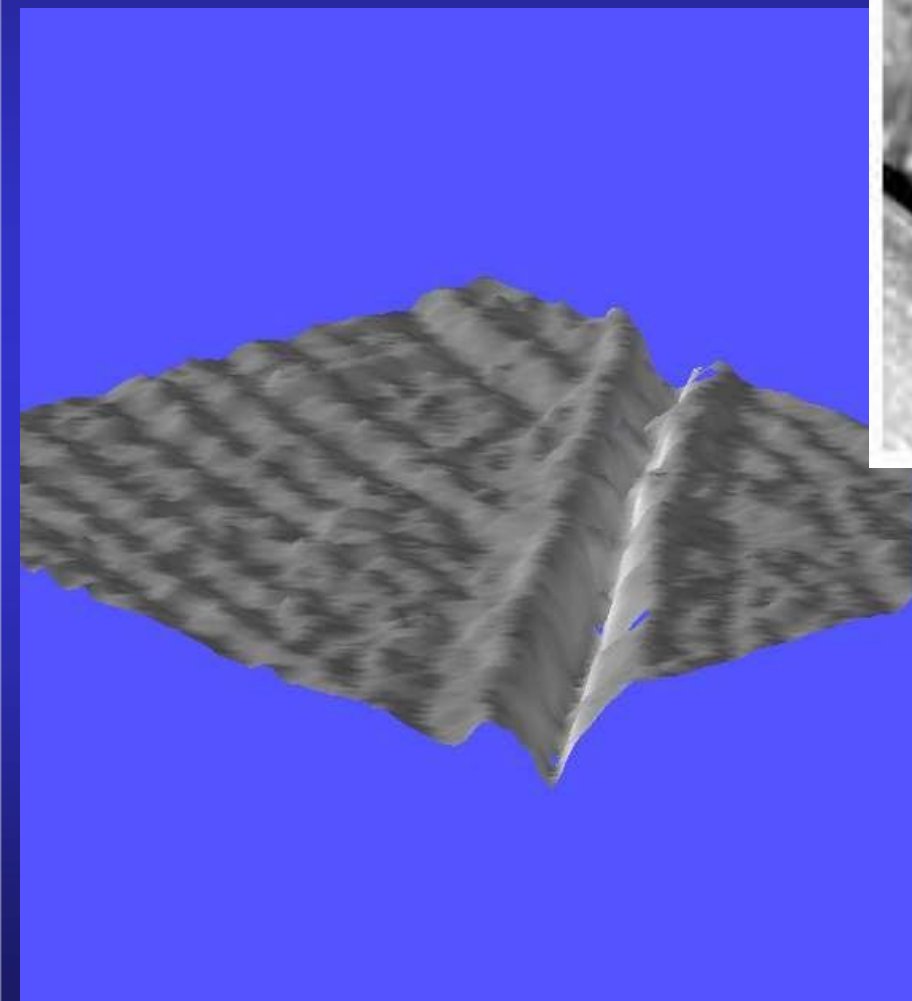
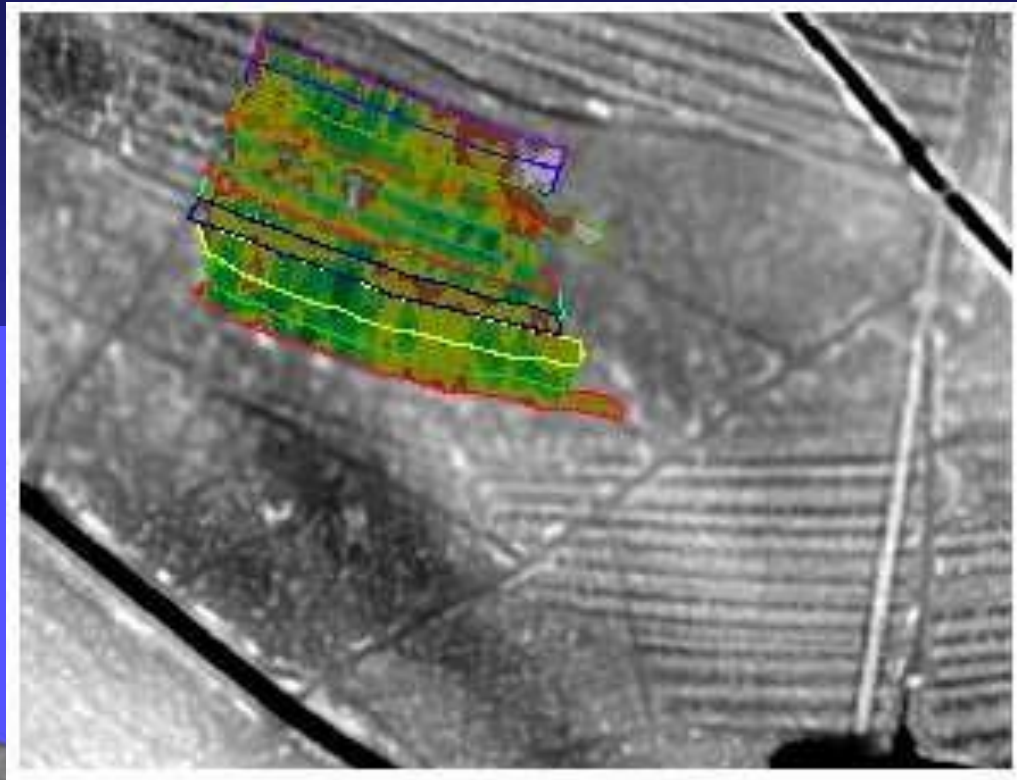
DSM



DMR







ZÁVĚR

Přínos leteckého laserového skenování pro výzkum historické krajiny

1. Efektivní – rychlé a přesné – výškopisné mapování krajiny a v ní umístěných nemovitých památek zachovaných v podobě antropogenního tvaru reliéfu.

- 
- An aerial laser scanning map (LiDAR point cloud visualization) showing topographic contours in brown. A prominent river valley runs diagonally from the upper left towards the lower right. The terrain is characterized by dense contour lines, indicating varying elevations. Some areas are highlighted in green and blue, possibly representing water bodies or specific land use. The map is overlaid with a grid of small squares, likely representing individual laser scans.
2. Schopnost zaměřovat i komponenty historické krajiny v zalesněném prostředí

3. Možnost zkoumat reliéf pomocí řízeného náklonu světelných paprsků a následně na jeho povrchu identifikovat dosud neevidované objekty archeologického zájmu, a to i ve velmi nízkém reliéfu.

4. Možnost využít 2-D data pro identifikaci porostových, resp. vlhkostních příznaků prostřednictvím jejich spektrálních vlastností

