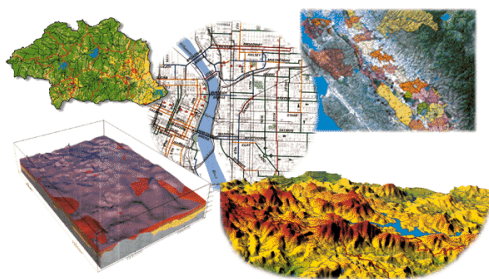
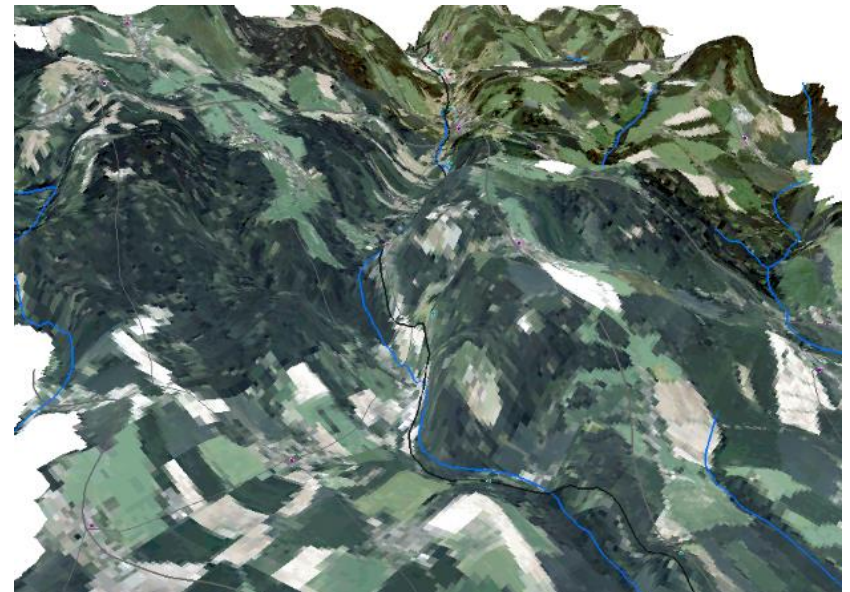
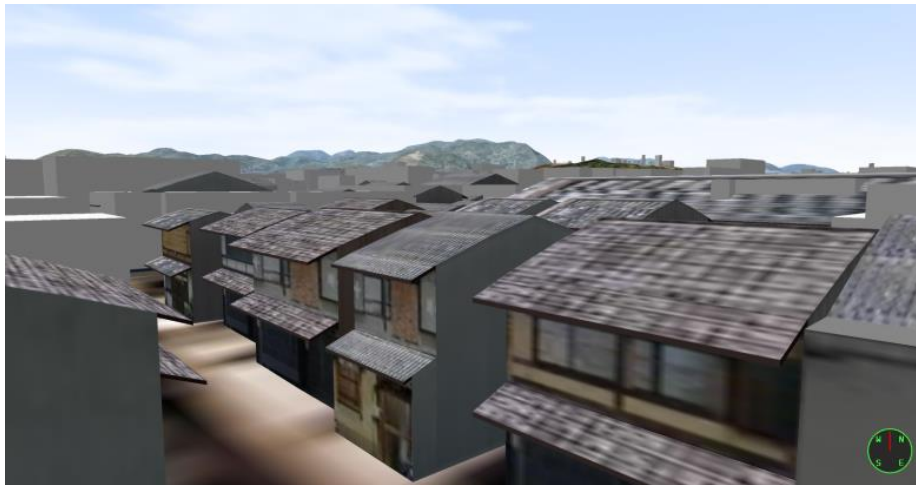
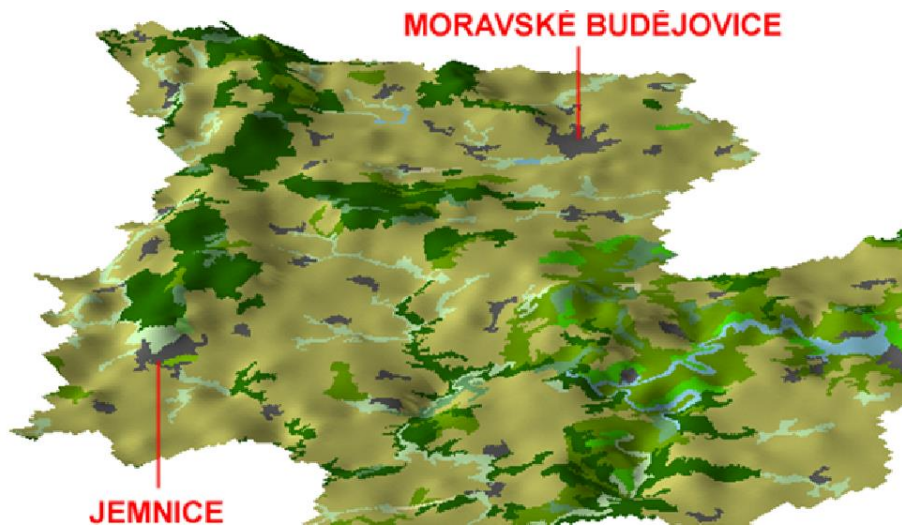


3D MAPY – V ČEM JSOU FAJN A PROČ OBČAS NEFUNGUJÍ



Mgr. Radim Štampach, Ph.D.
Geografický ústav
Přírodovědecká fakulta
Masarykova univerzita

Co znamená 3D?



Co znamená 3D?

Dimenze

- Topologické dimenze (EN: Coordinate dimension) – počet hodnot (nebo os) nutných k jednoznačnému určení polohy v souřadnicovém systému
- Bod má topologickou dimenzi 0, přímka 1, rovina 2...

3D prvek

- **Těleso charakterizované 3 osami a mající určitý objem**

Kolik těch D vlastně je?

2D data – definovaná dvěma osami (hodnotami)

2,5D data –

- 2D data, výška je reprezentována třetí osou
- dvojici souřadnic X, Y náleží jen jedna hodnota výšky
- může být využito k výpočtům plochy, ale nikoliv objemu
- nemohou být modelovány např. kolmé stěny nebo převisy

3D data – pokud je možné uložit více než jednu hodnotu výšky Z pro každou dvojici souřadnic X, Y (Cho, 2008)

4D data – 3D prostor + čas

Proč by měla mít mapa třetí D?

- Klasická papírová mapa = 2 rozměry
 - 3D mapa = má navíc i výšku
 - Na počítači to jde snadněji než na papíře.
 - K čemu je to dobré?
-
- Jak bude vypadat nový dům nebo čtvrť ve svém okolí?
 - Odkud bude nový dům vidět, komu zakryje výhled?
 - Kam dosáhne voda při povodni?
 - Jak vypadal hrad nebo město ve středověku?
 - ...

Odkud máme data o výšce?



DPZ = „dálkový průzkum Země“

= snímání Země z družic, letadel nebo třeba z dronů.

Co lze použít:

- fotografie
- radar
- laser

Odkud máme data o výšce?

Málokdy má ale smysl vyslat letadlo nebo družici.

Terénní mapování

Co lze použít? Podle toho, jako chceme přesnost:

- geodetické vyměřování
- geodetické GPS přístroje
- turistické GPS navigace

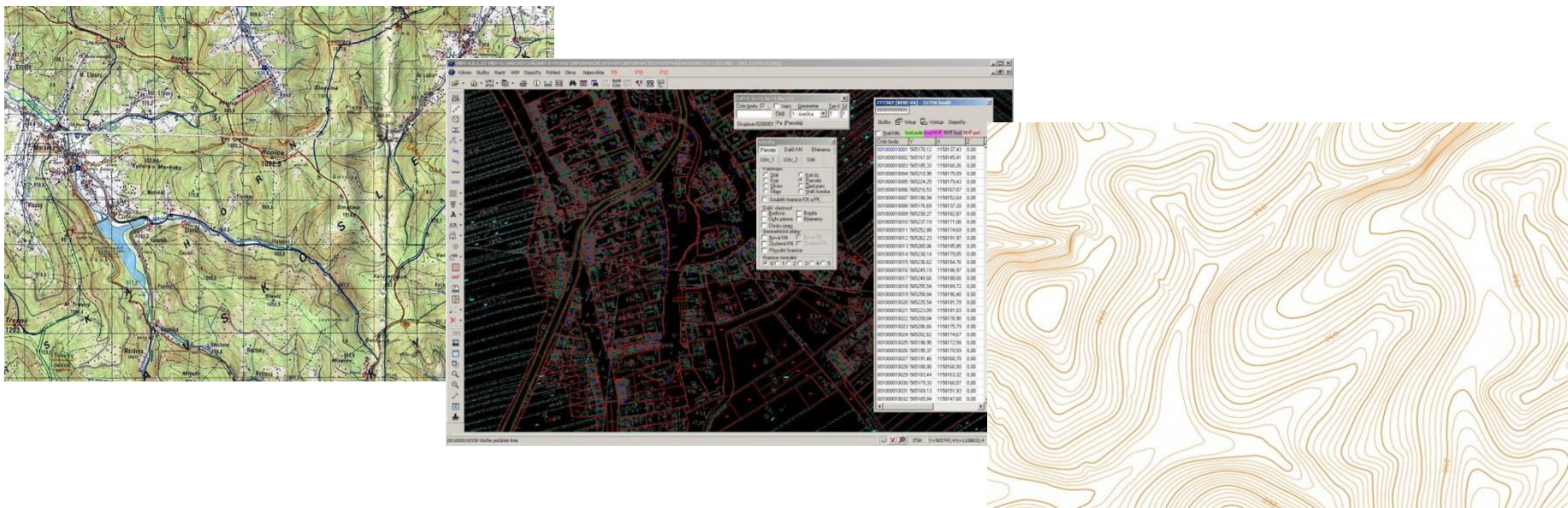


Odkud máme data o výšce?

Ne vždy potřebujeme geodetickou přesnost.

Digitalizace a vektorizace

- Naskenuje se papírová mapa
- V počítačovém programu se obkreslí vrstevnice



DEM, DMP, DSM, DMR, DMT, DTM...

Digitální výškový model – digital elevation model (DEM)

- model reliéfu pracující výhradně s nadmořskými výškami bodů
- nadřazený pojem k modelu povrchu a modelu reliéfu

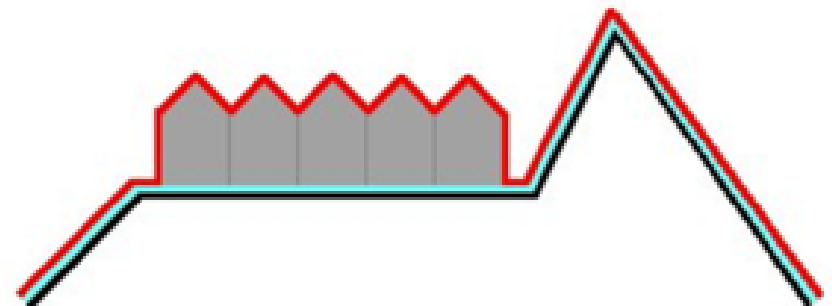
Digitální model povrchu (DMP) – digital surface model (DSM)

- povrch i s objekty na něm – domy, stromy...
- právě tohle většinou měří družice a letadla

Digitální model reliéfu/terénu (DMR, DMT) – digital terrain model (DTM)

- pouze povrch bez objektů na něm (bez budov, stromů...)
- vzniká z modelu povrchu odstraněním nadzemních objektů

