



ZEMĚMĚŘICKÝ ÚŘAD

Digitální model povrchu České republiky vytvořený obrazovou korelací leteckých měřických snímků

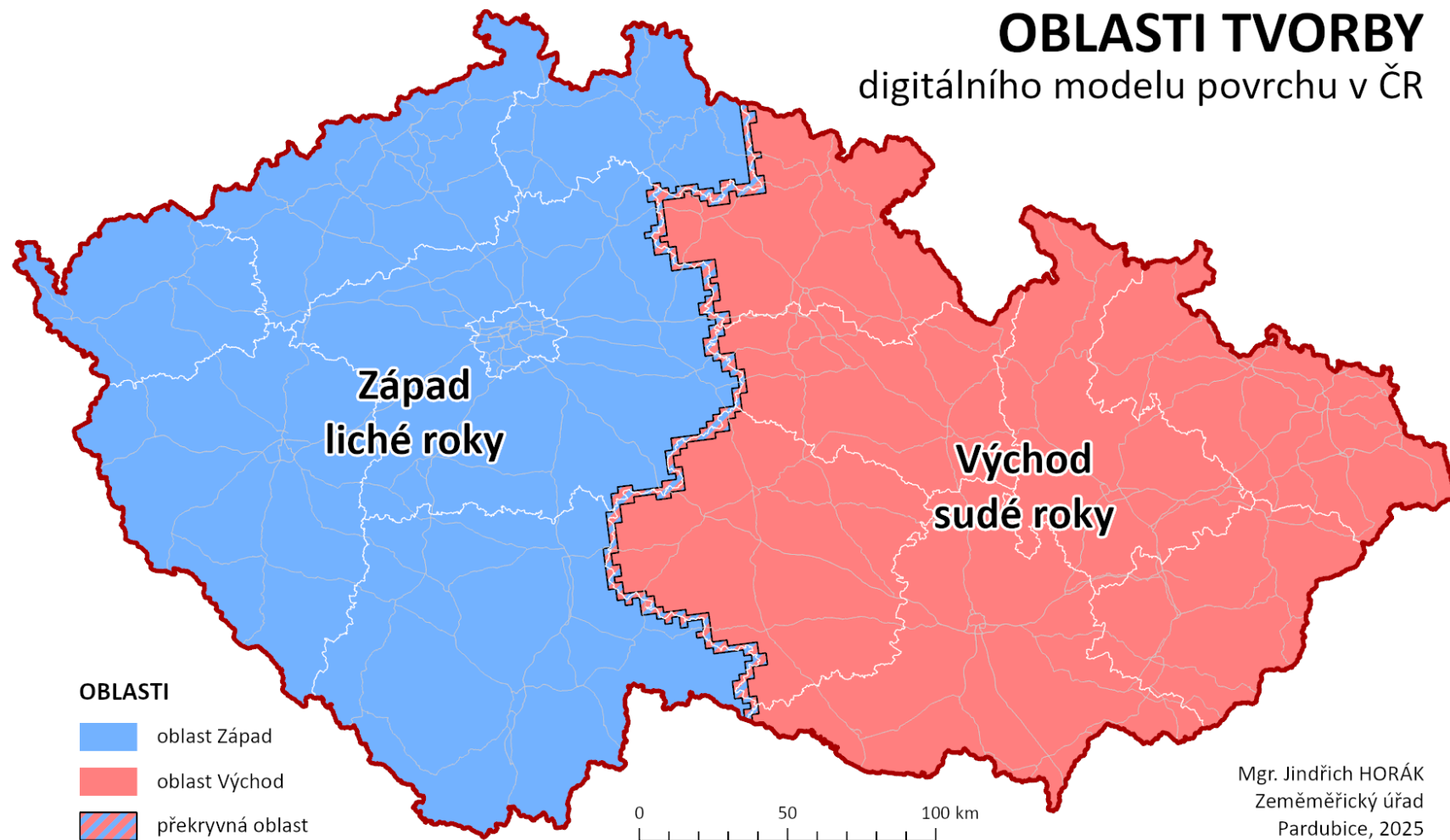
Mgr. Jindřich HORÁK

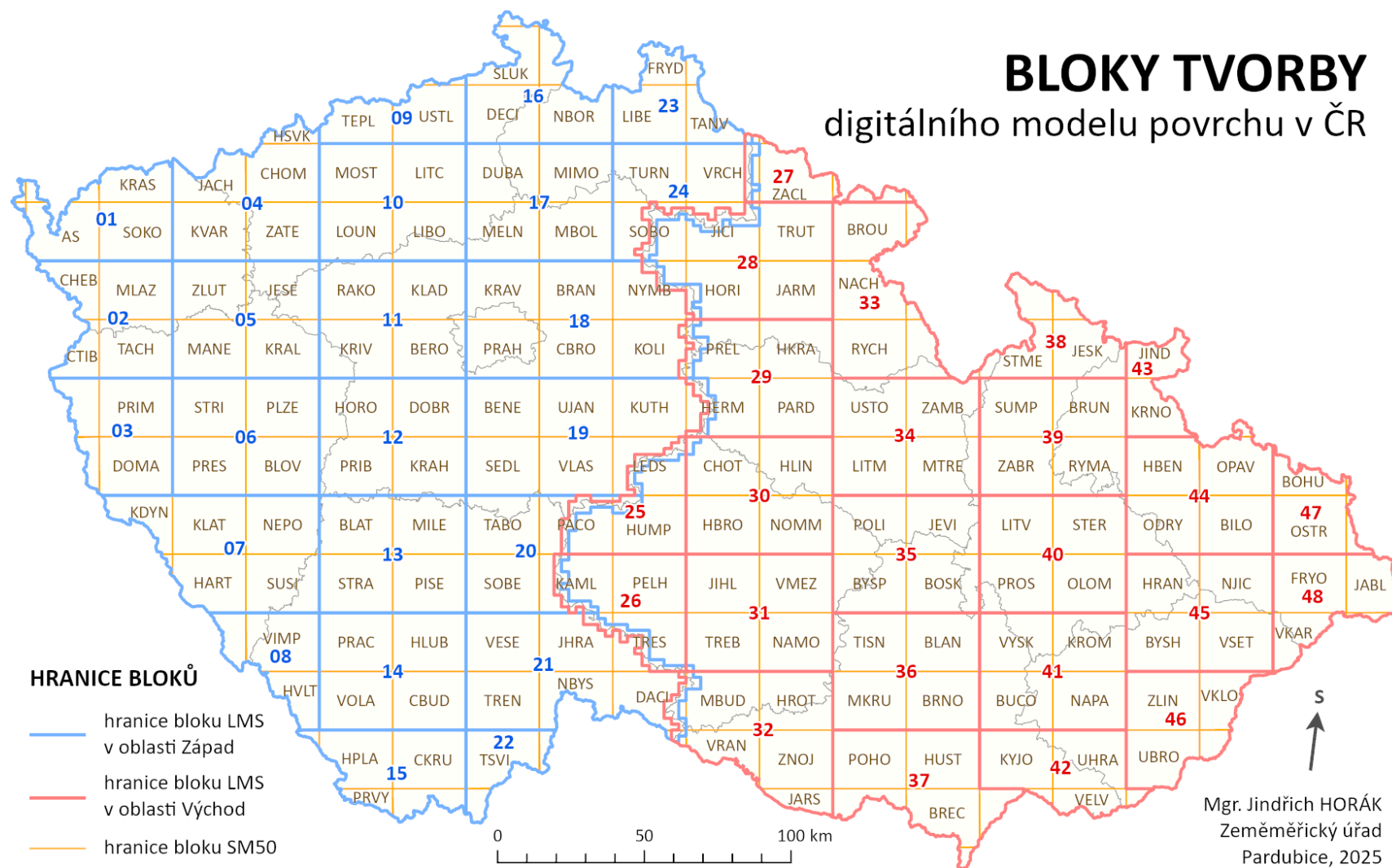
Zeměměřický odbor Pardubice, Oddělení správy dat a vývoje

Bečov nad Teplou, 16. října 2025

Základní informace

- Digitální model **povrchu** (DMP)
 - Průběh **georeliéfu** s **přírodními** i **antropogenními objekty** na něm se nacházejícími
- Obrazová korelace
 - Automatizované vyhledání **odpovídajících si bodů** na dvou či více **překrývajících se subobrazech**
 - → Určení **výšky** každého zkoumaného **bodu** nad referenční rovinou
- Tvorba od roku **2024**
- Totožné snímky jako pro **Ortofoto České republiky**
 - GSD: 12,5 cm/px
 - ± 65 % podélný překryt, ± 35 % příčný překryt
- Esri nFrames SURE Aerial 2025.2.3 → (Esri ArcGIS Reality Studio – 2026?)





SURE Aerial: Vstup a výstup

- **Vstup**

- LMS po automatické analytické aerotriangulaci (AAT)
 - celý Trimble Inpho projekt s navázanými snímky, s prvky vnitřní i vnější orientace po AAT
- Vrstva 3D vodních těles bez mostů – k opravě vodních ploch a toků
- Vrstva ohraničení daného bloku LMS – pro ořez

- **Výstup**

- DMP jako obarvené (RGBI) bodové mračno
 - Pravidelná síť bodů
 - Ve čtvercových dlaždicích
 - GSD: 20 cm mezi body
- „Pravé“ ortofoto (True Orthophoto) jako vedlejší produkt
- (2,5D texturovaná mesh, 3D texturovaná mesh)