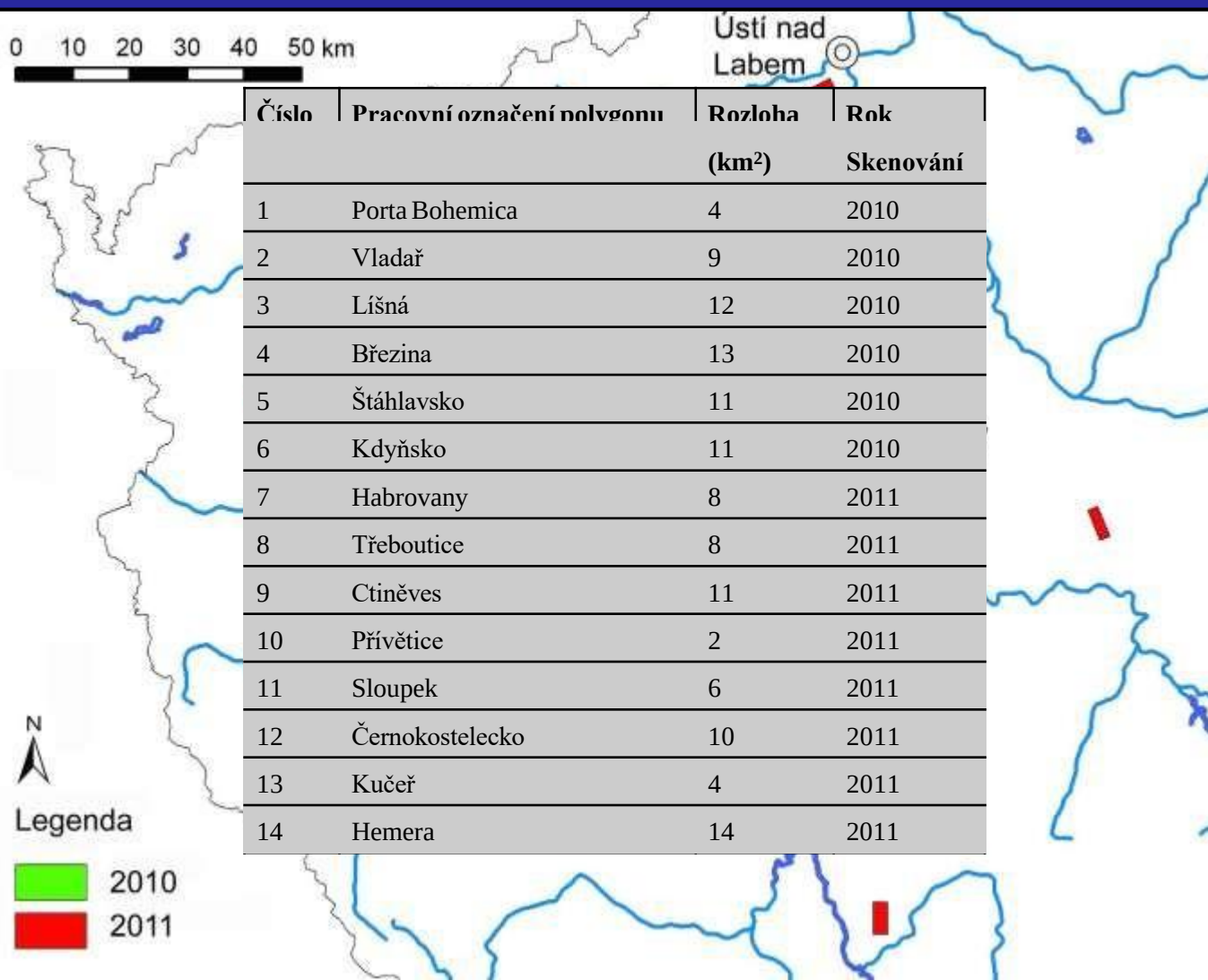
Projekt *Potenciál archeologického výzkumu krajiny ČR prostřednictvím dálkového laserového 3-D snímkování*

GAČR, 2010 – 2011, reg. č. P405/10/0454

Hlavní cíle

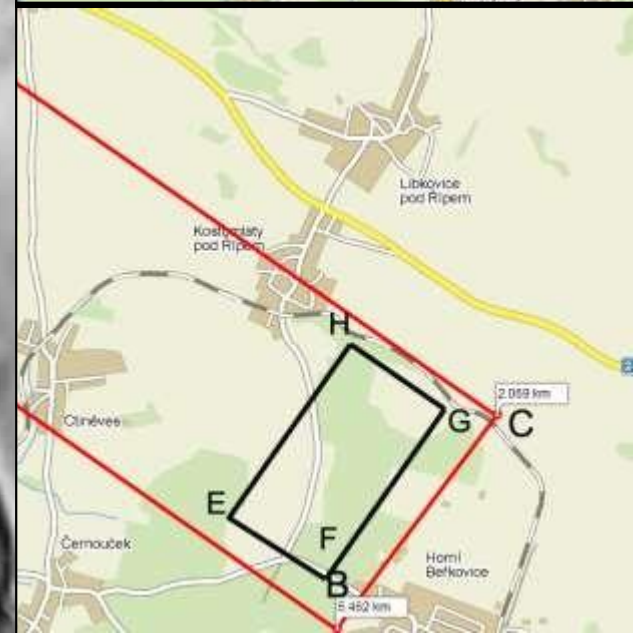
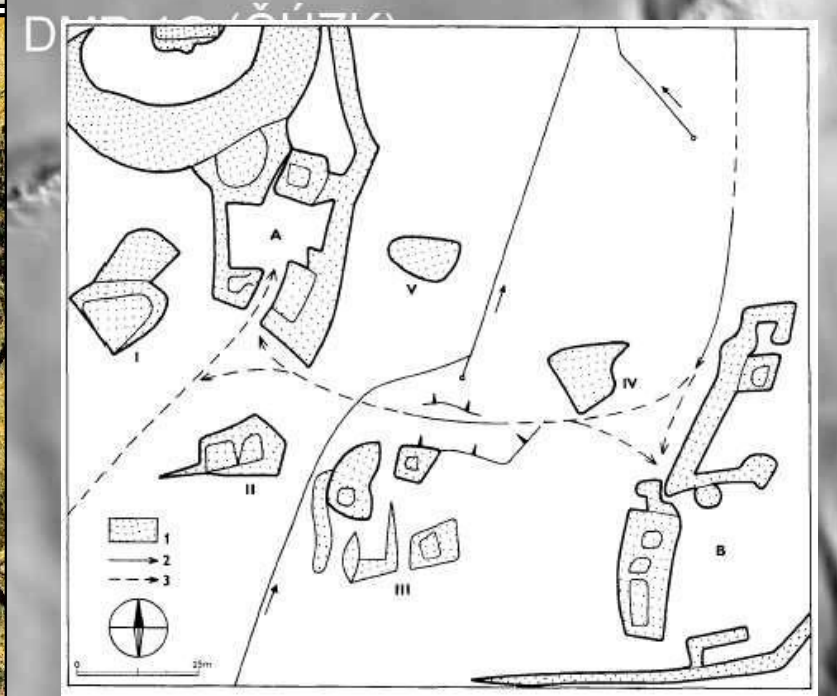
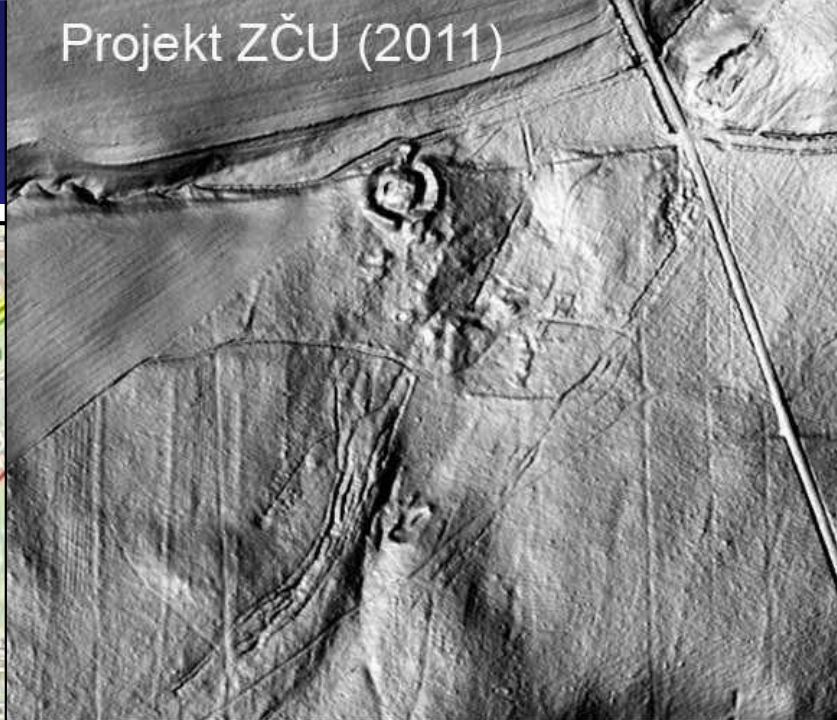
Postup při plnění programu projektu