DSM
DTM

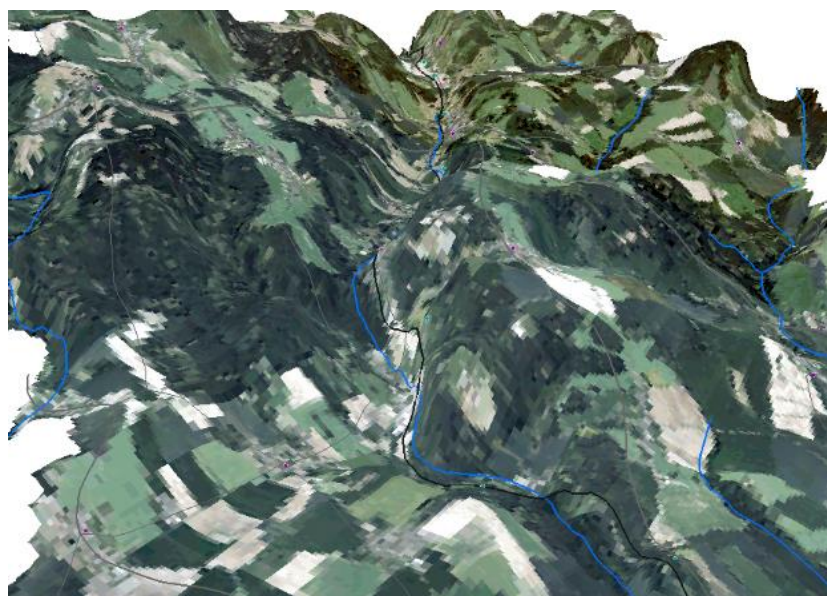
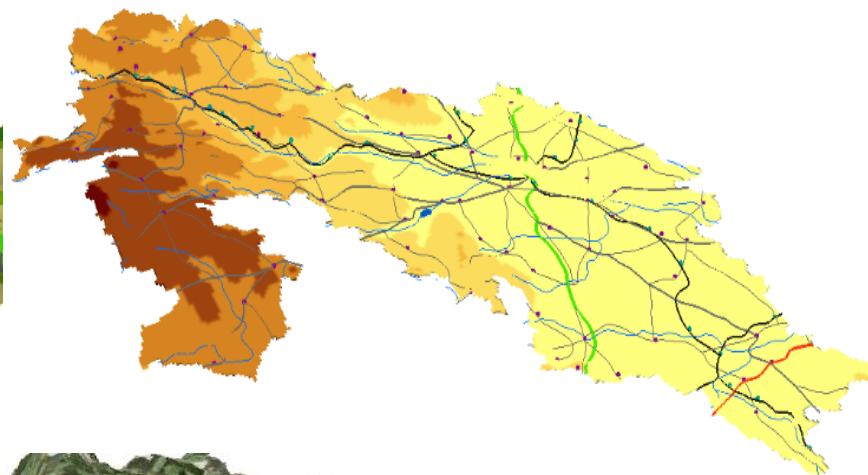
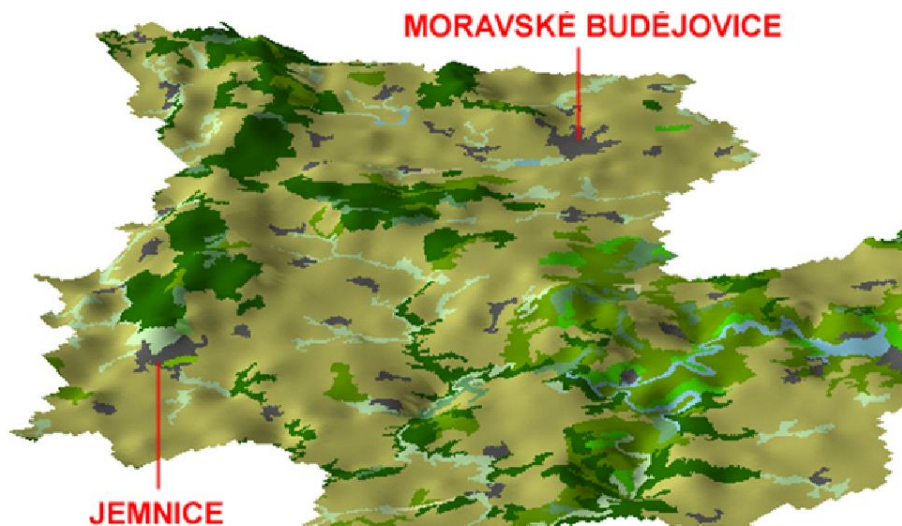


Některé typy 3D modelů

Máme data o výšce – můžeme tvořit 3D modely.

- **Modely povrchu terénu**
 - znázorňují výškovou členitost terénu
 - „zprohýbaná papírová mapa“
- **Modely budov a měst**
 - znázorňují objekty na povrchu – budovy, stromy...

Modely povrchu terénu

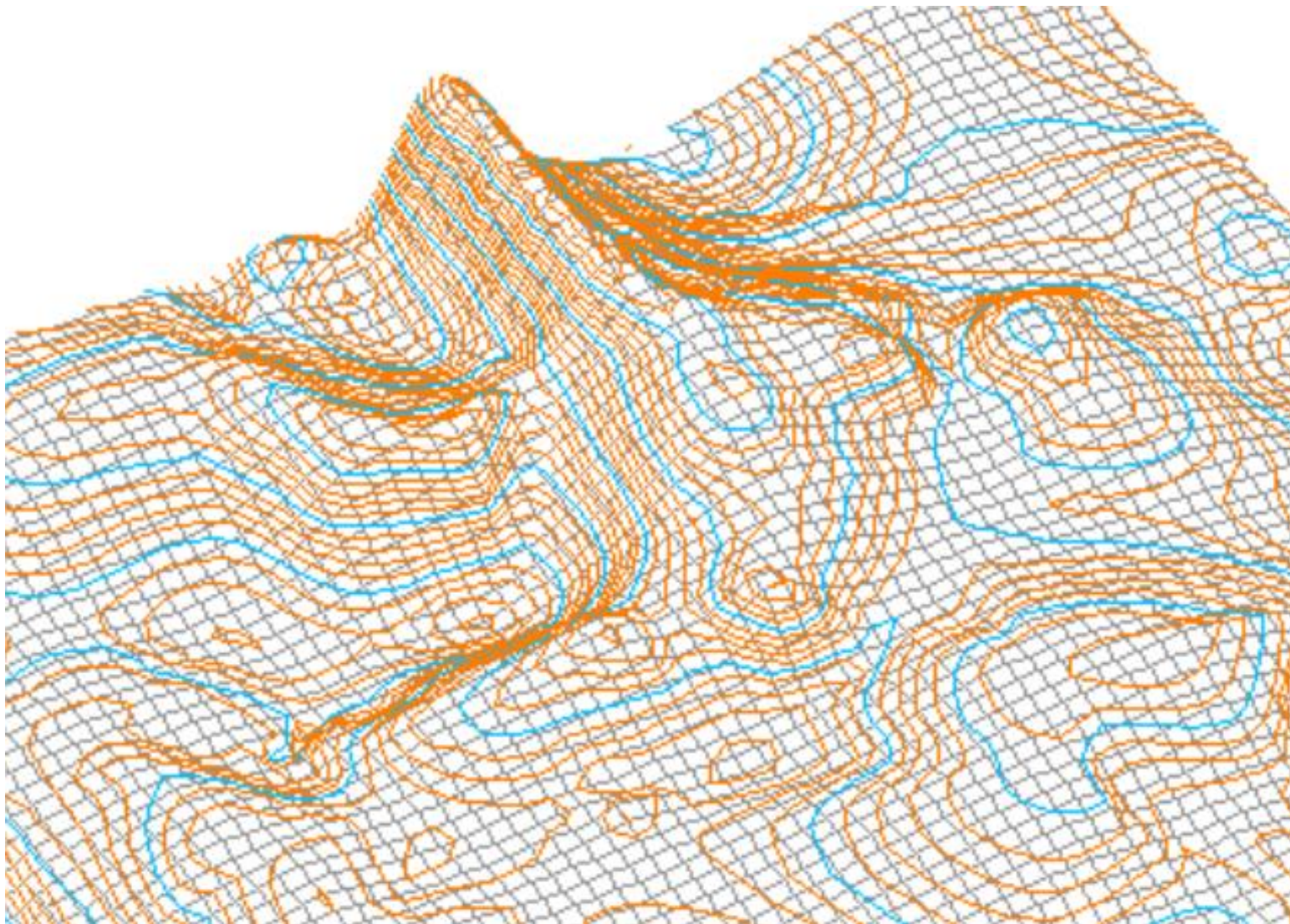


Modely povrchu terénu

Model se vždy skládá z malých plošek:

- **čtverce** – typ GRID (ang. „mřížka“)
 - všechny jsou stejně velké
 - středy čtverců z nich má nastavenou výšku
- **trojúhelníky** – typ TIN (ang. triangulated irregular network)
 - každý jinak velký
 - výšku mají nastavenou vrcholy trojúhelníků

Model povrchu typu GRID – „mřížka“



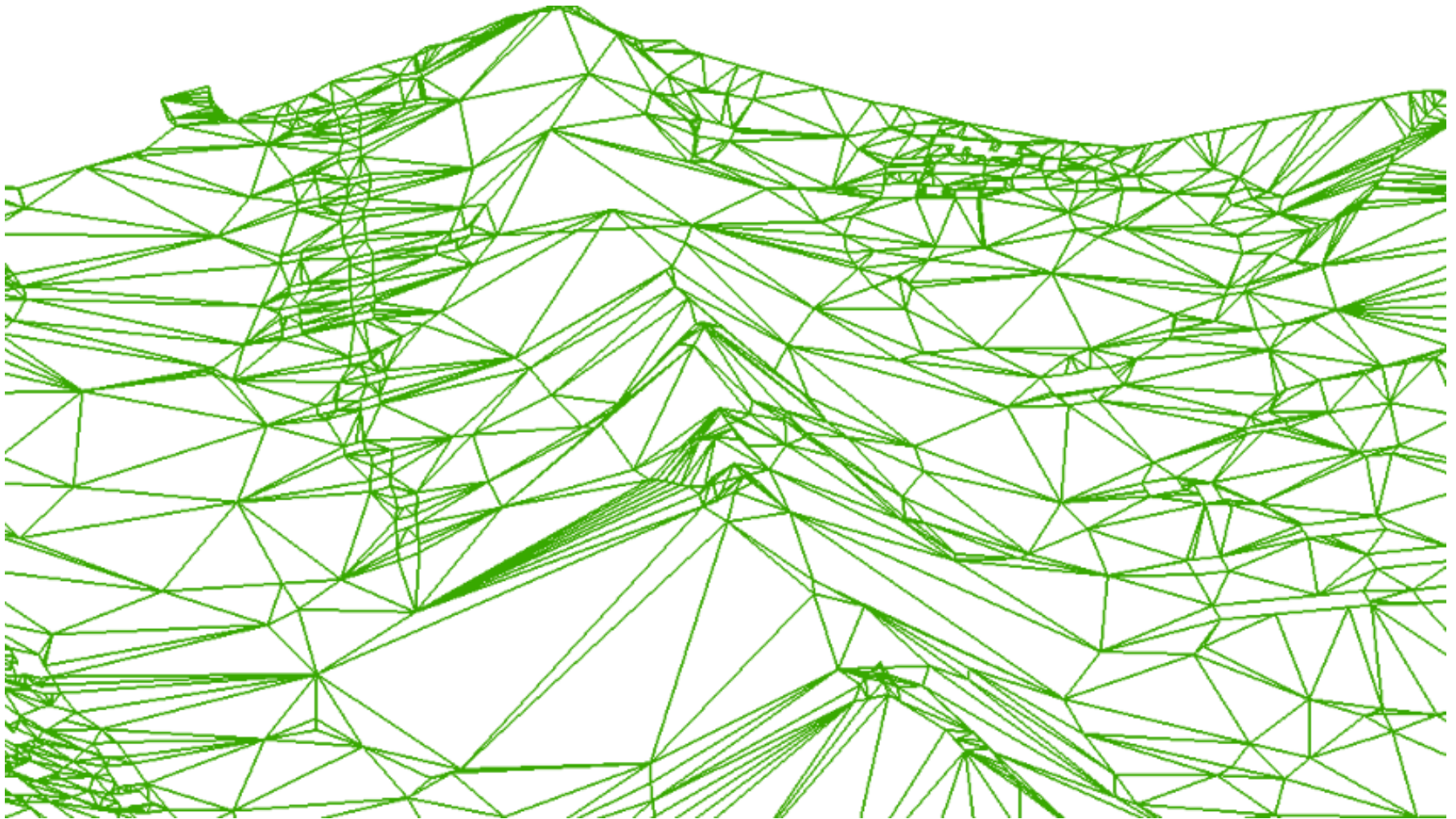
Model povrchu typu GRID – „mřížka“

- Rastrový formát modelu povrchu
- Území je rozděleno na pravidelné plošky (čtverce) – „mřížka“
- Každý čtverec má nastavenou určitou hodnotu – měla by to být průměrná výška v tomto čtverci

Model povrchu typu GRID – „mřížka“

- Nejčastější způsob reprezentace modelu terénu
- Ideální pro data z družic a letadel – např. fotografie jsou taky pravidelné rastry
- Nároky na paměť – velký objem dat
- Pravidelná struktura – jednoduché výpočty