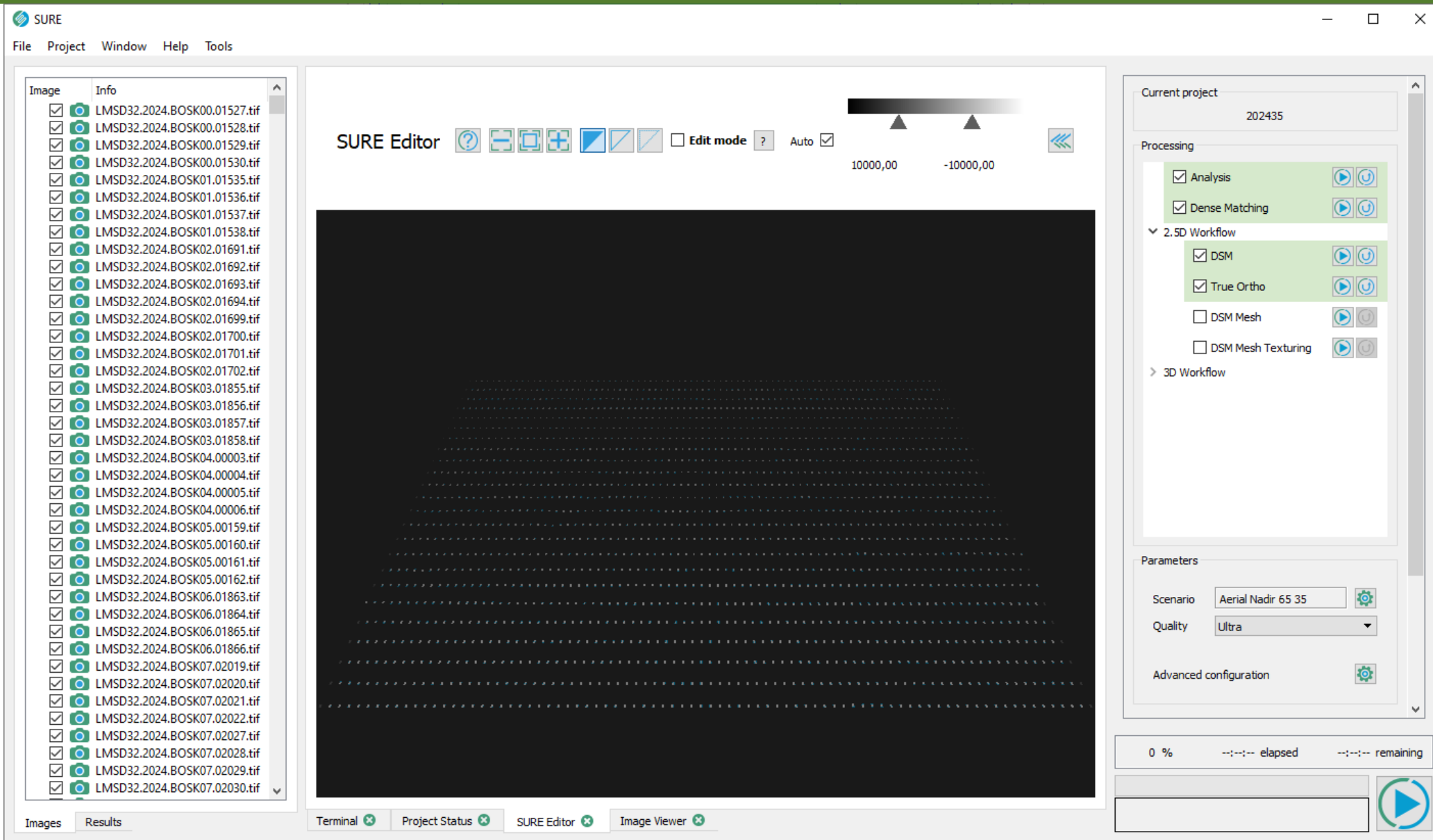
Hardware

CPU:	AMD EPYC 9274F 24-Core Processor 4.05 GHz
GPU:	NVIDIA GeForce RTX 4090
RAM:	384 GB
SSD kapacita:	38,4 TB
System:	Microsoft Windows Server 2022 Standard

SURE Aerial: Parametry

Scénář:	AERIAL_NADIR
Podélný překryt snímků:	65 %
Příčný překryt snímků:	35 %
Délka strany dlaždice:	1 000 m
GSD:	0,2 m
Kvalita zpracování:	ULTRA

SURE Aerial: Grafické rozhraní



SURE Aerial: GUI – Project Status

202447

Basepath: [D:/Kopie/SURE/02_SURE_projekty/202447](#)