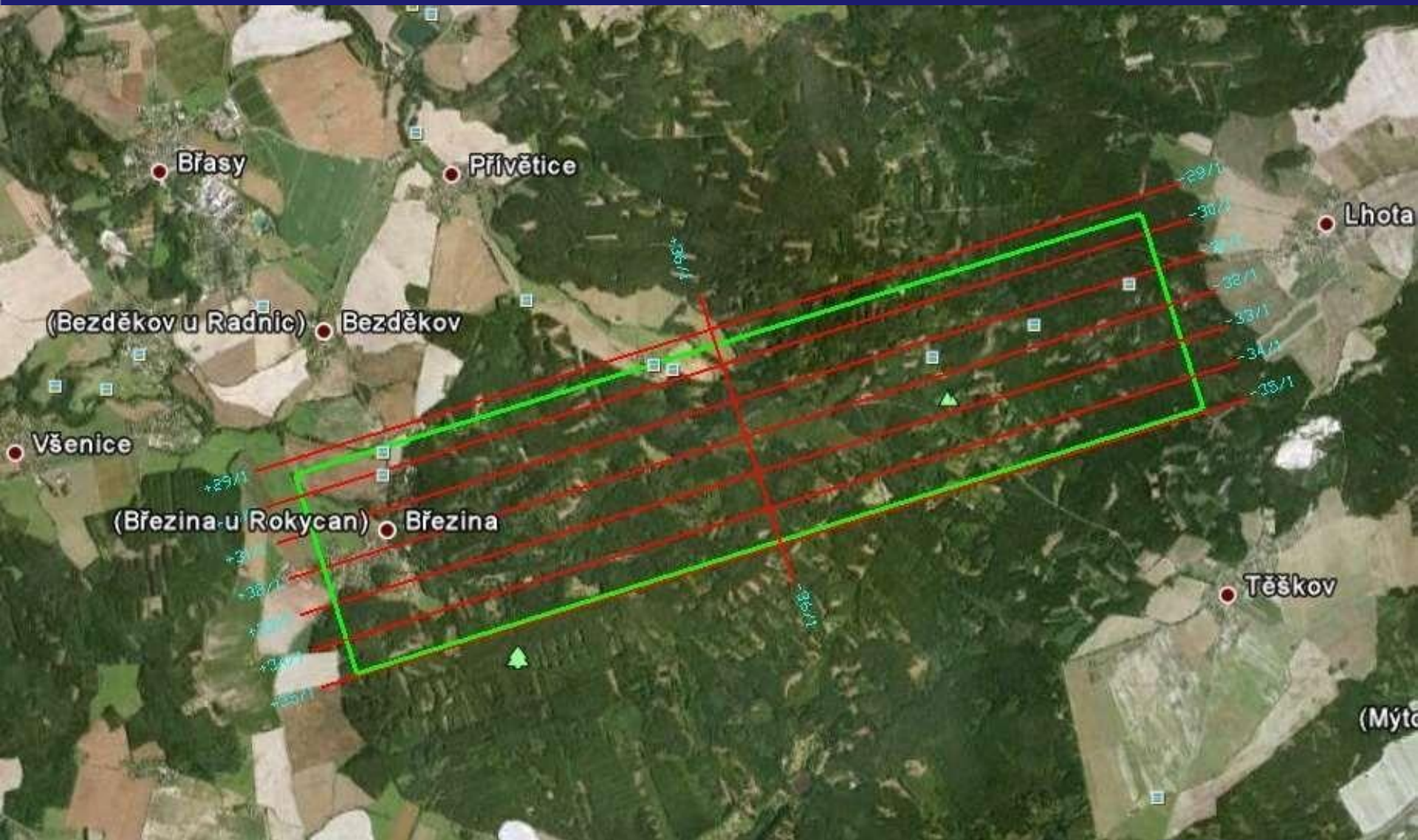
Dosavadní výsledky



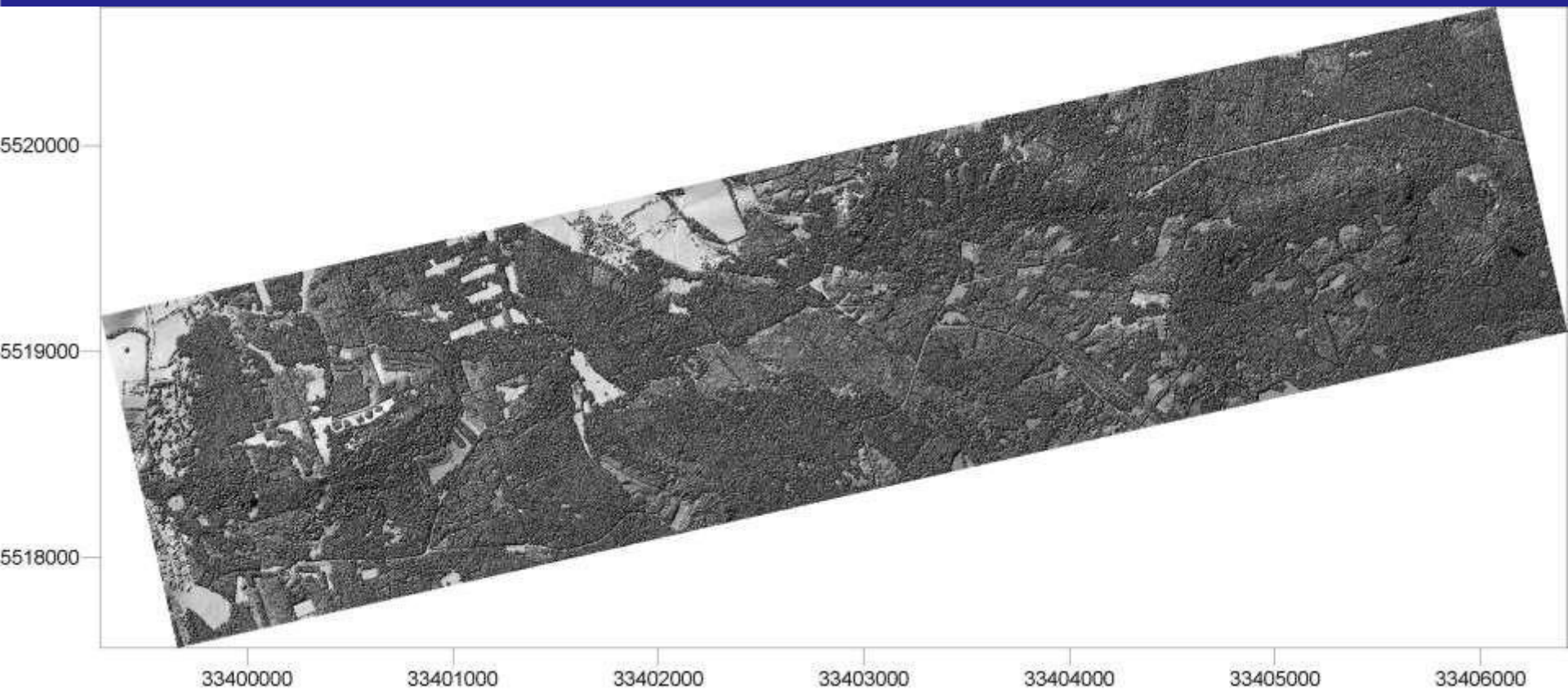
2011

Projekt ZČU (2011)