Model povrchu typu TIN – „trojúhelníky“



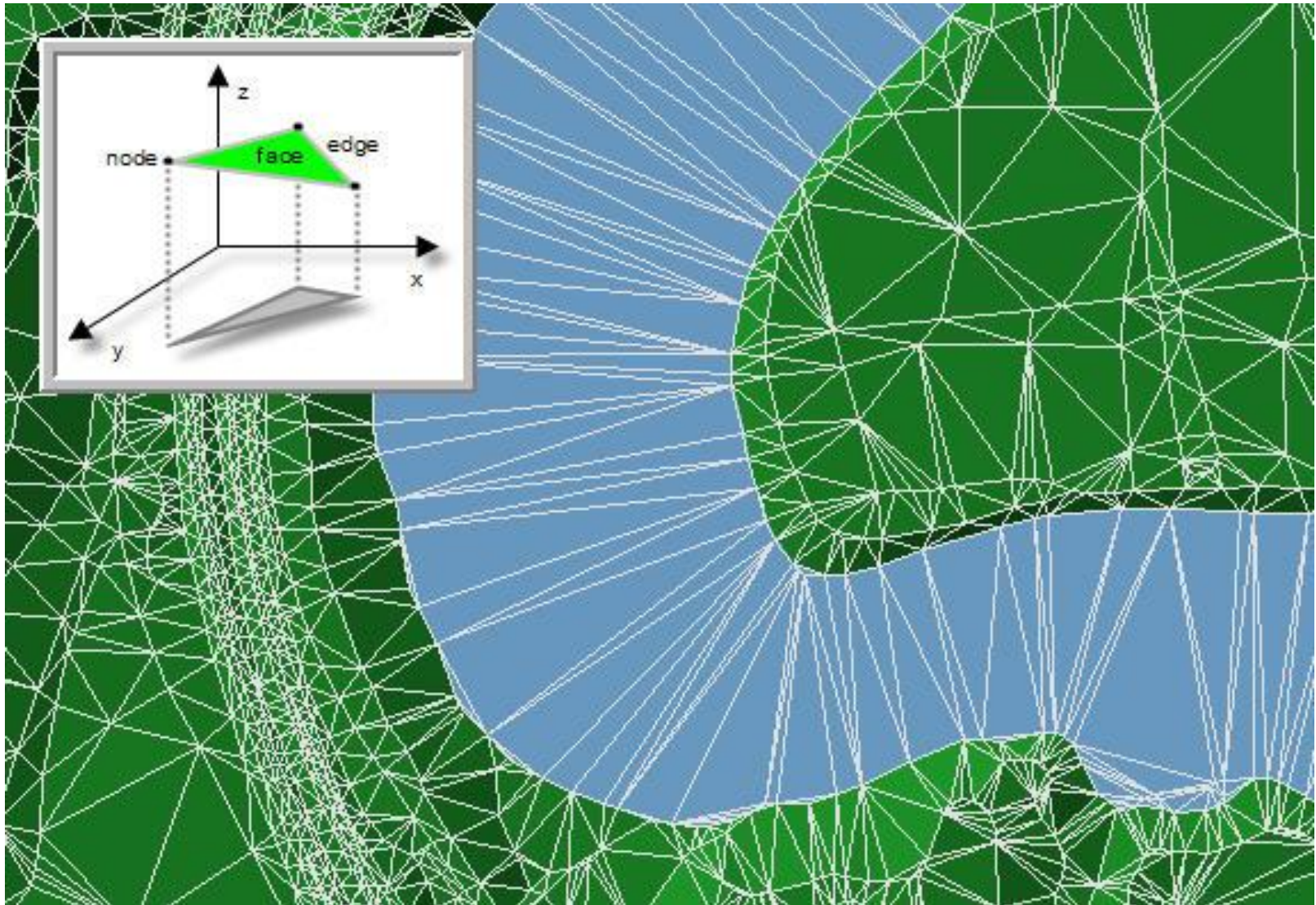
Model povrchu typu TIN – „trojúhelníky“

- Vektorový formát modelu povrchu
- TIN – „Triangulated Irregular Networks“
- Základem jsou trojúhelníkové elementy – „facety“ – s vrcholy odpovídajícími bodům se známou výškou

Model povrchu typu TIN – „trojúhelníky“

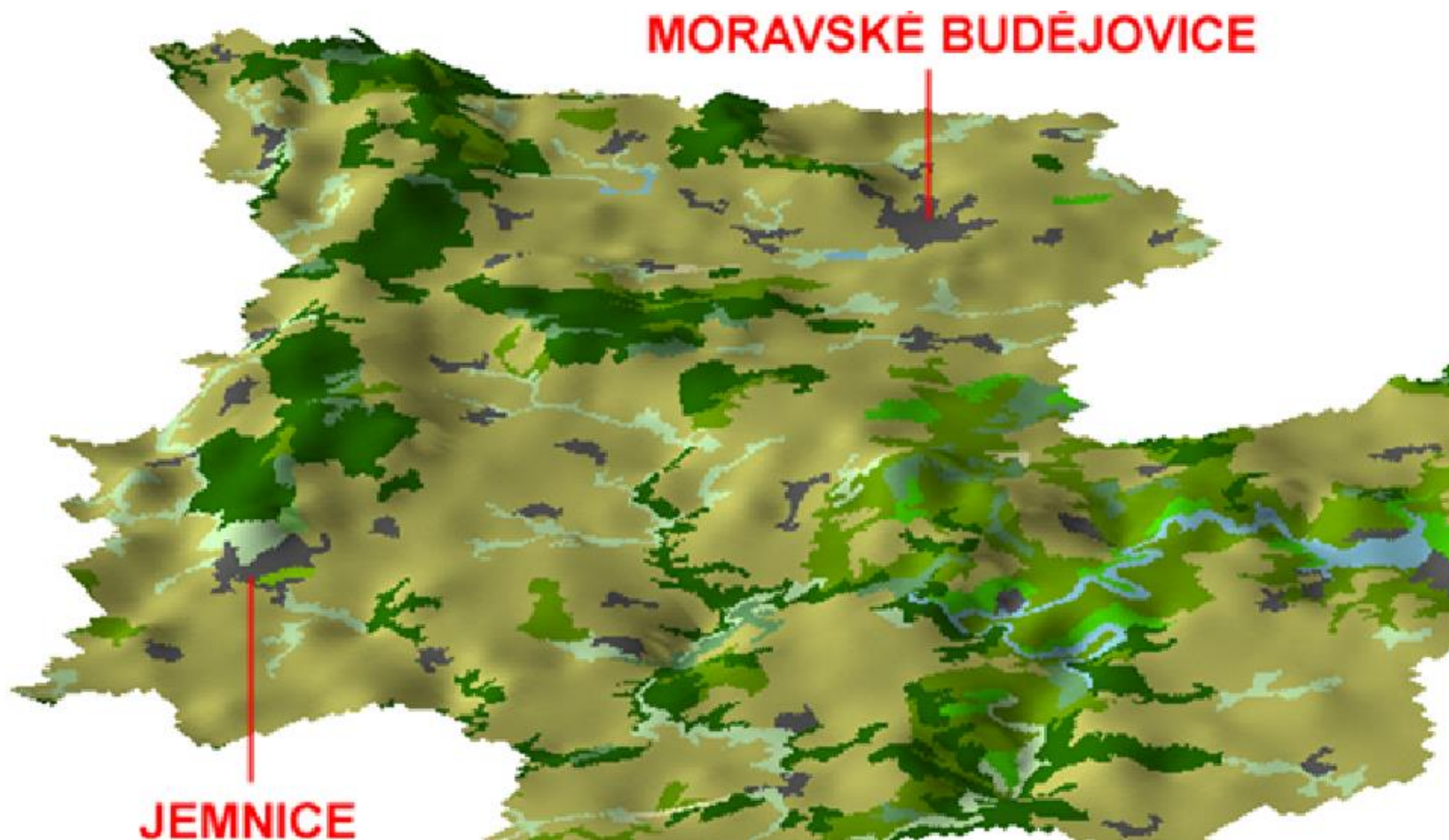
- Menší objem uložených dat než u rastrů
- Složitá struktura – složité výpočty
- TIN je hustější v místech členitějšího terénu

Model povrchu typu TIN – „trojúhelníky“

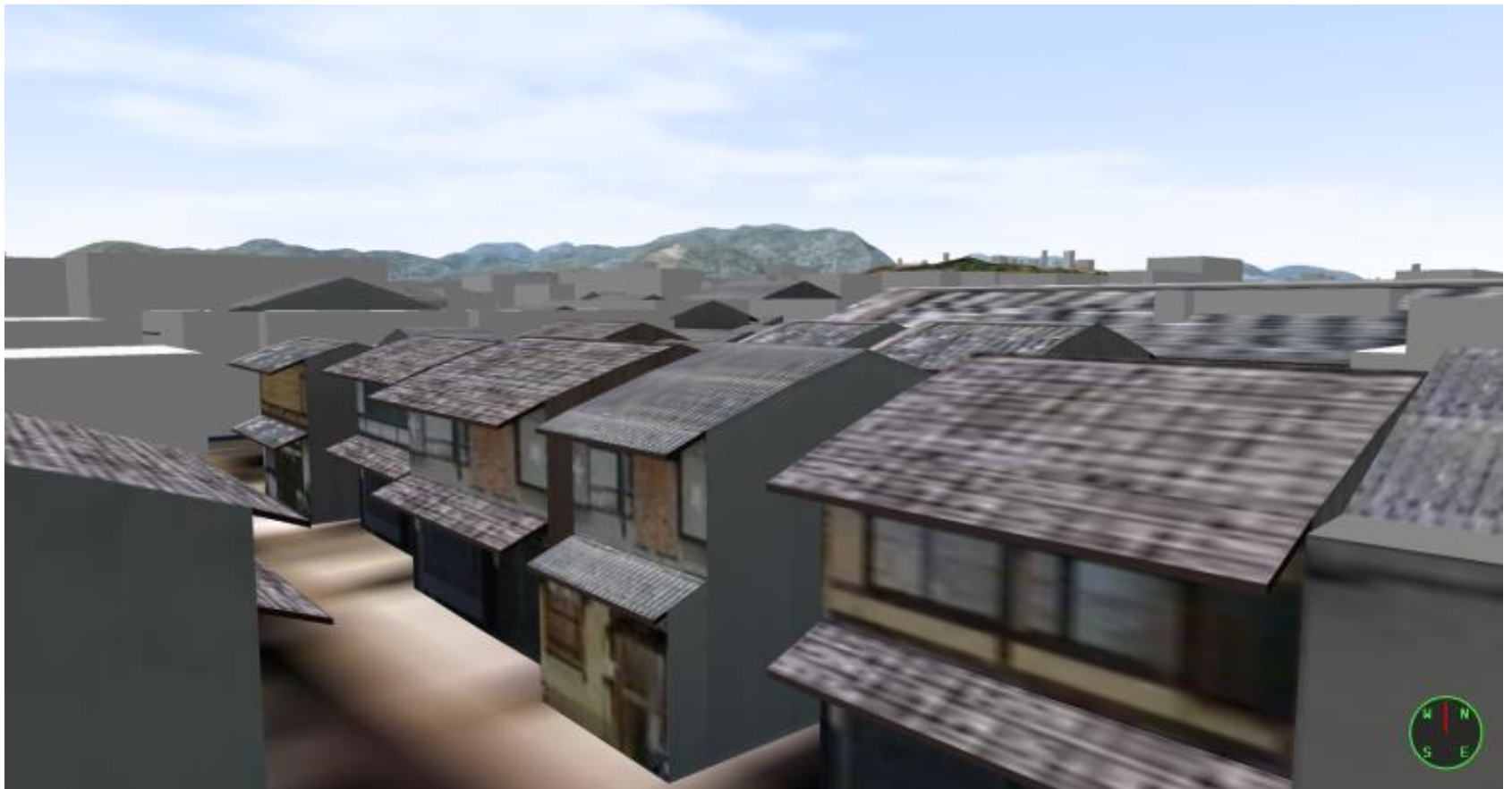


Modely povrchu terénu – 3D mapa

Na oba typy modelu se dá v počítači položit mapa nebo letecký snímek a vznikne tak **3D mapa**.