Dense Matching

Analysis

FINISHED

Dense Matching

FINISHED

2.5D Workflow

DSM

FINISHED

True Ortho

FINISHED

DSM Mesh

DSM Mesh Texturing

2024: DSM Creating Tool GUI

DSM Creating Tool

Year:
2024

Block:
39

SURE Input Data Preparation

SURE Processing

Calculate Total SURE Processing Time

Create LAZ Index (LAX) Files

Create Tiles Overview Shapefile

Create Raw DSM in SM2,5 Blocks

Repair Holes

Classify Raw DSM

Set LAZ File Header



DSM Creating Tool
CMD & Python & SURE & Lastools

© 2024
Czech Land Survey Office
Mgr. Jindřich HORÁK

Calculate Total SURE Processing Time completed.

```
CALCULATE TOTAL SURE PROCESSING TIME
-----
folder: 202439
2024-Oct-31 12:11:42 12.0/383.7GB 100020000 [SURE] Started
2024-Oct-31 12:11:42 12.0/383.7GB 120020000 [Project Generator] Started
2024-Oct-31 12:11:42 12.0/383.7GB 120030019 [Image File Existence Checking] Started
2024-Oct-31 12:11:43 12.0/383.7GB 120030019 [Image File Existence Checking] Finished in 1.30 s
2024-Oct-31 12:11:43 12.0/383.7GB 120030019 [Orientation File Writing] Started
2024-Oct-31 12:11:44 12.0/383.7GB 120030019 [Orientation File Writing] Finished in 0.48 s
2024-Oct-31 12:11:44 12.0/383.7GB 120030019 [Orientation File Logging] Started
2024-Oct-31 12:11:45 11.9/383.7GB 120030019 [Orientation File Logging] Finished in 1.48 s
2024-Oct-31 12:11:46 12.0/383.7GB 10020000 [Preparation] Started
2024-Nov-01 04:26:54 11.5/383.7GB 10090000 [Preparation] Finished in 16 hours 15 minutes 7.81 seconds = 58507.81s
2024-Nov-01 04:26:54 11.5/383.7GB 120090000 [Project Generator] Finished in 16 hours 15 minutes 12.09 seconds = 58512.09s
2024-Nov-01 04:27:01 11.5/383.7GB 130020000 [Analysis] Started
2024-Nov-01 04:27:01 11.5/383.7GB 134020000 [Analysis Triangulation] Started
2024-Nov-01 04:53:24 13.3/383.7GB 134090000 [Analysis Triangulation] Finished in 0 hours 26 minutes 22.76 seconds = 1582.76s
2024-Nov-01 05:17:34 21.2/383.7GB 130090000 [Analysis] Finished in 0 hours 50 minutes 33.3 seconds = 3033.30s
2024-Nov-01 05:17:35 21.3/383.7GB 140020000 [Dense Matching] Started
2024-Nov-03 20:54:35 30.0/383.7GB 140090000 [Dense Matching] Finished in 2 days 15 hours 37 minutes 0.34 seconds = 229020.34s
2024-Nov-03 20:54:35 30.0/383.7GB 170020000 [2.5D Workflow] Started
2024-Nov-03 20:54:36 28.3/383.7GB 171020000 [DSM] Started
2024-Nov-04 00:43:42 31.7/383.7GB 171090000 [DSM] Finished in 3 hours 49 minutes 5.98 seconds = 13745.98s
2024-Nov-04 00:43:43 31.1/383.7GB 173020000 [DSM Extender] Started
2024-Nov-04 07:23:55 34.5/383.7GB 173090000 [DSM Extender] Finished in 6 hours 40 minutes 12.27 seconds = 24012.27s
2024-Nov-04 07:23:56 34.4/383.7GB 172020000 [True Ortho] Started
2024-Nov-05 03:36:39 27.1/383.7GB 172090000 [True Ortho] Finished in 20 hours 12 minutes 43.02 seconds = 72763.02s
2024-Nov-05 03:36:39 27.1/383.7GB 170090000 [2.5D Workflow] Finished in 1 days 6 hours 42 minutes 3.73 seconds = 110523.73s
2024-Nov-05 03:36:39 27.1/383.7GB 100090000 [SURE] Finished in 4 days 15 hours 24 minutes 57.17 seconds = 401097.17s

TOTAL TIME OF PROCESSING: 4 days 15 hours 24 minutes 57.17 seconds = 401097.17s
log_time_of_processing.txt successfully created for project 202439 !
-----
=====END OF SCRIPT!=====
time elapsed: 0:00:00.250092
-----
=====
```

2025: CMD Launcher

```
__CMD_LAUNCHER_running

=====
----- / | DSM CREATING TOOL
 / / | CMD & Python & SURE & Lastools
 / \ / |
----- -- |
          | Mgr. Jindrich HORAK
          | Czech Land Survey Office, 2025
          |
=====

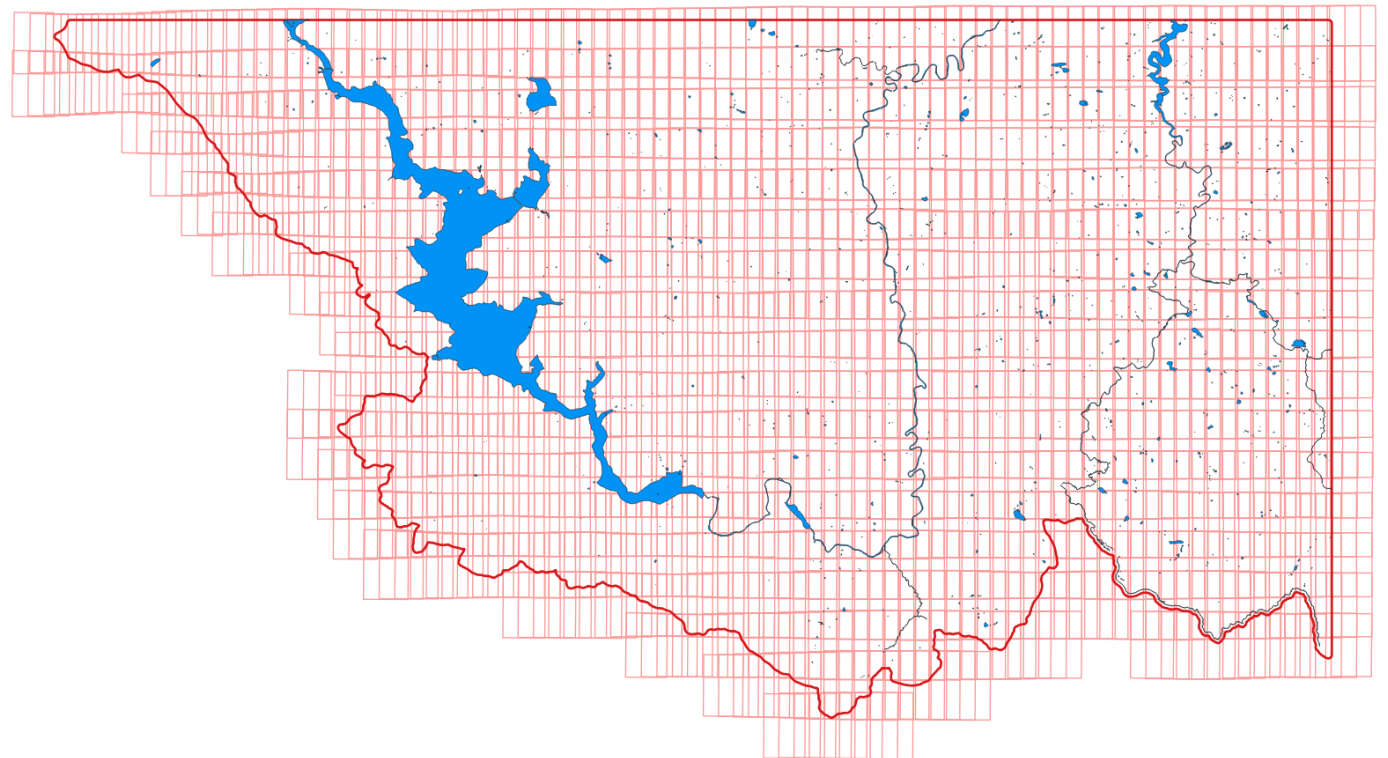
Enter year: 2025
Enter block number: 15

*****
MAIN MENU

1: SURE Input Data Preparation
2: SURE Processing
3: Calculate Total SURE Processing Time
4: LASTools Postprocessing
5: Repair Holes
6: Classify Ground and Set GPS Time
7: Classify Buildings and Vegetation
99: Exit!
*****

Enter a number of operation you want to run: _
```