Brezina



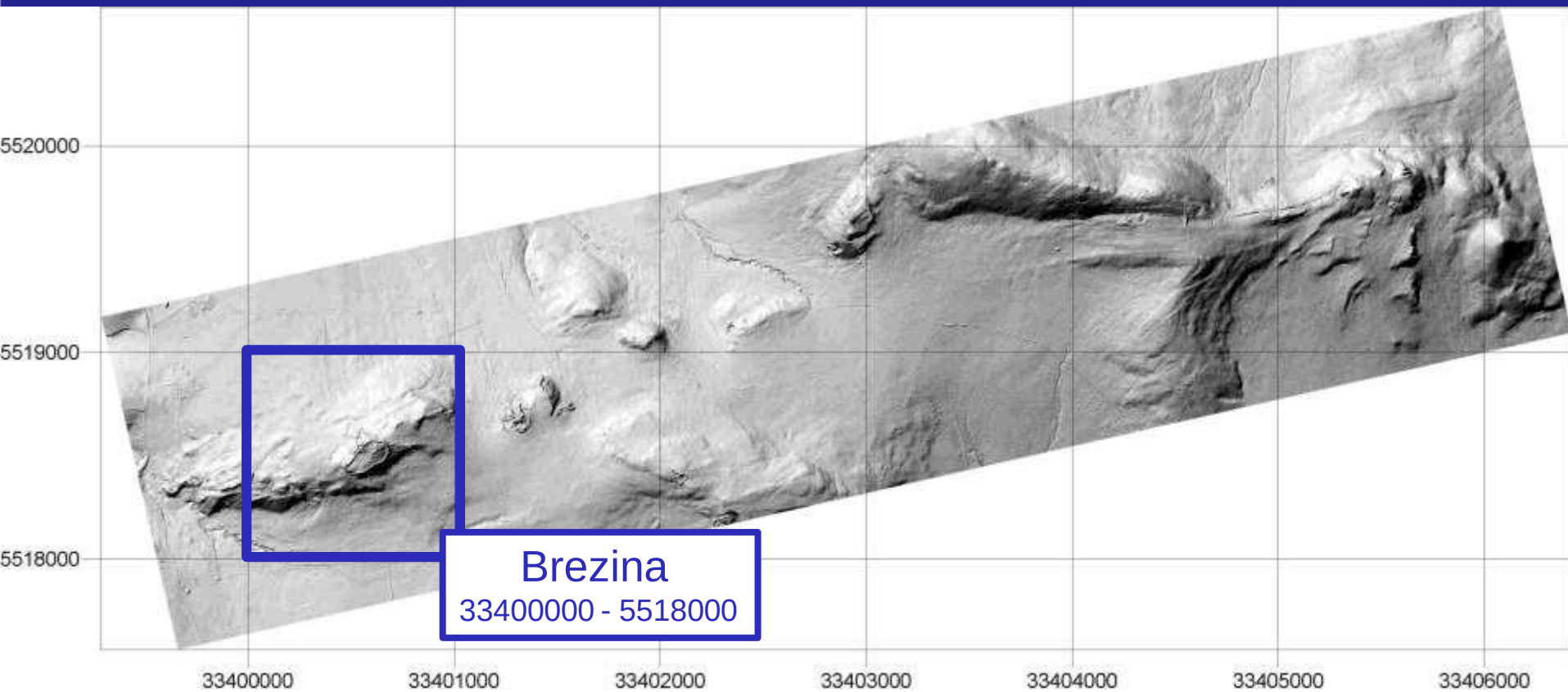
DEM create by ALS
UNI Bohemia
DSM 7,1 km * 3,1 km
ca 10 LRP / m²
Shaded Relief

Brezina



DEM create by ALS
UNI Bohemia
DSM 7,1 km * 3,1 km
ca 10 LRP / m²
Shaded Relief

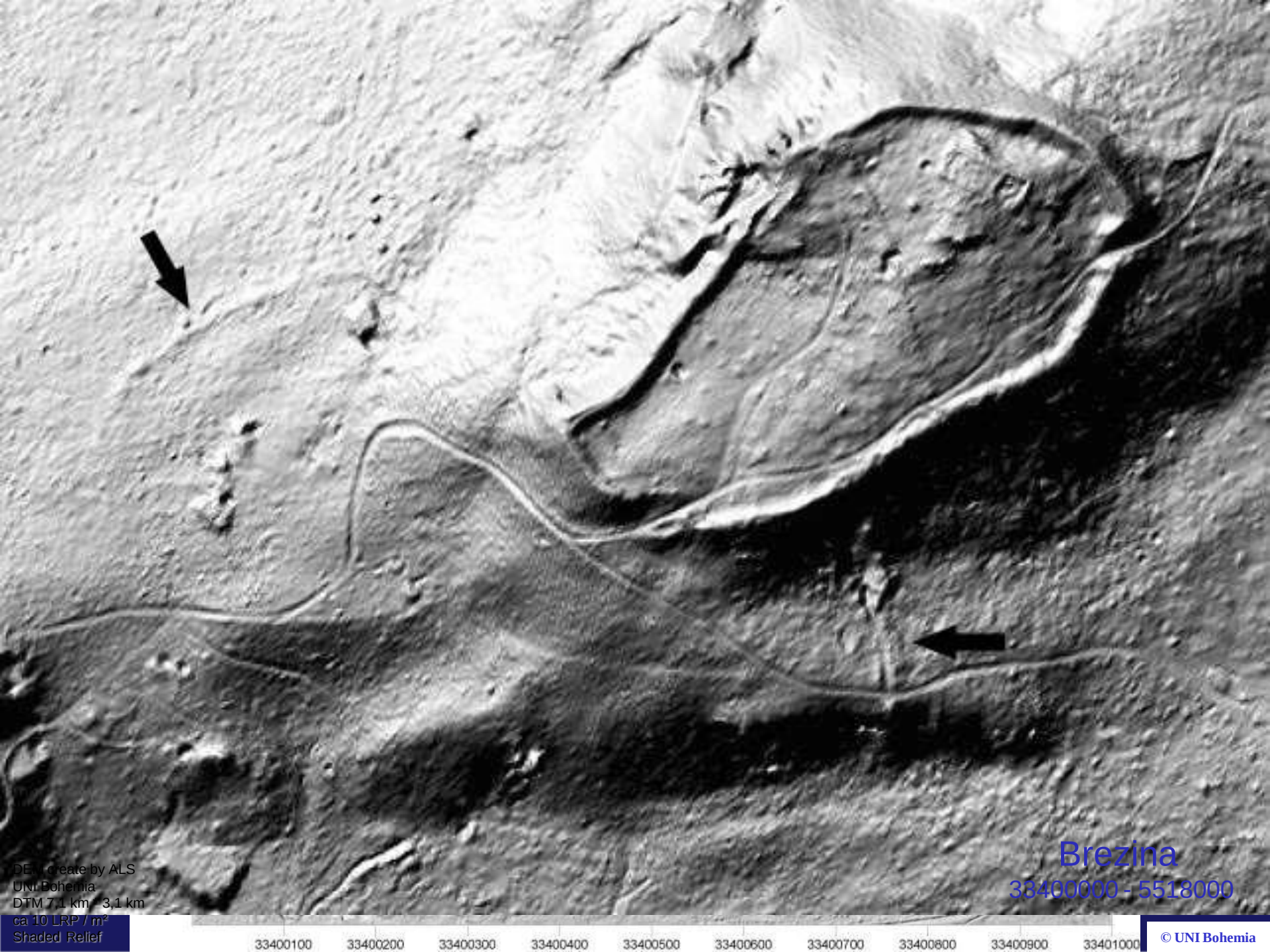
Brezina





Brezina
33400000 - 5518000

DEM create by ALS
UNI Bohemia
DSM 7,1 km * 3,1 km
ca 10 LRP / m²
Shaded Relief



DEM create by ALS
UNI Bohemia
DTM 7,1 km / 3,1 km
ca 10 LRP / m²
Shaded Relief

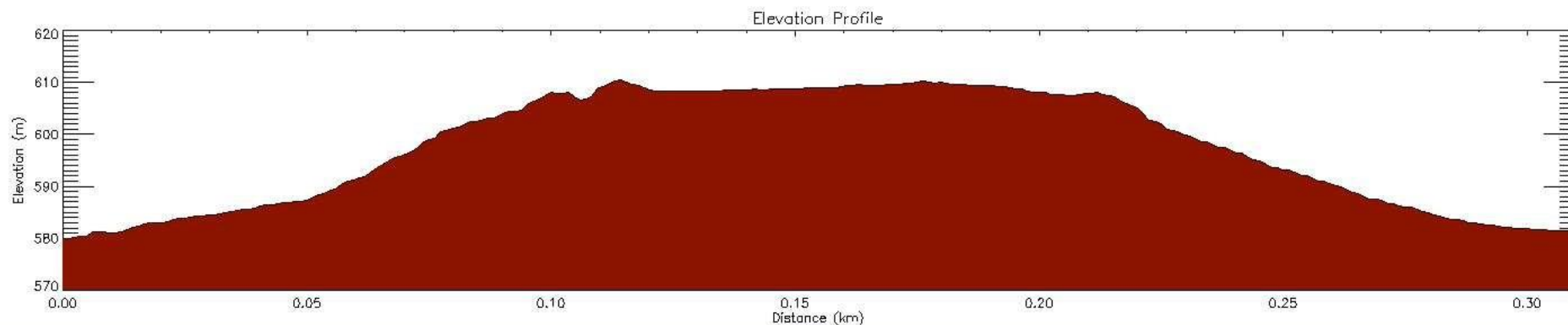
Brezina
33400000 - 5518000

33400100 33400200 33400300 33400400 33400500 33400600 33400700 33400800 33400900 33401000