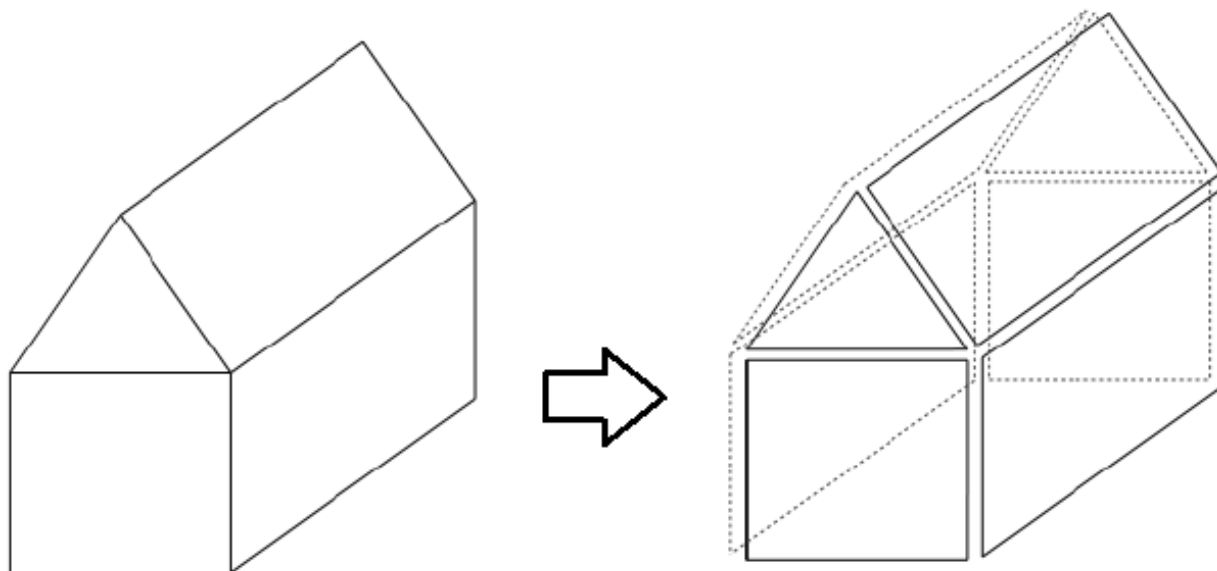


Modely budov a měst



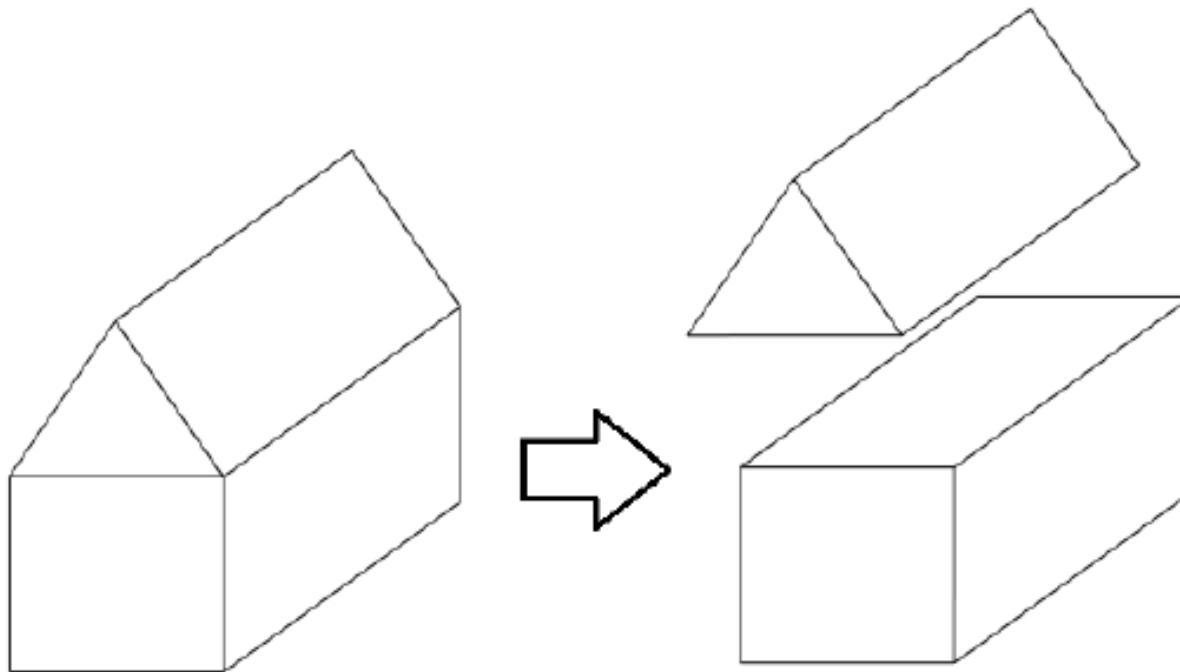
Modely budov a měst

- jako slepování z papíru.
- využívá hlavních geometrických objektů: body, linie, povrch.
- nakreslí se body, spojí se liniemi, mezi nimi vznikne stěna (povrch) a stěny vytvoří budovu
- **„reprezentace hranic“**



Modely budov a měst

- jako stavebnice Lego.
- skládají se připravené stavební prvky - krychle, válec, koule apod.
- **„konstruktivní geometrie pevných těles“**



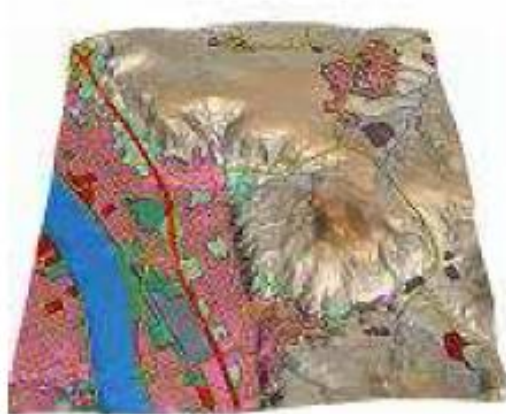
Co všechno je modelu města vidět?

Podle toho, jak se model složitý, tak vidíme víc podrobností:

- Stojí tam budova.
- Stojí tam vícepatrový dům.
- Stojí tam divadlo.
- Stojí tam divadlo s krásnou barokní fasádou a velkými okny.

Složitost modelu = „Level of Detail“ (LoD)

Co všechno je modelu města vidět?



LoD0



LoD1



LoD2

LoD3



LoD4

Co všechno je modelu města vidět?

Ne vždy je užitečná největší možná podrobnost.

Čím podrobnější model:

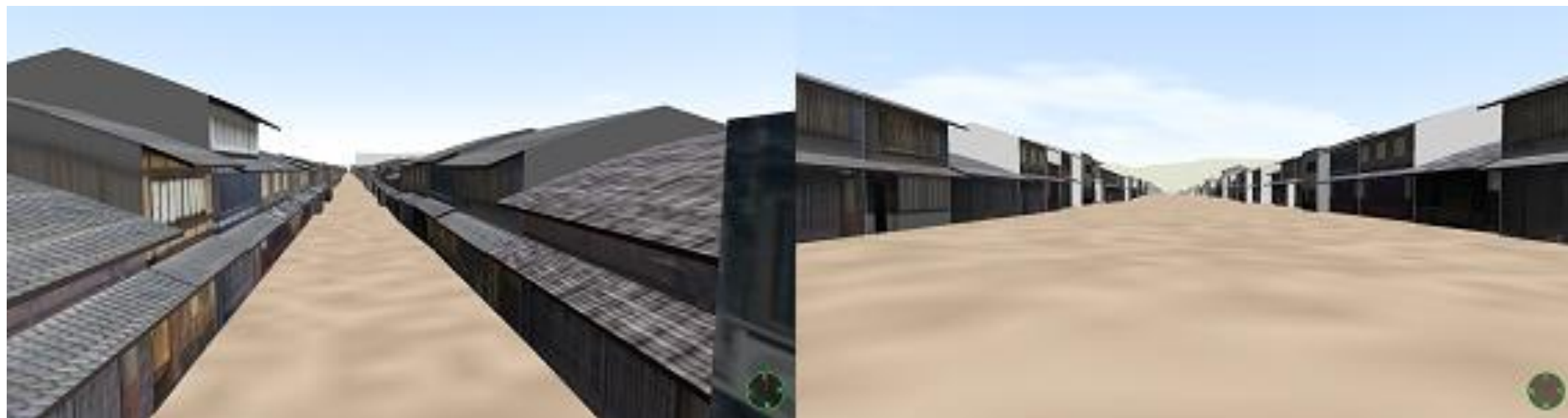
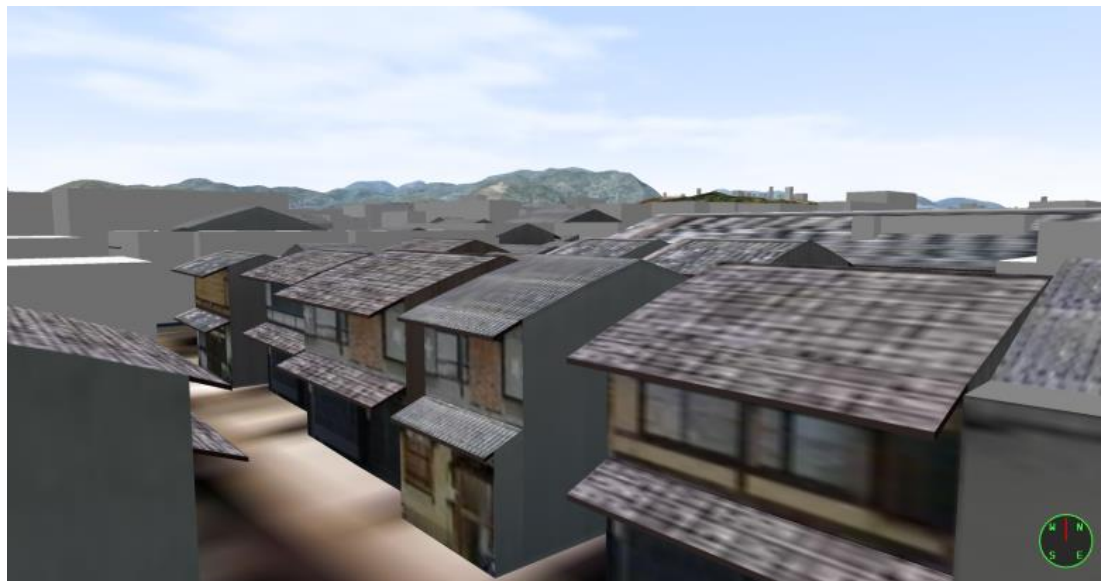
- tím je hezčí
- tím pracnějši je ho vytvořit
- tím lepší počítač potřebujete, abyste si to prohlédli

V jednom modelu je možné kombinovat různé úrovně podrobnosti.

Model města Kjóto

Běžné budovy

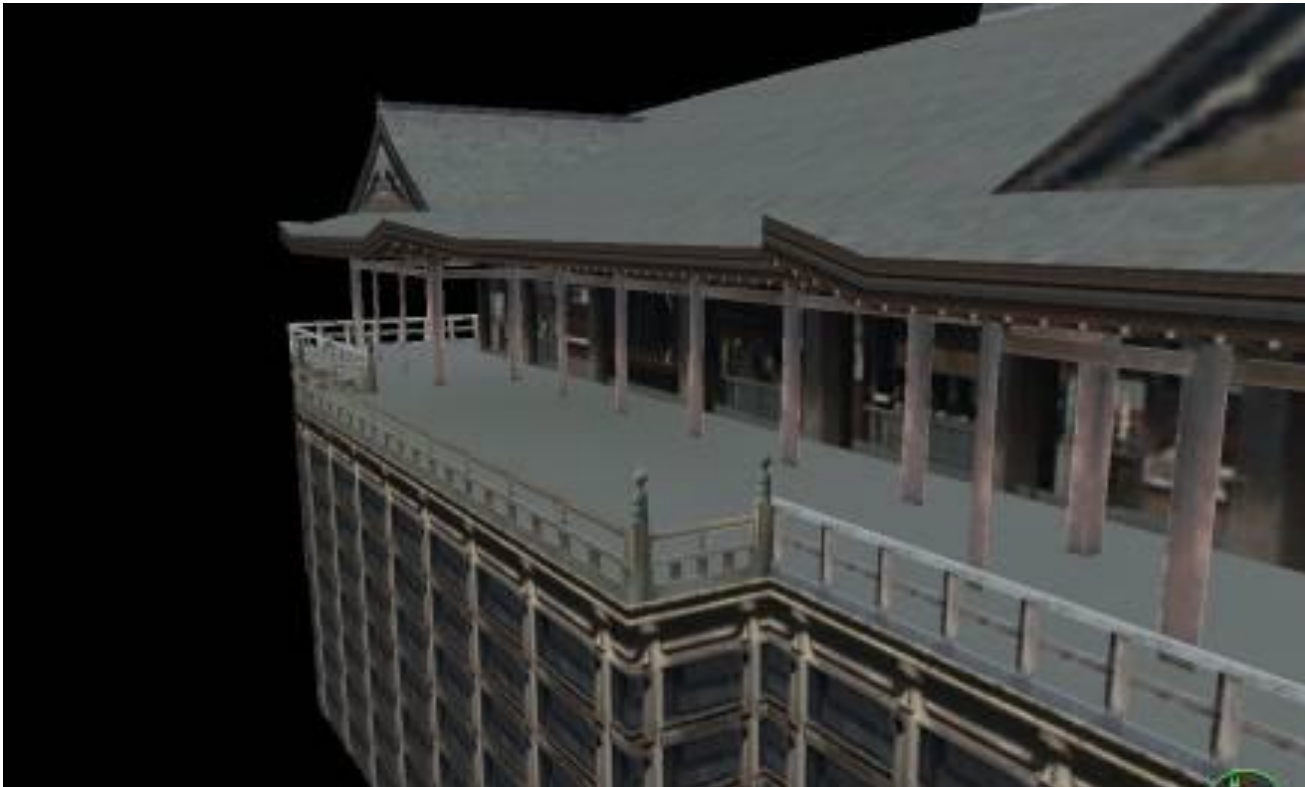
- na základě obrysů základů budov a jejich výšky
- vzhled je nastaven všem stejný



Model města Kjóto

Historické budovy

- modely s architektonickými prvky a tvary střech
- nebo může být na stěnu nalepena fotografie stěny skutečné budovy



Model města Kjóto

Nejcennější památky

- detailní model včetně interiéru
- využitelné např. pro virtuální prohlídku na Internetu



Model terénu + model budov

Kombinací může vzniknout model města nebo krajiny.