- 1: SURE Input Data Preparation
 - Automatická příprava pomocných vstupních dat
 - Vrstva ohraničení daného bloku LMS
 - Vrstva 3D vodních těles bez mostů
 - Vrstva footprintů vstupních LMS
 - Vrstva budov, vegetace a mostů



SURE Processing

- 2: SURE Processing

- Samotný SURE Aerial
 - Automatické nastavení všech parametrů
 - Automatické vložení pomocných vstupních dat z předchozího kroku

```
sure.exe -p ..\02_SURE_projekty\202443 -o ..\01_Inpho_projekty\LMSD32_202443_AAT_SJTSK_BPV_v13.prj -s AERIAL_NADIR 65  
35 -t 1000 --gsd 0.2 -w ..\00_Service_data\water\202443\202443_zabaged_water.shp -A ..\00_Service_data\extent\202443\2  
02443.shp -q ULTRA --gpu --no-update --ignore-earth-curvature --no-dsm-mesh --no-dsm-mesh-texturing --no-point-cloud -  
-no-mesh  
  
-----  
SURE - Photogrammetric Surface Reconstruction  
-----  
  
Version 5.2.6, Dec 08 2023  
  
Valid license found - SURE Aerial - Arcdata Praha: Zememěrický Úrad  
  
Using D:/Kopie/SURE/00_Service_data/water/202443/202443_zabaged_water.shp as water body shapefile.  
Warning: At least one of the coordinate systems contained in the shapefile does not match the input coordinate system.  
One of these coordinate systems is either undefined or local. Continuing with the processing could lead to no results  
being produced.  
Using ..\00_Service_data\extent\202443\202443.shp as area shapefile.  
Started orientation file reading  
Finished orientation file reading in 0.01 s  
706 orientations successfully initialized.  
Warning: At least one of the coordinate systems contained in the shapefile does not match the input coordinate system.  
One of these coordinate systems is either undefined or local. Continuing with the processing could lead to no results  
being produced.  
  
Preparing image orientations ...  
  
-----  
Started image file existence checking  
Finished image file existence checking in 0.53 s  
Started orientation file writing  
Finished orientation file writing in 0.11 s  
Started orientation file logging  
Finished orientation file logging in 0.56 s  
Warning: At least one of the coordinate systems contained in the shapefile does not match the input coordinate system.  
One of these coordinate systems is either undefined or local. Continuing with the processing could lead to no results  
being produced.  
  
CUDA device found, GPU will be used for processing  
  
Orientation preparation completed.  
  
-----
```