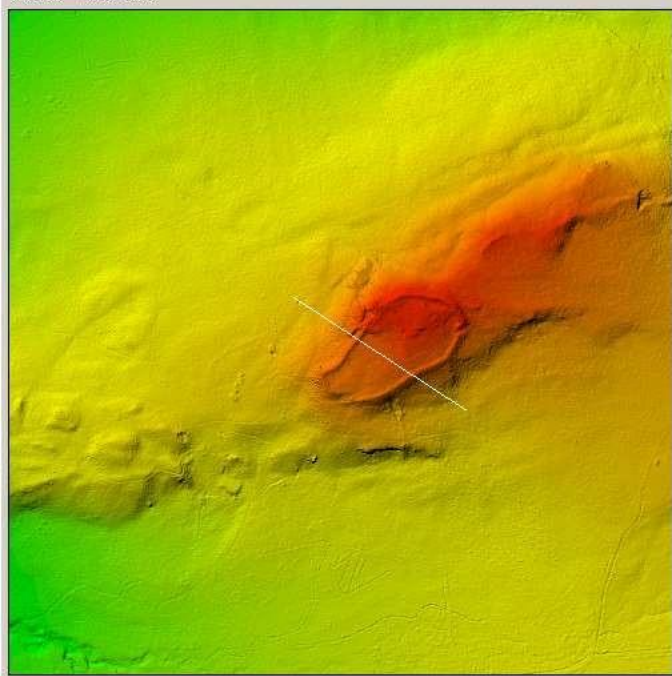
© UNI Bohemia

DEM FROM DTM 33400000 - 5518000 DEM.TIF

Options



Options Tools Info



Options



DEM create by ALS
UNI Bohemia
DTM 7,1 km * 3,1 km
ca 10 LRP / m²
geometrics

Total Commander 7.0 rel...

Microsoft PowerPoint - [...]

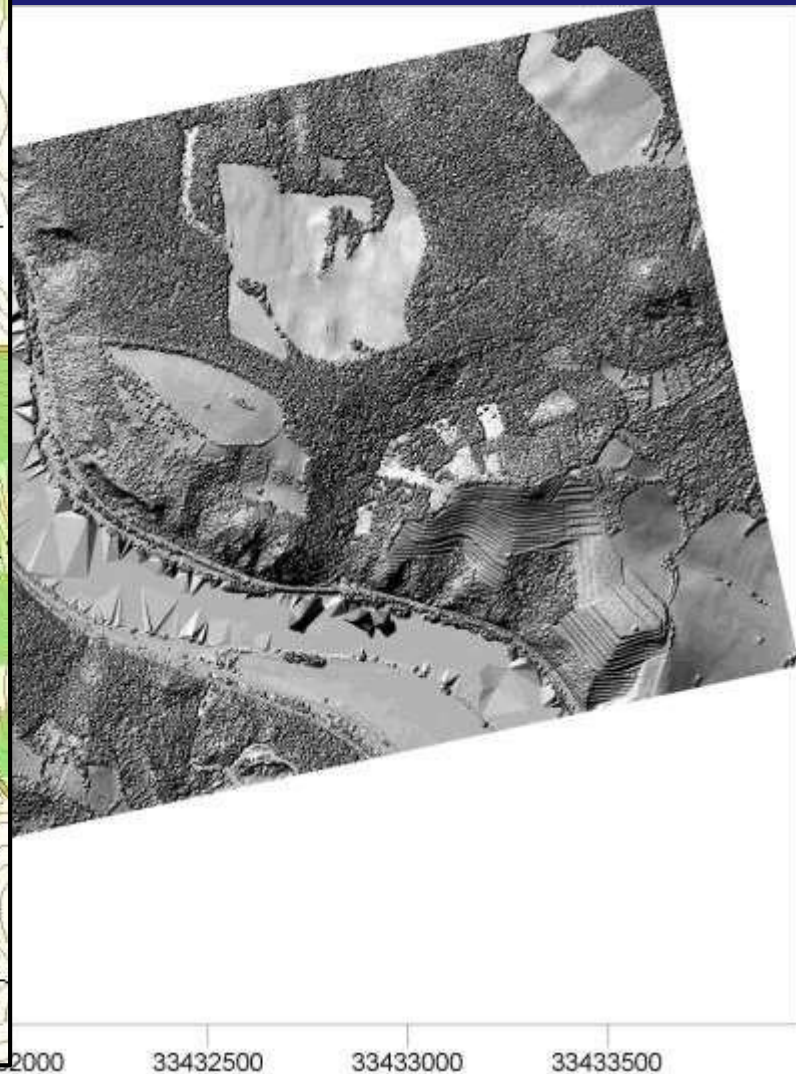
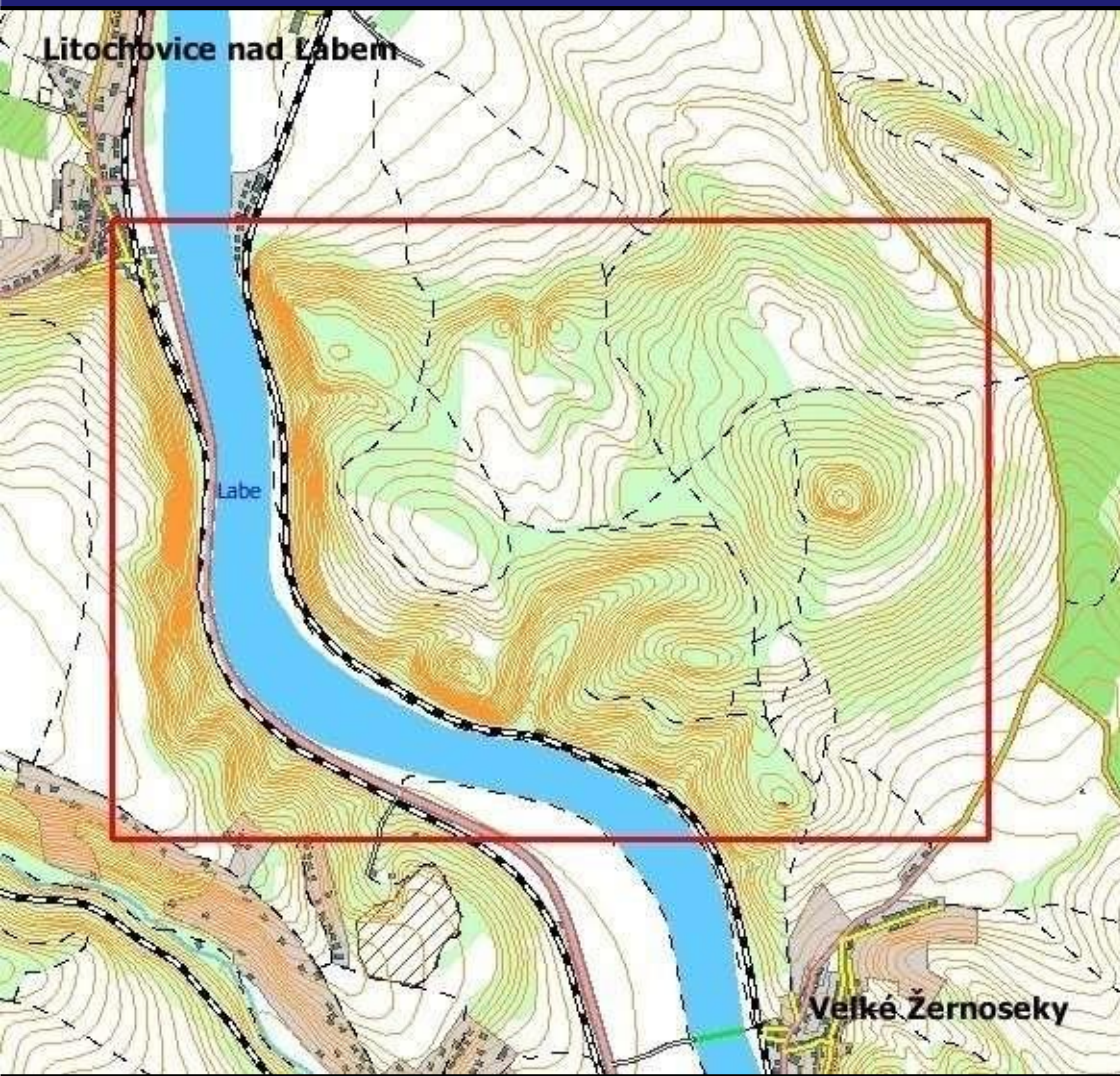
Surfer - [Plot1]