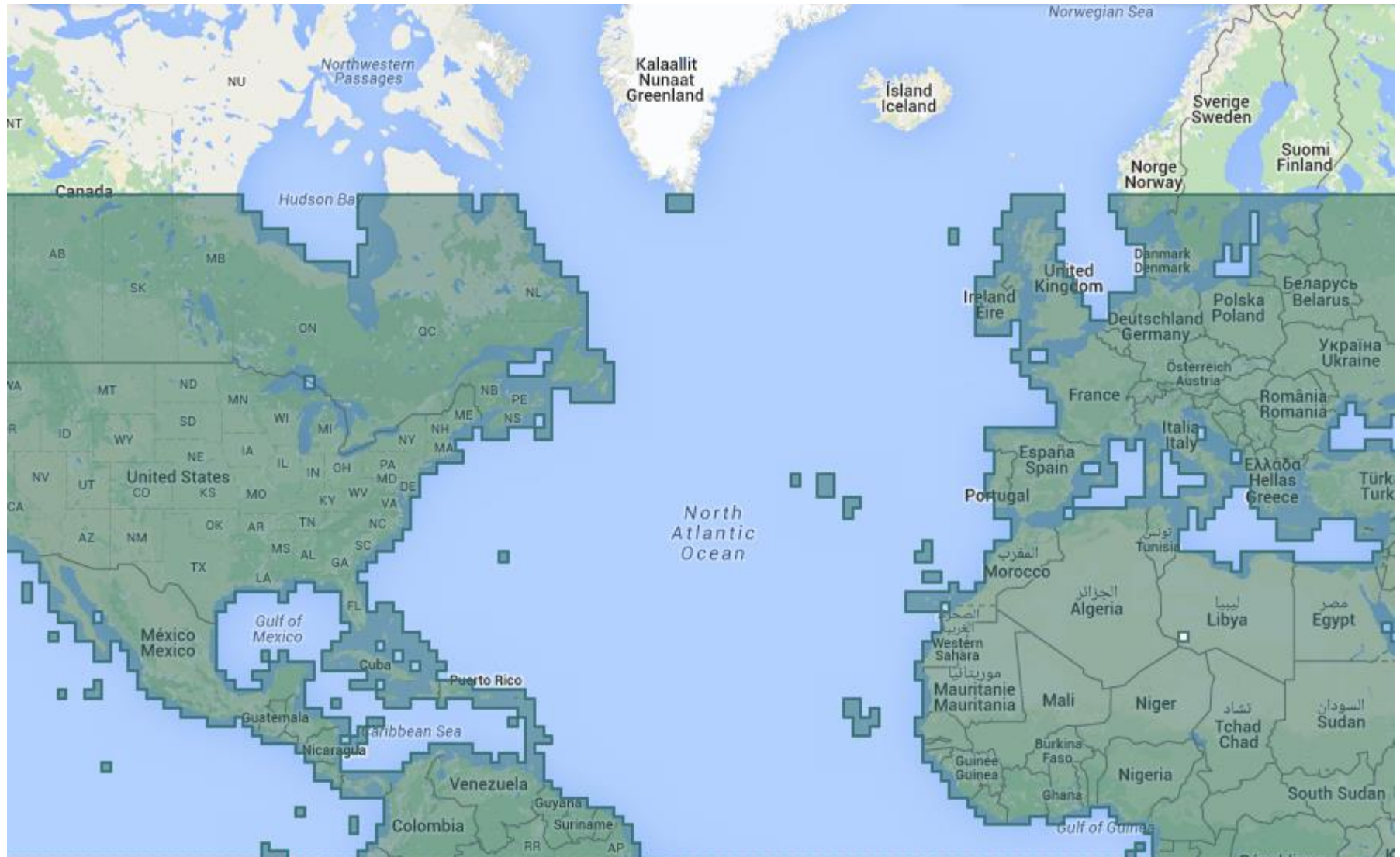


Dostupné zdroje výškových dat – globální

SRTM - The Shuttle Radar Topography Mission

- radarový systém
- mise NASA z roku 2000 (raketoplán Endeavour)
- <https://lta.cr.usgs.gov/SRTM>
- rozsah 60°s.š. – 56°j.š. – neobsahují Aljašku, Finsko nebo Antarktidu
- rozlišení 1 sekunda (1/3600 stupně), cca 30 metrů na rovníku
- nad 50°s.š. a pod 50°j.š. je rozlišení 2 sekundy x 1 sekunda
- výšková přesnost je cca 16 m

Dostupné zdroje výškových dat – globální

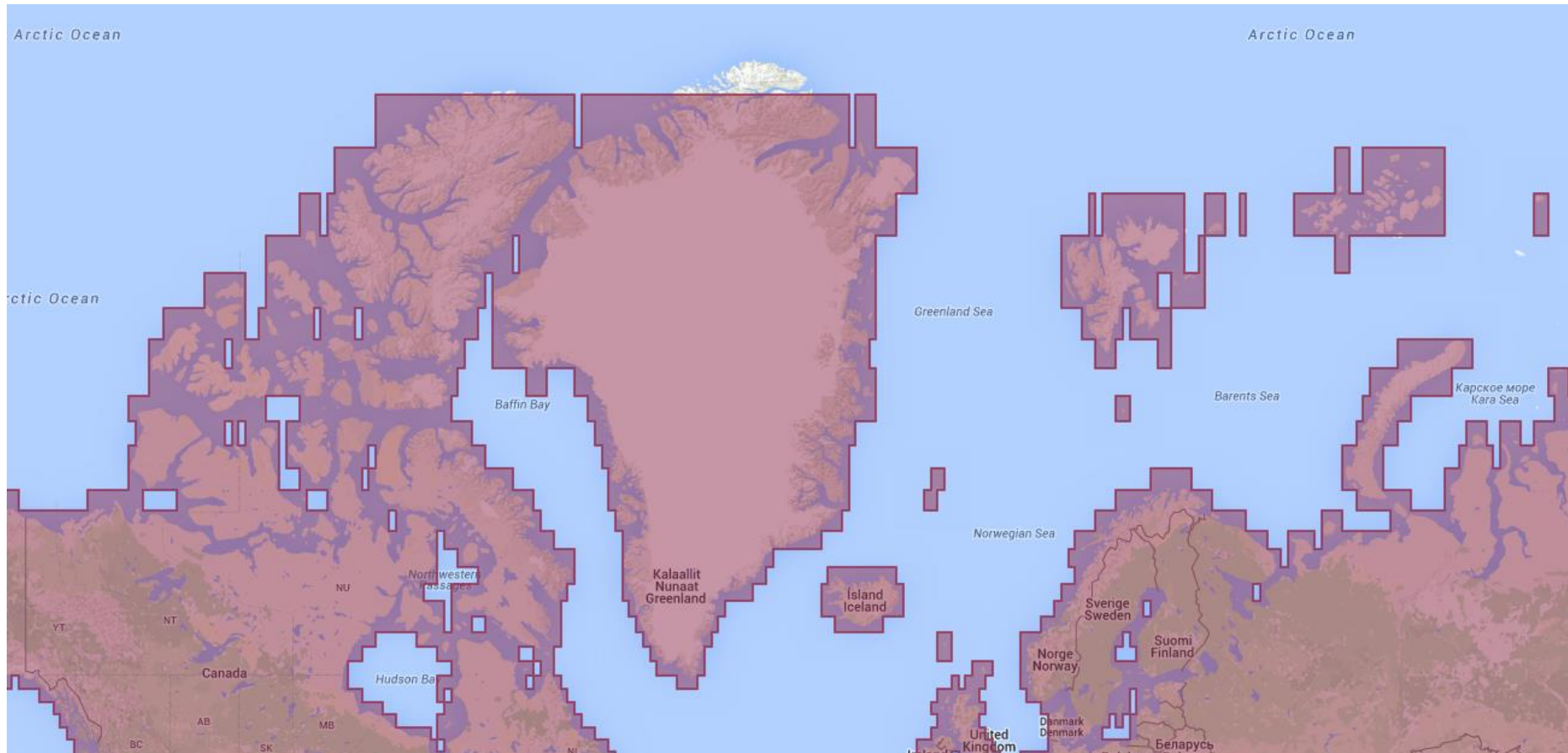


Dostupné zdroje výškových dat – globální

ASTER GDEM (Global Digital Elevation Model)

- ASTER – Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
- Japonský přístroj na americké družici Terra z roku 1999
- Stereopáry snímků v blízkém infračerveném spektru
- Výsledné snímky využity i pro generování GDEM
- <http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>
- Rozsah 83°s.š. – 83°j.š. – 99% pevniny
- Aktuálně druhá verze s vylepšených rozlišením a přesností
- Horizontální přesnost (1/3600 stupně), cca 30 m na rovníku
- Vertikální přesnost 18-25 m

Dostupné zdroje výškových dat – globální

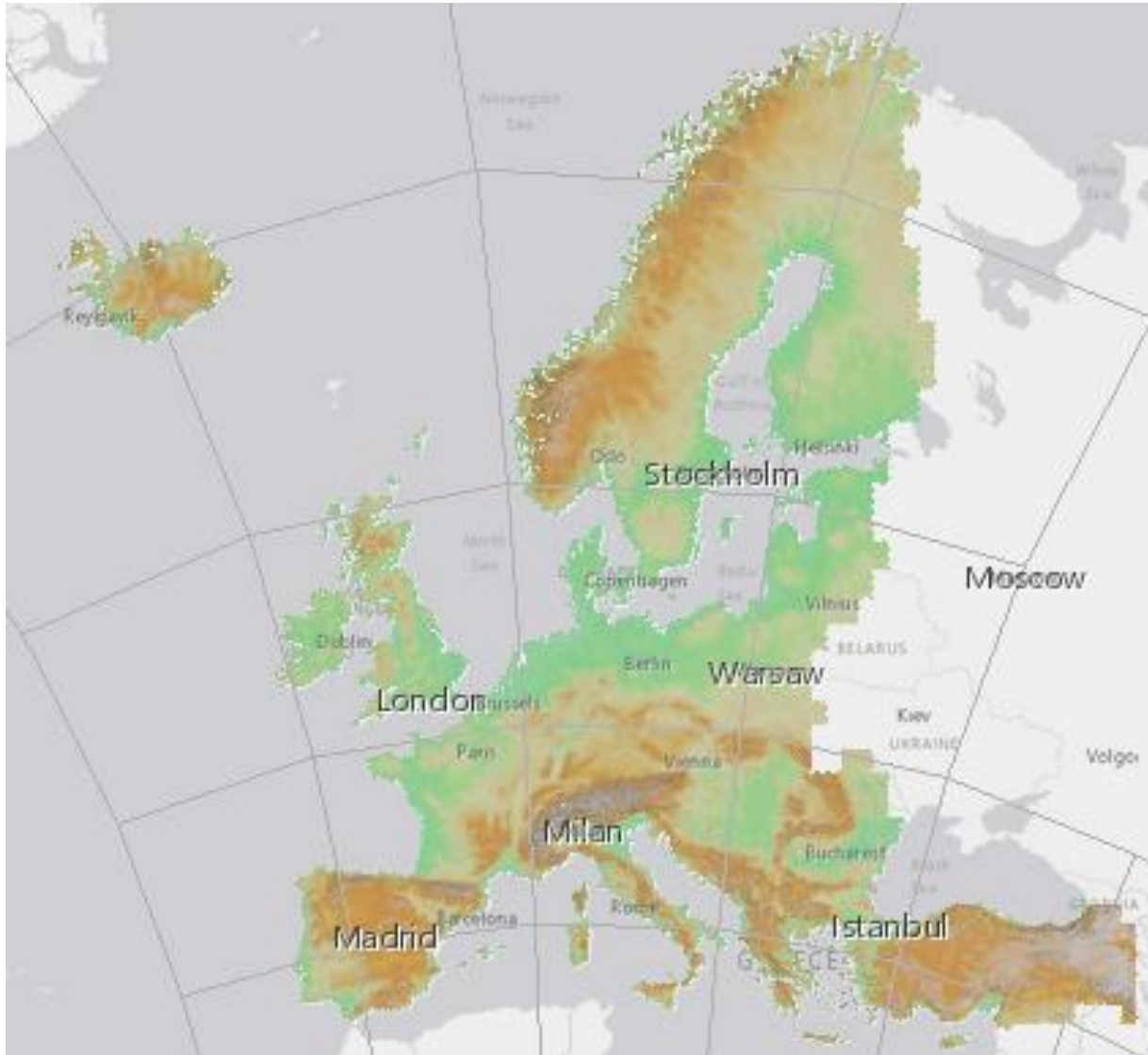


Dostupné zdroje dat – globální

EU-DEM

- Vygenerován z dat SRTM a ASTER GDEM
- Je uváděn coby výsledek programu Copernicus
- Rozlišení jedna vteřina = $1/3600$ stupně = cca 30 m
- <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eu-dem>

Dostupné zdroje dat – globální



Dostupné zdroje výškových dat – ČR

Města, kraje, menší území...

Praha

- <http://opendata.praha.eu/>
- zdroj množství otevřených dat
- včetně 3D – budovy, DMT, DMP...