Výpočet celkového času zpracování v SURE

- 3: Calculate Total SURE Processing Time

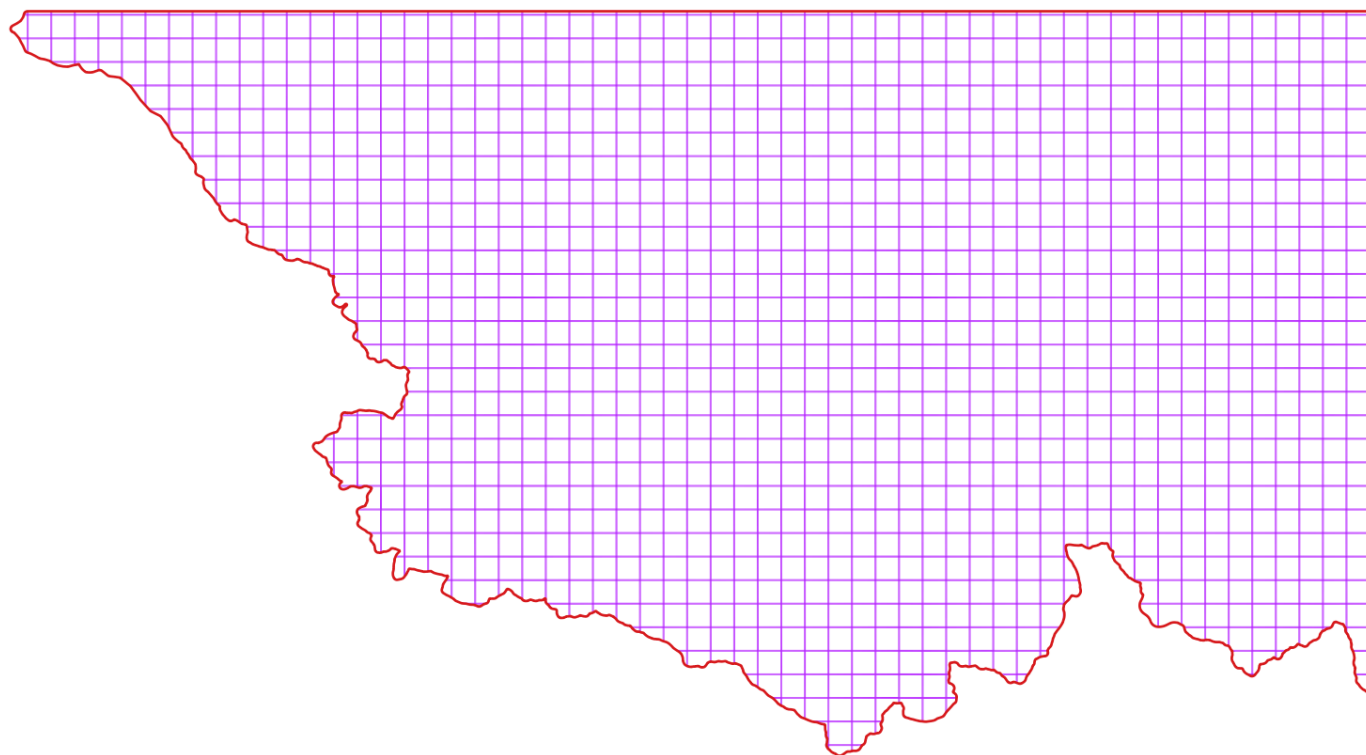
- Vytvoření nového logu
- Pouze časové informace dílčích procesů – začátky a konce, doba trvání
- Výpočet celkového času

```
2025-Sep-02 07:16:04 61.7/383.7GB 100020000 [SURE] Started
2025-Sep-02 07:16:04 61.7/383.7GB 120020000 [Project Generator] Started
2025-Sep-02 07:16:04 61.7/383.7GB 120030019 [Image File Existence Checking] Started
2025-Sep-02 07:16:04 61.7/383.7GB 120030019 [Image File Existence Checking] Finished in 0.09 s
2025-Sep-02 07:16:04 61.7/383.7GB 120030019 [Orientation File Writing] Started
2025-Sep-02 07:16:05 61.8/383.7GB 120030019 [Orientation File Writing] Finished in 0.55 s
2025-Sep-02 07:16:05 61.8/383.7GB 120030019 [Orientation File Logging] Started
2025-Sep-02 07:16:05 61.8/383.7GB 120030019 [Orientation File Logging] Finished in 0.20 s
2025-Sep-02 07:16:06 60.9/383.7GB 10020000 [Preparation] Started
2025-Sep-03 20:09:08 91.3/383.7GB 10090000 [Preparation] Finished in 1 days 12 hours 53 minutes 2.15 seconds = 132782.15s
2025-Sep-03 20:09:08 91.4/383.7GB 120090000 [Project Generator] Finished in 1 days 12 hours 53 minutes 4.16 seconds = 132784.16s
2025-Sep-03 20:09:20 83.5/383.7GB 130020000 [Analysis] Started
2025-Sep-03 20:09:21 82.5/383.7GB 134020000 [Analysis Triangulation] Started
2025-Sep-03 20:49:40 68.4/383.7GB 134090000 [Analysis Triangulation] Finished in 0 hours 40 minutes 19.87 seconds = 2419.87s
2025-Sep-03 21:12:28 76.6/383.7GB 130090000 [Analysis] Finished in 1 hours 3 minutes 7.97 seconds = 3787.97s
2025-Sep-03 21:12:29 78.8/383.7GB 140020000 [Dense Matching] Started
2025-Sep-06 23:54:08 20.0/383.7GB 140090000 [Dense Matching] Finished in 3 days 2 hours 41 minutes 39.47 seconds = 268899.47s
2025-Sep-06 23:54:08 20.0/383.7GB 170020000 [2.5D Workflow] Started
2025-Sep-06 23:54:09 20.1/383.7GB 171020000 [DSM] Started
2025-Sep-07 05:06:18 21.0/383.7GB 171090000 [DSM] Finished in 5 hours 12 minutes 9.11 seconds = 18729.11s
2025-Sep-07 05:06:21 20.4/383.7GB 173020000 [DSM Extender] Started
2025-Sep-07 10:51:57 22.6/383.7GB 173090000 [DSM Extender] Finished in 5 hours 45 minutes 35.58 seconds = 20735.58s
2025-Sep-07 10:51:58 22.8/383.7GB 172020000 [True Ortho] Started
2025-Sep-08 09:14:32 18.6/383.7GB 172090000 [True Ortho] Finished in 22 hours 22 minutes 34.34 seconds = 80554.34s
2025-Sep-08 09:14:32 18.6/383.7GB 170090000 [2.5D Workflow] Finished in 1 days 9 hours 20 minutes 23.7 seconds = 120023.70s
2025-Sep-08 09:14:32 18.6/383.7GB 100090000 [SURE] Finished in 6 days 1 hours 58 minutes 27.69 seconds = 525507.69s
```