Runtime App

RiverTools 3.0: DTM...

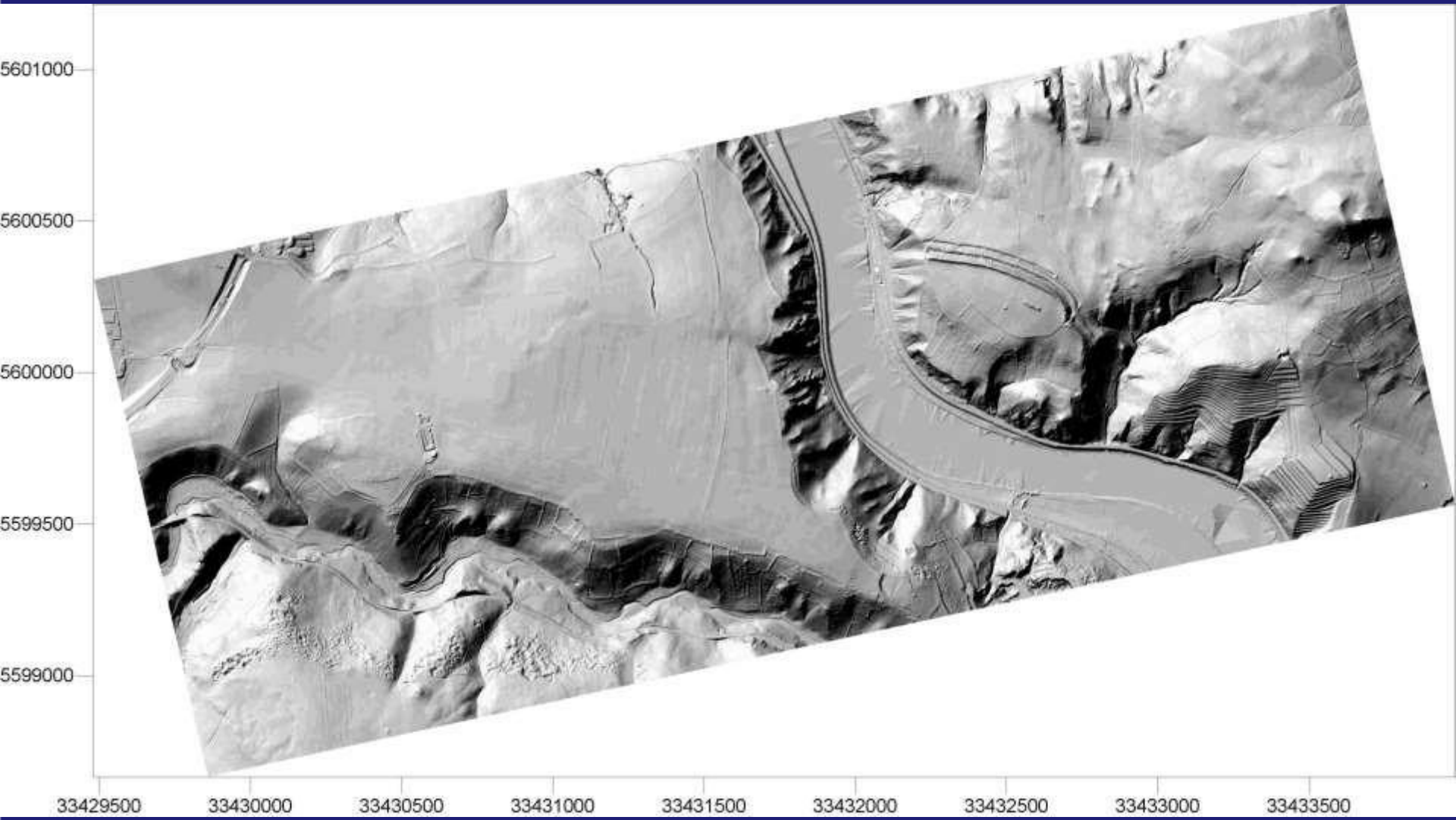
Adobe P...