Plzeň

- volně ke stažení 3D model centra města
- <https://mapy.plzen.eu/aktuality/3d-model-plzne.aspx>

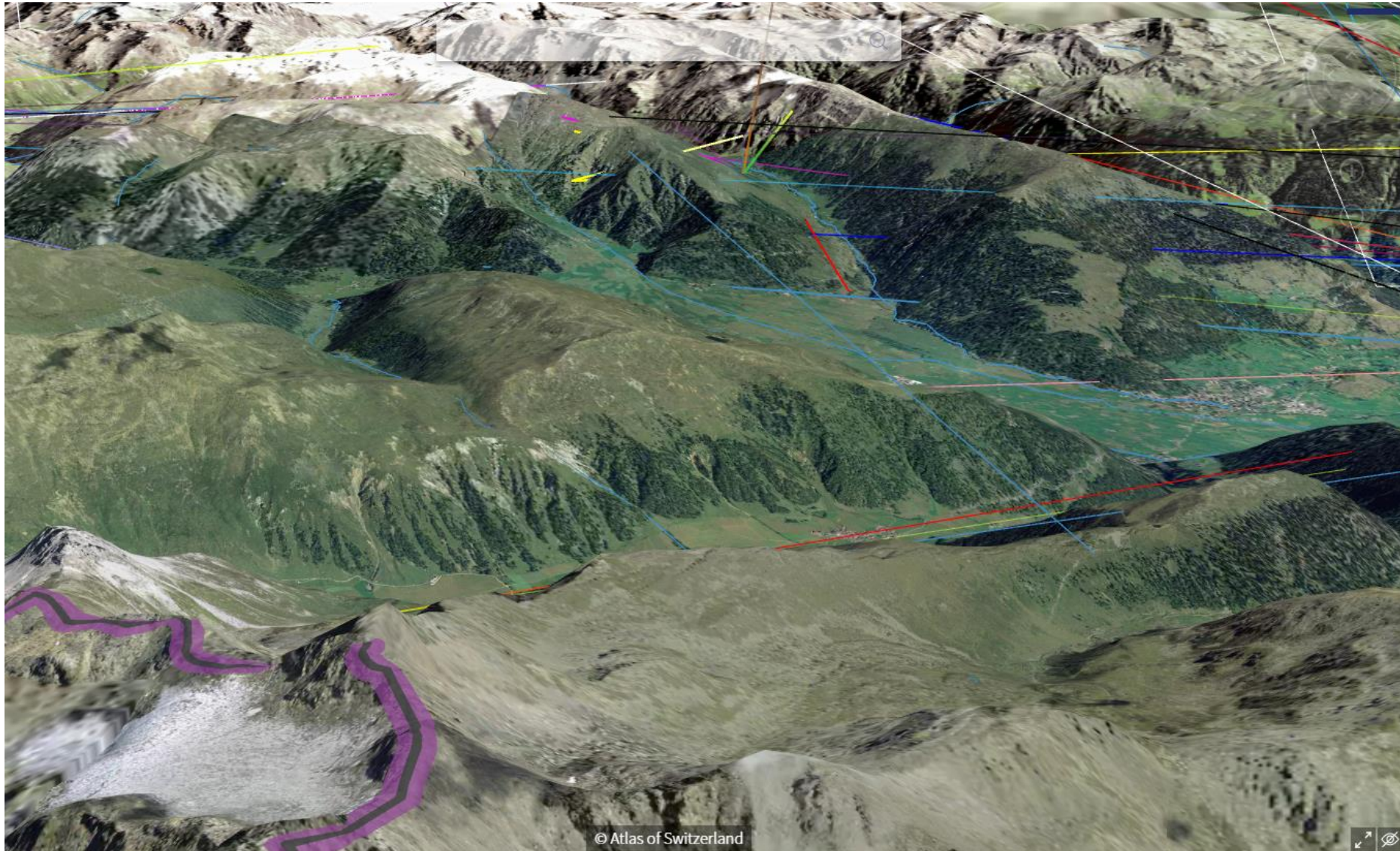
Atlas der Schweiz

<http://www.atlasderschweiz.ch>

- dlouhodobý projekt, zahájen v roce 1961
- nejdříve tištěný atlas
- v letech 2000-2010 tři verze na CD a DVD
- 2010 – okolo 2000 map spolu s dalšími daty, časovými sériemi a mnoha nástroji na analýzu terénu a jiné funkce
- ke stažení na požádání

- aktuálně – vzniká online verze
- beta verze – jen několik map

Atlas der Schweiz



Státní mapové dílo ve 3D

- katastr a mapy velkého měřítka – prakticky ve všech vyspělých zemích
- ve městech složité vztahy – výškové budovy, podzemní prostory, několikapatrová křížení komunikací
- státy začínají tvořit 3D katastr a 3D mapové dílo.

- Katalánie, Nizozemí, Německo – hotova první verze
- Švýcarsko, Finsko, Polsko – v přípravě
- ...a taky ČR – spíše na začátku přípravy

Státní mapové dílo ve 3D



3D data v České republice

Český úřad zeměměřický a katastrální

- Digitální model reliéfu (DMR)
- Digitální model povrchu (DMP)