TOTAL TIME OF PROCESSING: 6 days 1 hours 58 minutes 27.69 seconds = 525507.69s

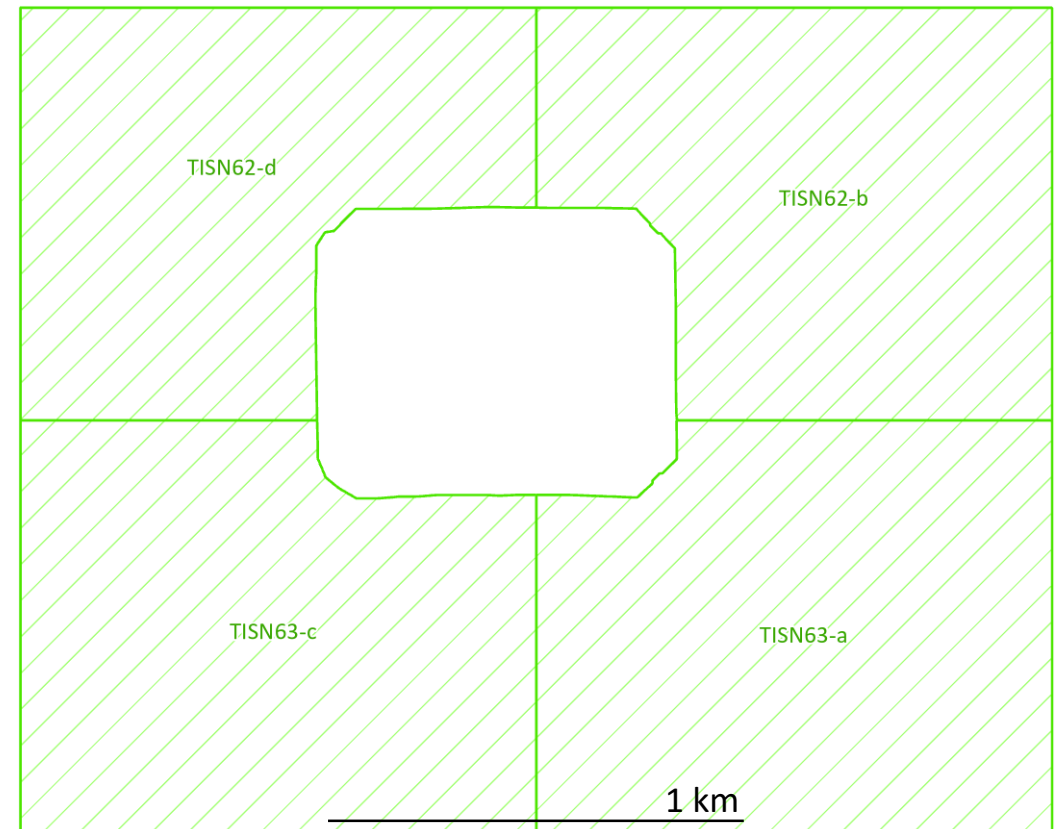
- **4: LAStools Postprocessing**

- Úpravy surového bodového mračka (LAZ) ze SURE
 - Rescale, reoffset, set version 1.4, set global encoding
 - Index surových LAZ souborů
 - Intensity into NIR, intensity to 0
 - Retile – převedení na dlaždice s „celotísícovými“ souřadnicemi
 - Index převedených LAZ souborů
- Vytvoření vrstvy ohraničení všech dlaždic



- **5: Repair Holes**

- Z neznámého důvodu se v mračnu na náhodném místě může vyskytnout **díra**
- Díra nevznikne, jestliže je obrazová korelace v SURE spuštěna z malého počtu snímků
- **Oprava**
 - Vyhledání možných děr v mračnu bodů → vyhledání dotčených dlaždic → vyhledání příslušných snímků → nové SURE zpracování
 - Totožný LAStools postprocessing
 - Nahrazení dlaždic s dírou opravenými dlaždicemi



Klasifikace terénu a přiřazení GPS času

- 6: Classify Ground and Set GPS Time

- Klasifikace do tříd definovaných ASPRS a standardizovaných podle OGC

- Klasifikace **terénu** – s využitím DMR 5G

- DMP ± 2 m kolem DMR 5G → **terén**
- DMP **níže než -2 m** od DMR 5G → **nízký bod**
- DMP **výše než +355 m** od DMR5G → **vysoký bod** (nestává se)

- Klasifikace **mostů**

- Body **uvnitř SHP vrstvy mostů** (ze ZTM 5) → **most/mostovka**

- **GPS čas**

- Každé dlaždici je přiřazen **čas pořízení nejbližšího snímku**
- V podobě **Adjusted** GPS Time

Číslo třídy	Anglický název	Český název
1	Unclassified	Neklasifikováno
2	Ground	Terén
5	High Vegetation	Vysoká vegetace
6	Building	Budova
7	Low Point (noise)	Nízký bod a šum
9	Water	Voda
17	Bridge Deck	Most/mostovka

- 7: Classify Buildings and Vegetation

- Klasifikace **budov**
 - Body **uvnitř** SHP vrstvy budov → budova
- Klasifikace **vegetace**
 - První krok – body **uvnitř** SHP vrstvy vegetace → vysoká vegetace
 - Druhý krok – dedikovaný **nástroj** pro klasifikaci vegetace z LAStools → vysoká vegetace

Číslo třídy	Anglický název	Český název
1	Unclassified	Neklasifikováno
2	Ground	Terén
5	High Vegetation	Vysoká vegetace
6	Building	Budova
7	Low Point (noise)	Nízký bod a šum
9	Water	Voda
17	Bridge Deck	Most/mostovka