Brezina
33400000 - 5518000



DEM create by ALS
UNI Bohemia
DSM 4,5 km * 2,6 km
ca 10 LRP / m²
Shaded Relief

Porta Bohemica



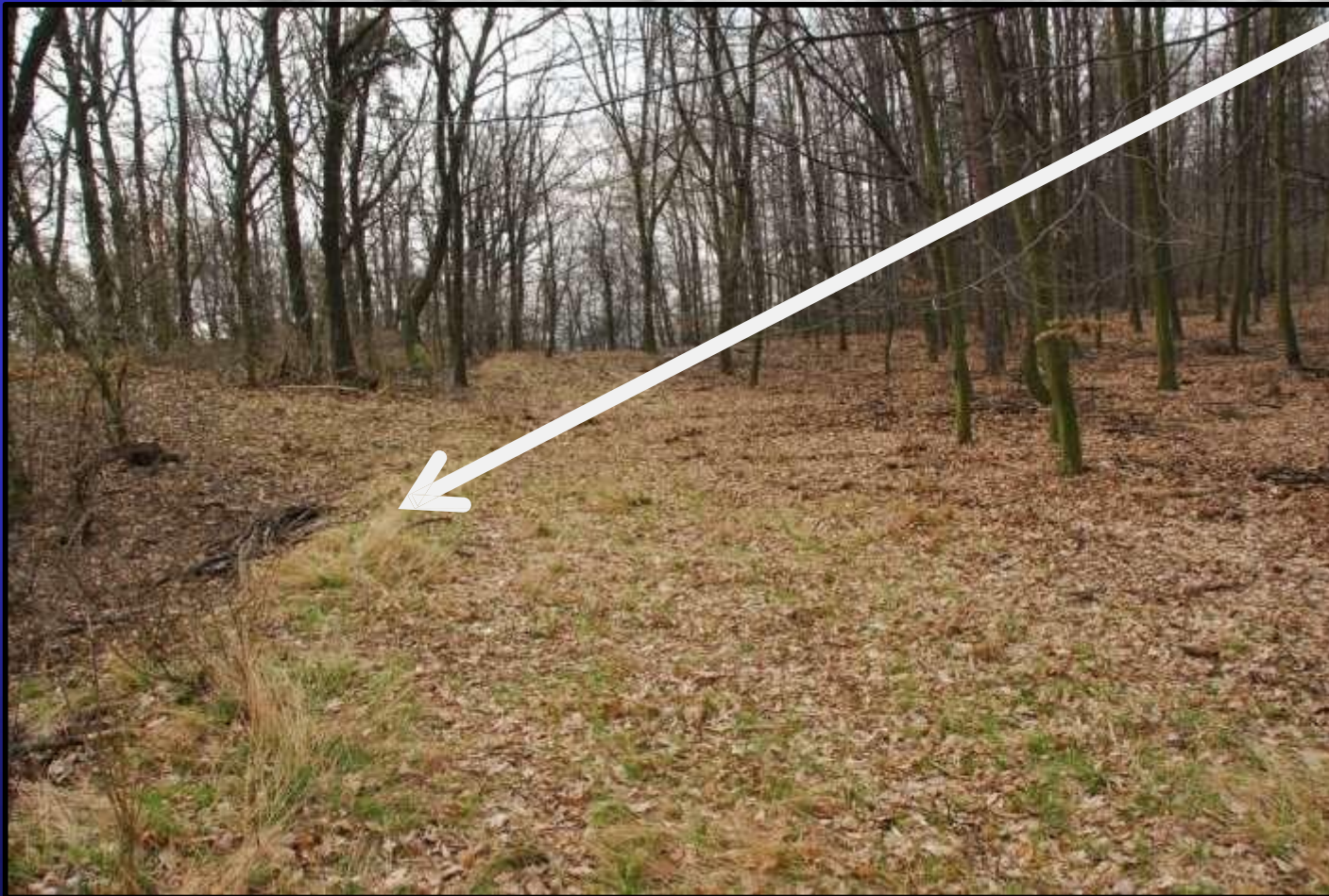
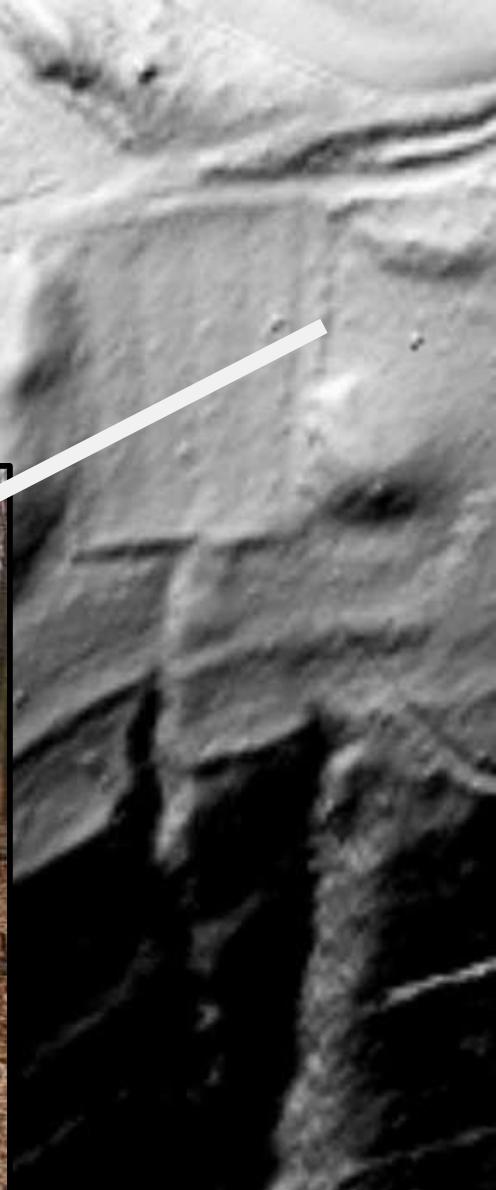
DEM create by ALS
UNI Bohemia
DSM 4,5 km * 2,6 km
ca 10 LRP / m²
Shaded Relief

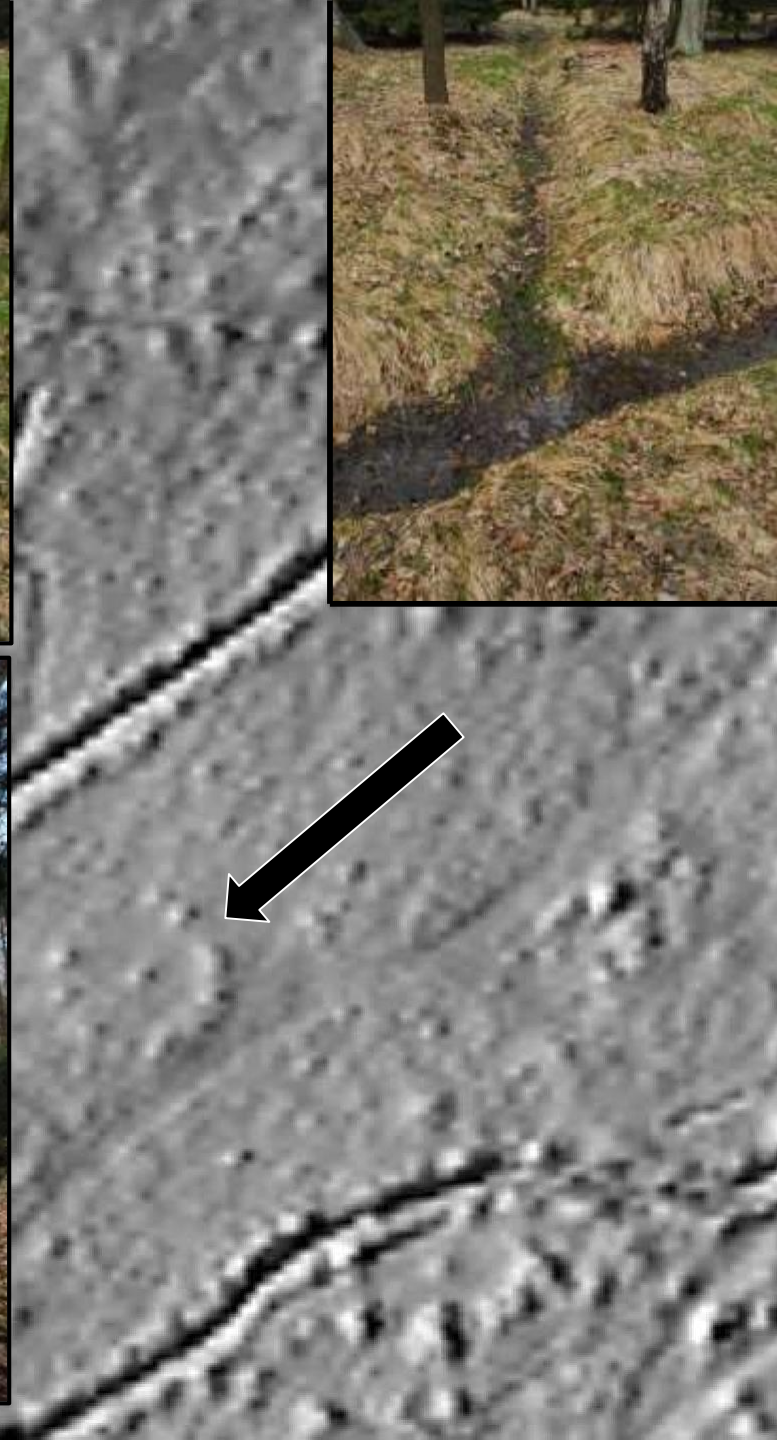
Porta Bohemica

Pozemní ověřování (průzkum)