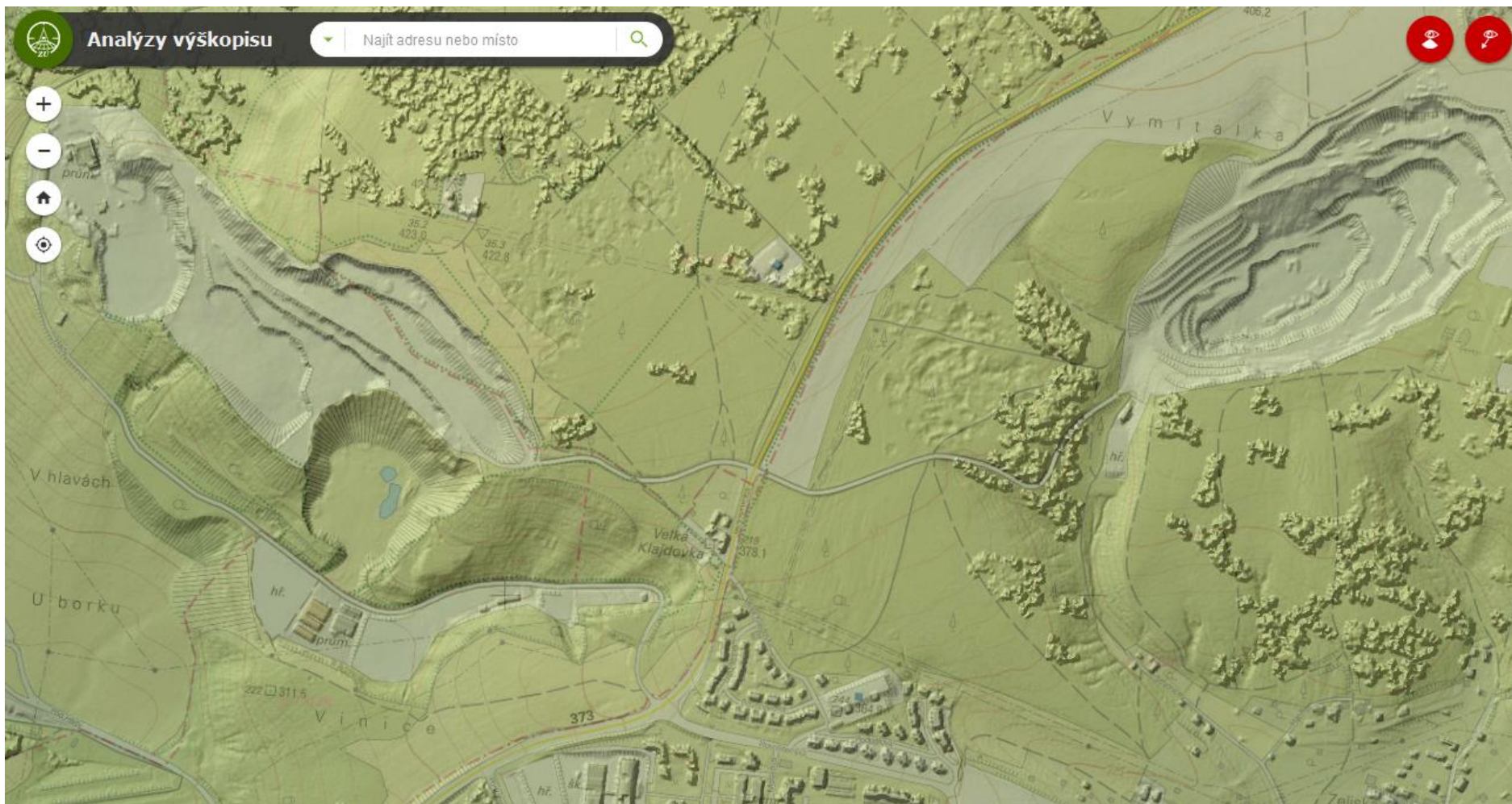
3D prohlížečka dat

- možnost základních analýz
- <http://ags.cuzk.cz/dmr/>

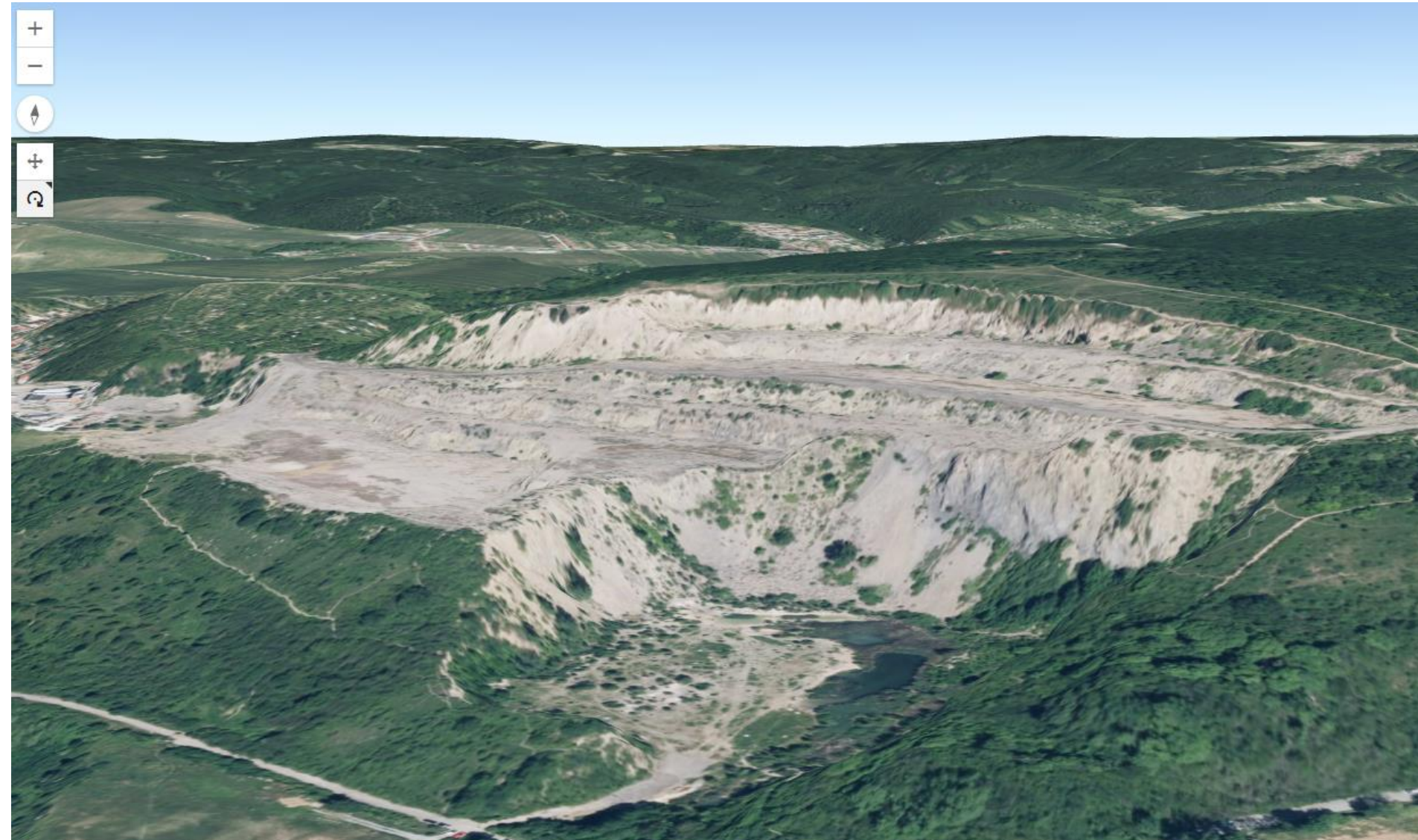
3D data v České republice



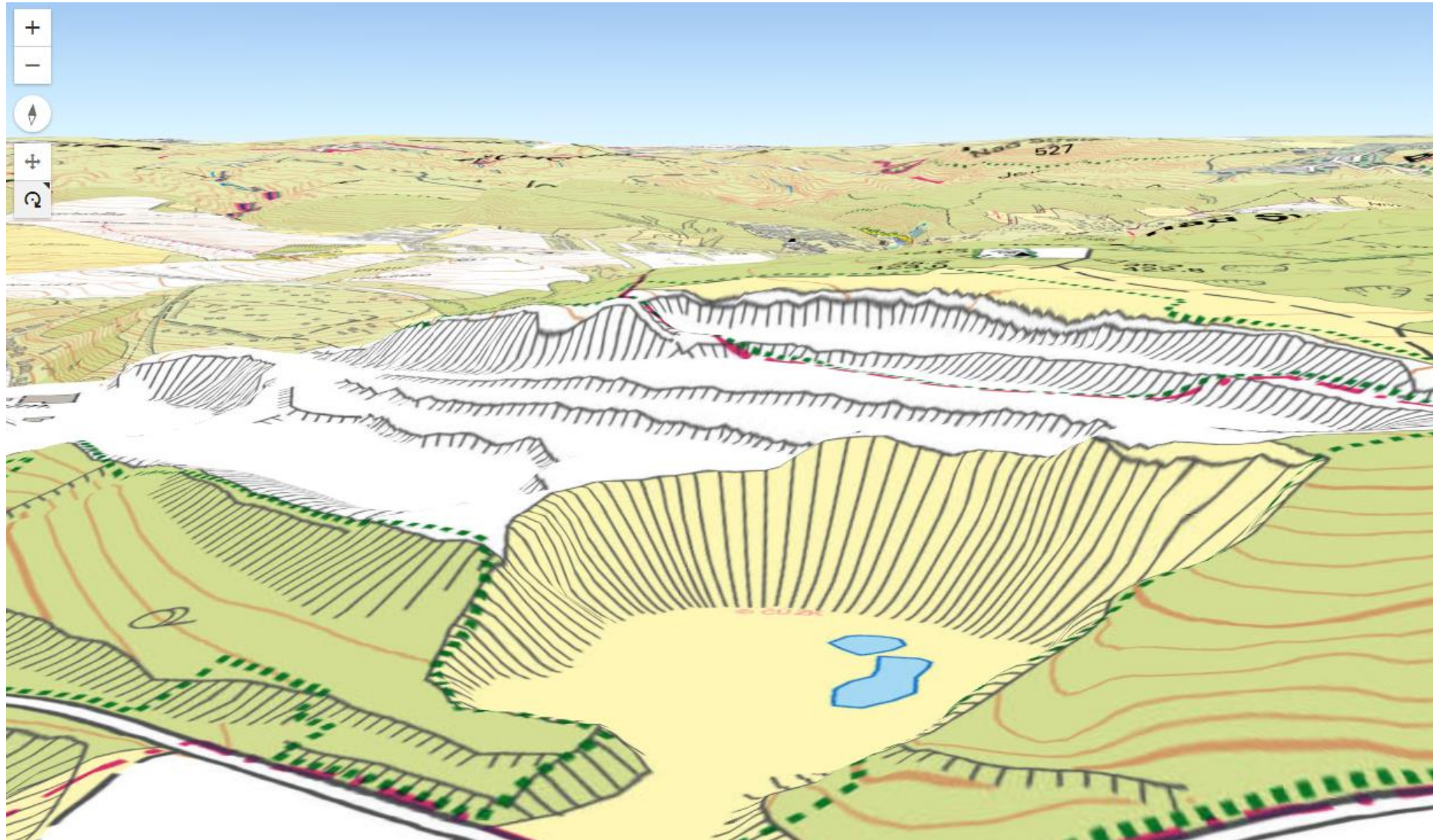
3D data v České republice



3D data v České republice

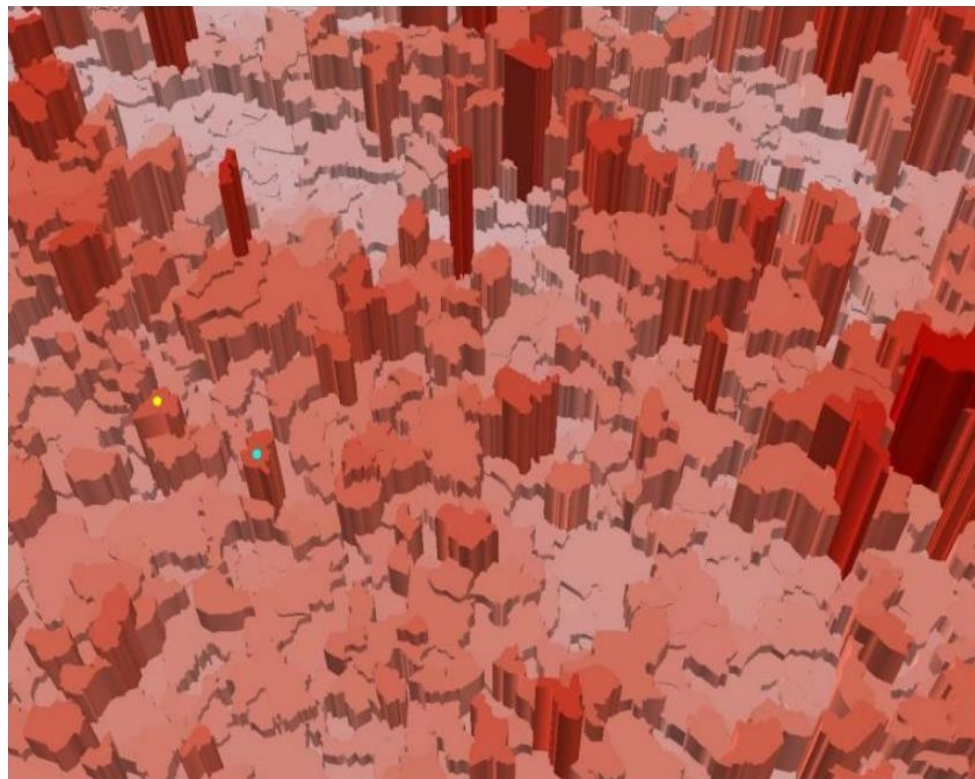


3D data v České republice

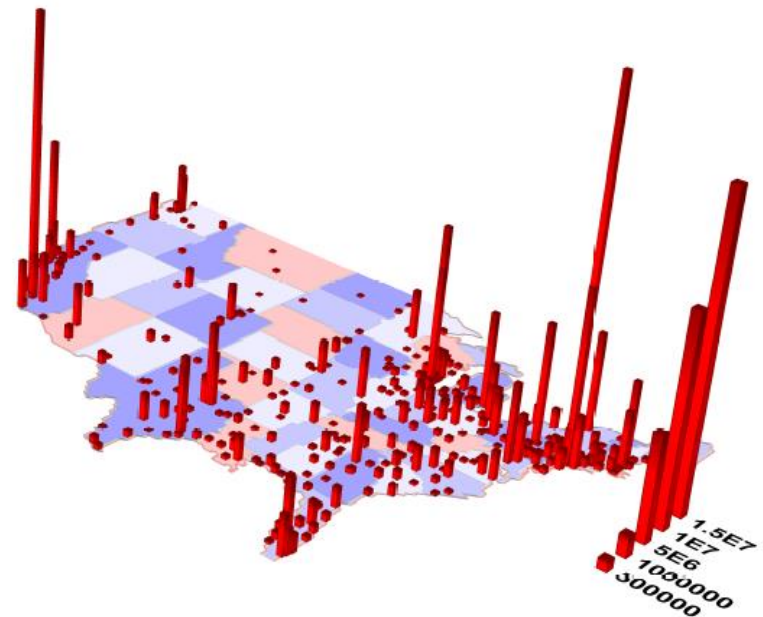


Problémy 3D - matoucí

- nestejné měřítko v různých místech 3D scény
- matoucí při vzájemném srovnání objektů
- vytvářet statistické mapy ve 3D není dobrý nápad



US Metropolitan Population Distribution



Problémy 3D - pomalé

Ne vždy je užitečná největší možná podrobnost.

Internetová 3D vizualizace - náročná na techniku a internetové připojení.

3D vizualizace jsou ve skutečnosti zjednodušené:

- model fakulty od našeho studenta
- model fakulty od Google Earth

Problémy 3D - pomalé



Problémy 3D - pomalé



Problémy 3D - pomalé



Problémy 3D - pomalé



Problémy 3D - zklamávající

Státy tvoří 3D katastr a 3D mapové dílo.

Katastr = přesně zaměřené budovy a body:

- Nemůže být generalizovaný.
- Nemůže být tedy ani krásný na pohled – dvoubarevné krychličky.

Uživatelé jsou zklamaní, čekali obdobu Google Earth.

3D státní dílo - zajímavé, ale málo využíváno.

Některé státy uvolňují 3D data i k volnému využití, aby se víc využívala.

Problémy 3D - zklamávající



Problémy 3D – náchylné k chybám



Problémy 3D – náchylné k chybám



Psychologické testování

Jak udělat 3D mapu čitelnou a přitom přívětivou?

Psychologické testování čtení map a ovládání.

- Geografický ústav PřF MU
- Katedra kartografie PřF UPOL

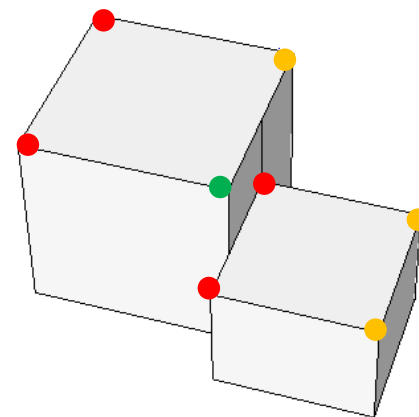
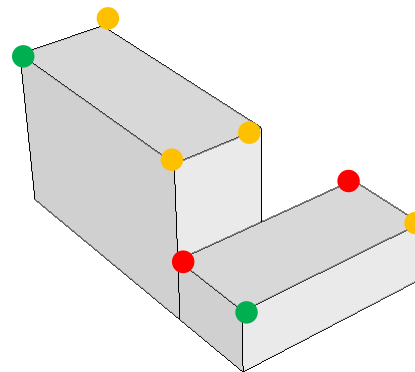
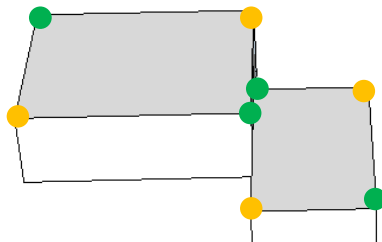
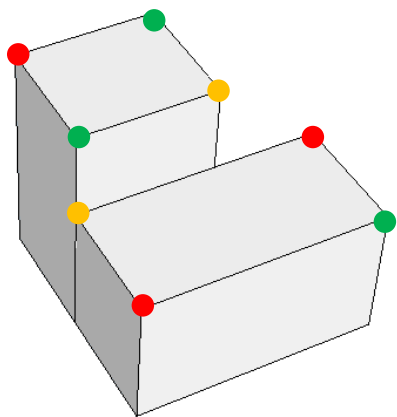
Psychologické testování

Jak navrhnout 3D mapu, aby ji lidé správně četli? Jaké použít barvy, jaké symboly...?

Který z níže zobrazených objektů má nejvyšší polohovou přesnost?