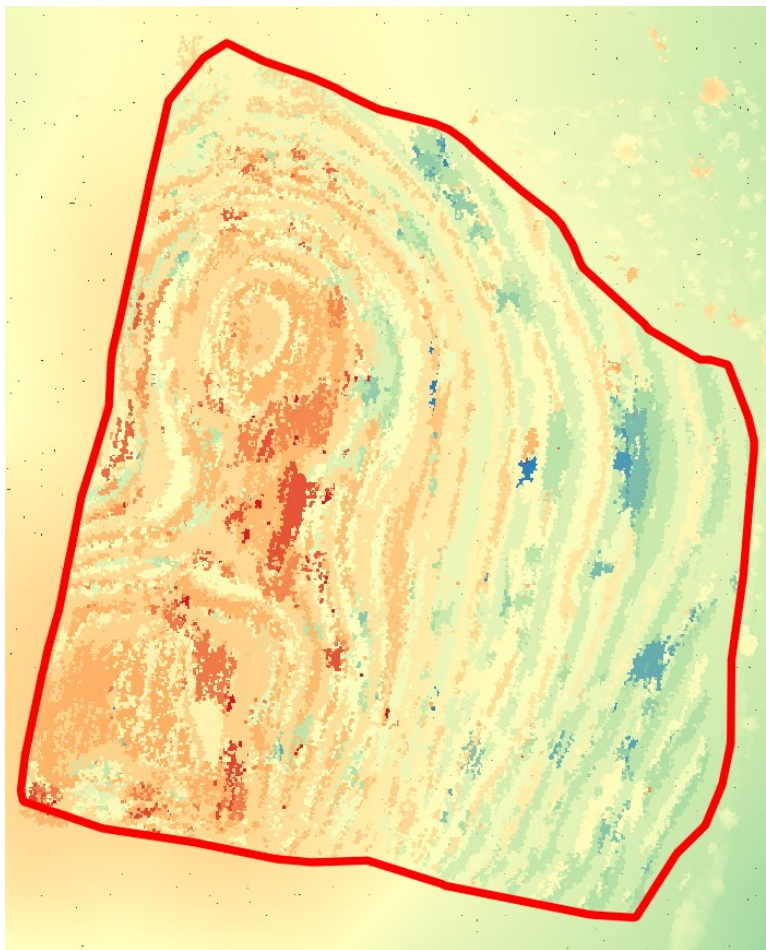
Oprava vybraných homogenních povrchů

- Obrazová korelace **selhává** na velmi **homogenních** površích
 - Zemědělská pole s problematickými kulturami – **brambory**, ječmen
 - Obrazová korelace selhává v **pravidelných řádcích** (precizní zemědělství) **bramborových polí**
 - Selhává ve vyhledání pozice odpovídajících si bodů na překrývajících se snímcích
 - **Oprava je možná** v místech, kde se hodnoty **DMP** a **DMR shodují** v rámci zvolené tolerance
- Poloautomatické zpracování



- **Oprava problematického místa**
 - **Chybná** souřadnice Z všech „neterénních“ bodů → nastavena na **nulu**
 - Vygenerování **DMR** (TIN) z „terénních“ bodů
 - **Nová** souřadnice Z pro „neterénní“ body → nastavena z vygenerovaného **DMR**

Oprava vybraných homogenních povrchů



Formáty

- **Bodové mračno (LAZ)**
 - Pravidelná síť bodů
 - GSD **20 cm** (horizontální a vertikální vzdálenost mezi body)
- **Rastr (TIF + TFW)**
 - Interpolovaný z bodového mračna pomocí **PDAL** + GDAL knihoven
 - GSD **50 cm**
 - Bezztrátová LZW komprese
 - 12 úrovní interních pyramid

Souřadnicové systémy

- **S-JTSK/Bpv**
 - Český národní souřadnicový systém
 - EPSG: 5514 & 8357
 - Publikováno v dlaždicích o rozměru **2,5 × 2 km**
- **ETRS89-TM33N/EVRS**
 - Evropský souřadnicový systém
 - EPSG: 3045 & 5621
 - Publikováno v dlaždicích o rozměru **2 × 2 km**

Bodové mračno s RGB hodnotami



1,5 × 1 km

Klasifikované bodové mračno

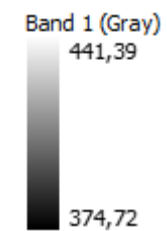


Color	Value	Legend
☒	1	Unclassified
☒	2	Ground
☒	5	High Vegetation
☒	6	Building
☒	7	Low Point (Noise)
☒	9	Water
☒	17	Bridge Deck

Rastrový DMP



1,5 × 1 km



Stínovaný model rastrového DMP



1,5 × 1 km

TrueOrthophoto



1,5 × 1 km

CIR TrueOrthophoto

```
lasgrid.exe  
-i ... .laz  
  
-scale_RGB_down  
-scale_NIR_down  
  
-copy_NIR_into_register 1  
-copy_R_into_register 2  
-copy_G_into_register 3  
-copy_register_into_R 1  
-copy_register_into_G 2  
-copy_register_into_B 3  
  
-rgb  
-step 0.2  
  
-o ... .tif
```

1,5 × 1 km



Děkuji za Vaši pozornost!



Mgr. Jindřich HORÁK

jindrich.horak@cuzk.gov.cz

Zeměměřický odbor Pardubice

Oddělení správy dat a vývoje