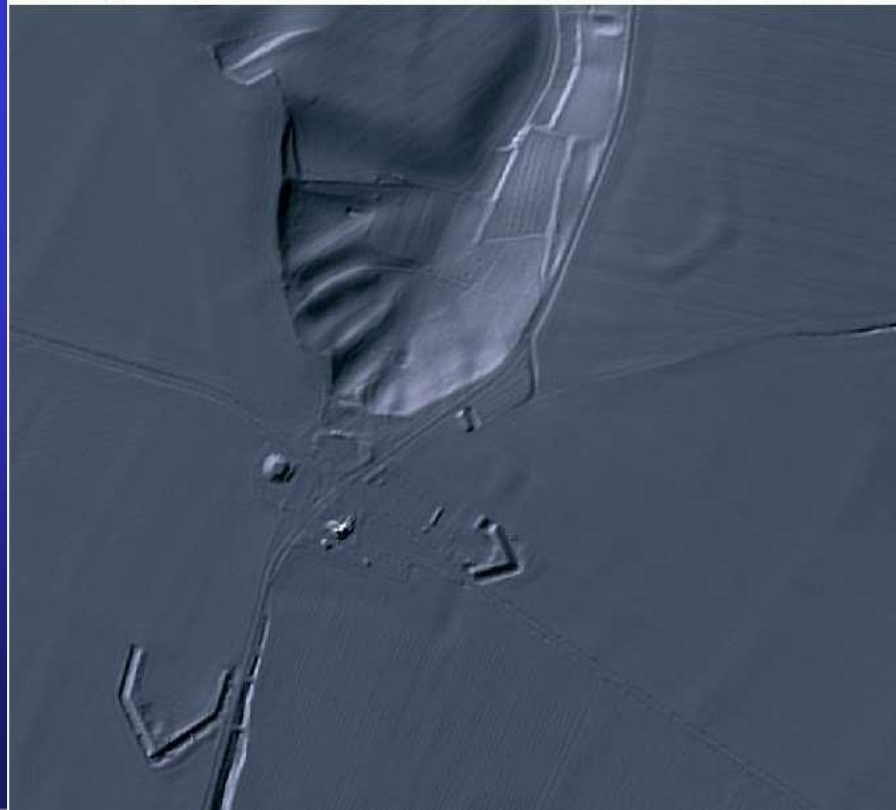
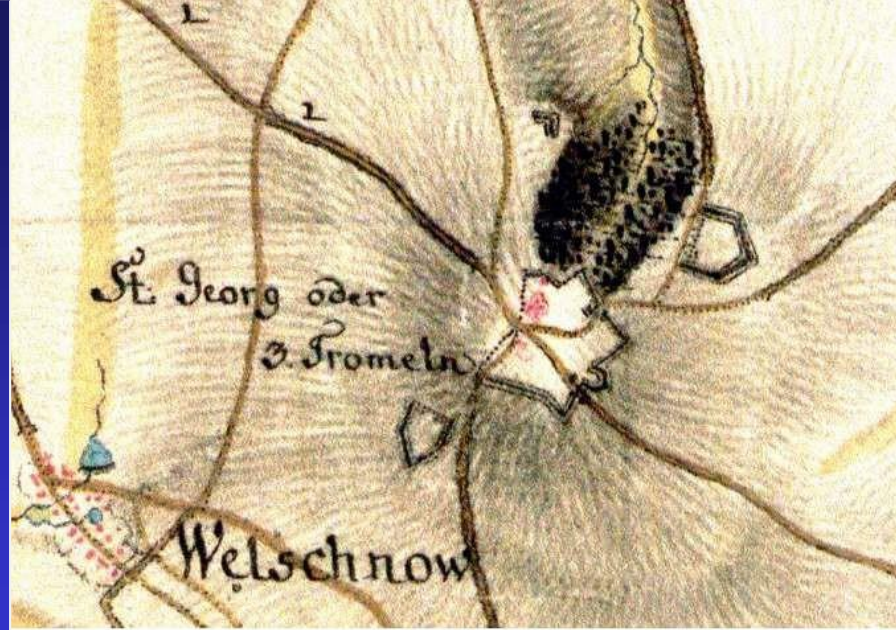




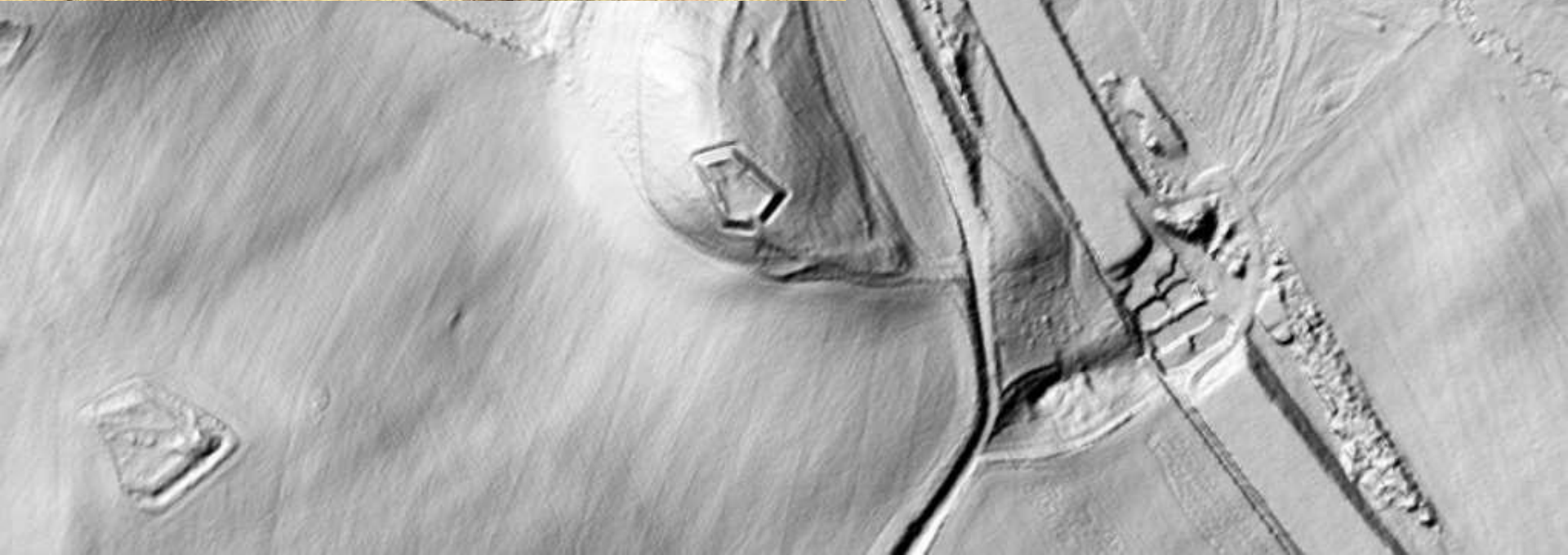




Komparace lidarových dat a starých map

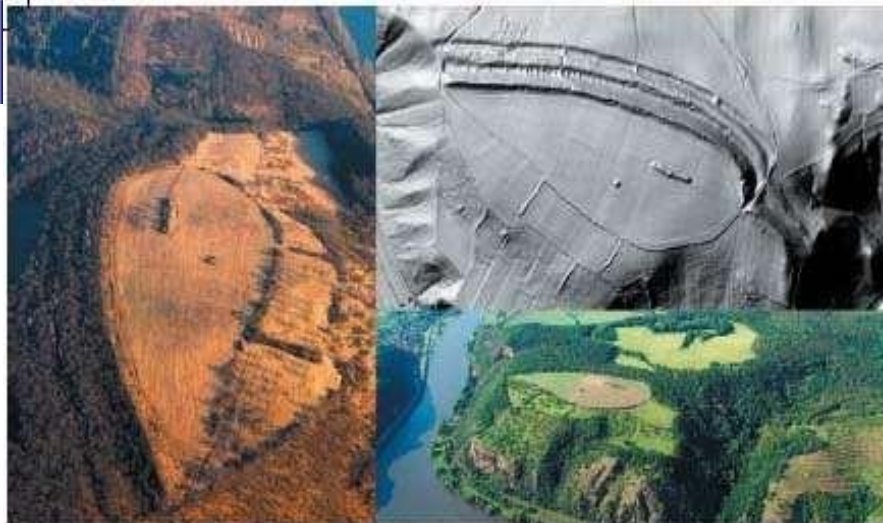


Habrovany









ARCHEOLOGIE A LETECKÉ LASEROVÉ
SKENOVÁNÍ KRAJINY

MARTIN GOJDA –
JAN JOHN A KOL.

ARCHEOLOGIE A LETECKÉ LASEROVÉ
SKENOVÁNÍ KRAJINY

ARCHAEOLOGY AND AIRBORNE LASER
SCANNING OF THE LANDSCAPE



PRŮBĚHA FAKULTY
JAMNICKÉHO
UNIVERSITY
V PLZM



ArcLand
HERITAGE DATA KNOWLEDGE

MARTIN GOJDA – JAN JOHN
A KOL.

2013