Polohová
přesnost

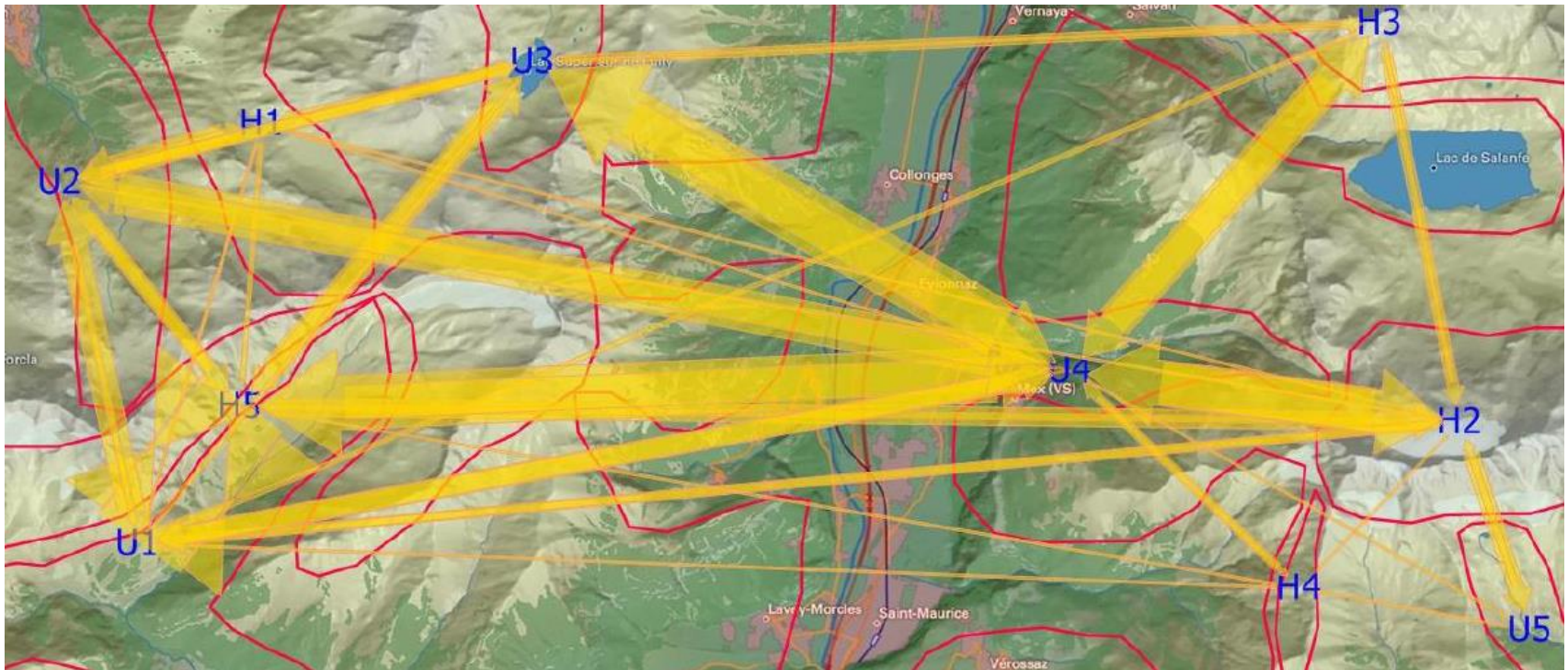
- nízká
- střední
- vysoká



Psychologické testování



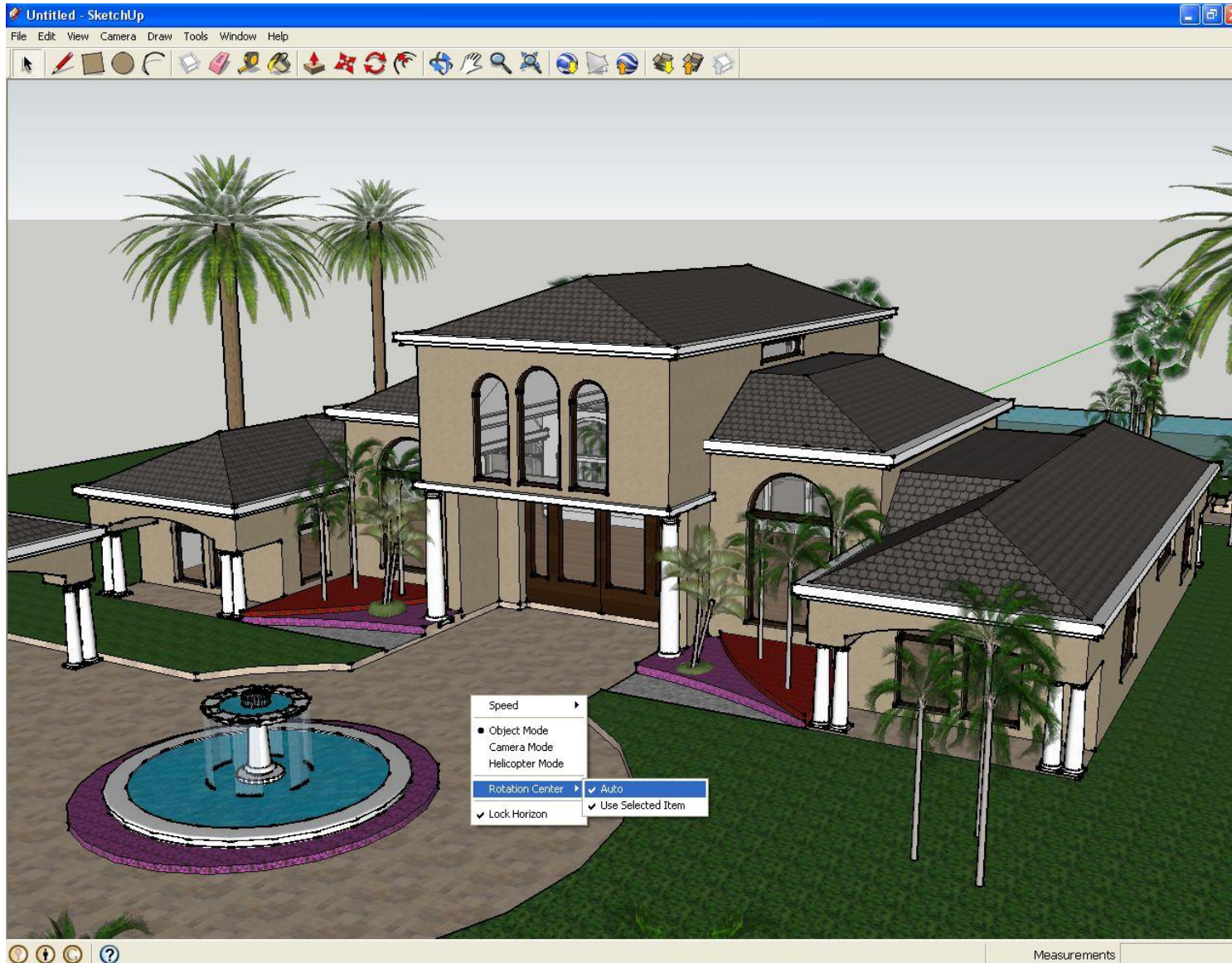
Jakým způsobem lidé
čtou 3D mapy?
Sledování pohybu očí.



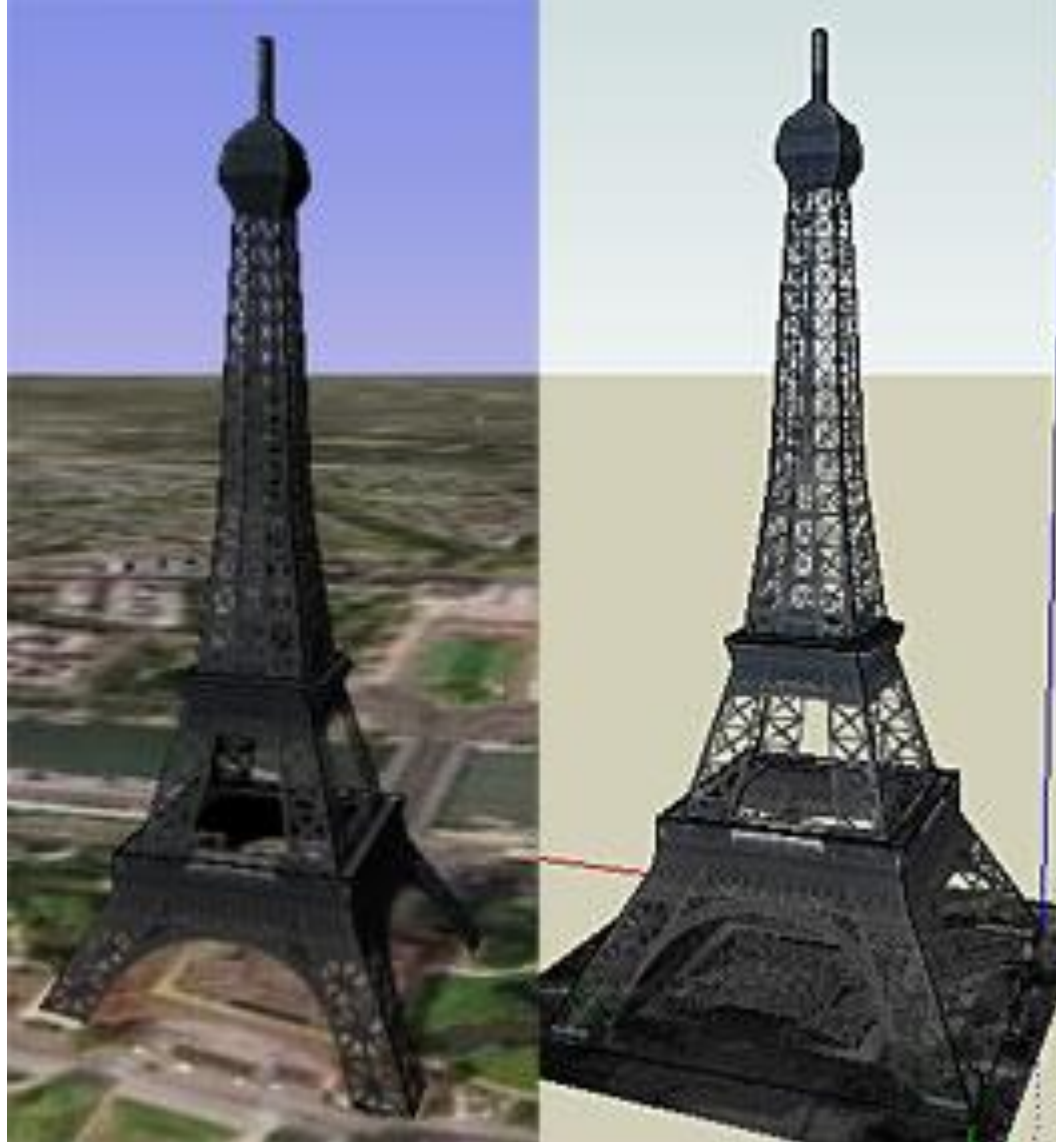
Dostupný software - SketchUp

- <http://www.sketchup.com>
- dříve Google Sketchup
- 2012 - koupeno firmou Trimble Navigation
- nyní SketchUp
- verze placená – SketchUp Pro
- verze zdarma – SketchUp Make
- umí export do mnoha formátů a programů – PDF, Google Earth...

Dostupný software - SketchUp



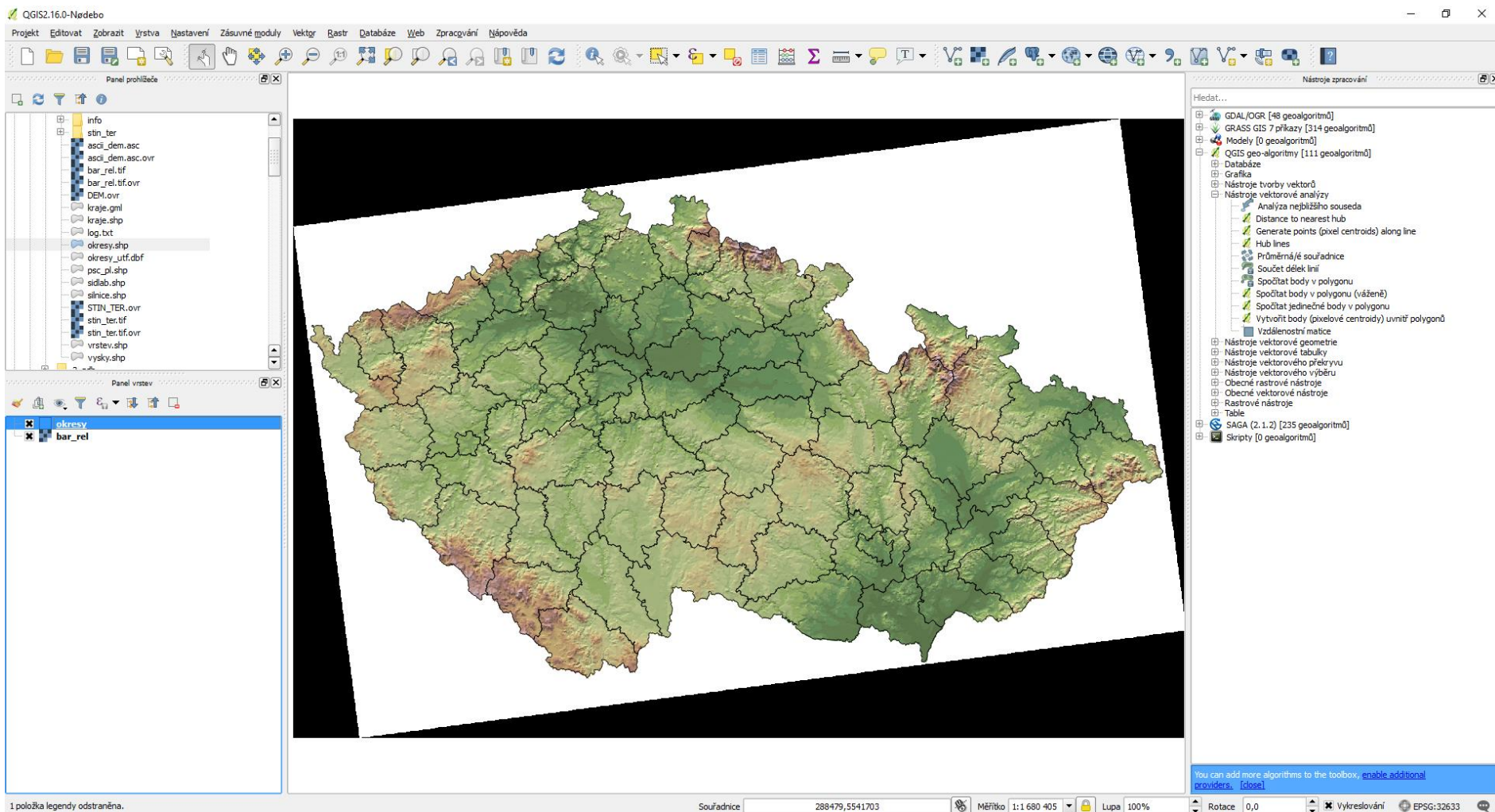
Dostupný software - SketchUp



Dostupný software – QGIS a spol.

- <http://qgis.org/>
- založen 2002
- snaha vytvořit GIS pro Linux, který bude podporovat velký rozsah formátů a typů dat včetně databázových
- dnes asi nejznámější z volně dostupných GIS
- licence GNU/GPL – free software a open source

Dostupný software – QGIS a spol.



1 položka legendy odstraněna.

Souřadnice 288479,5541703

Měřítko 1:1 680 405

Lupa 100%

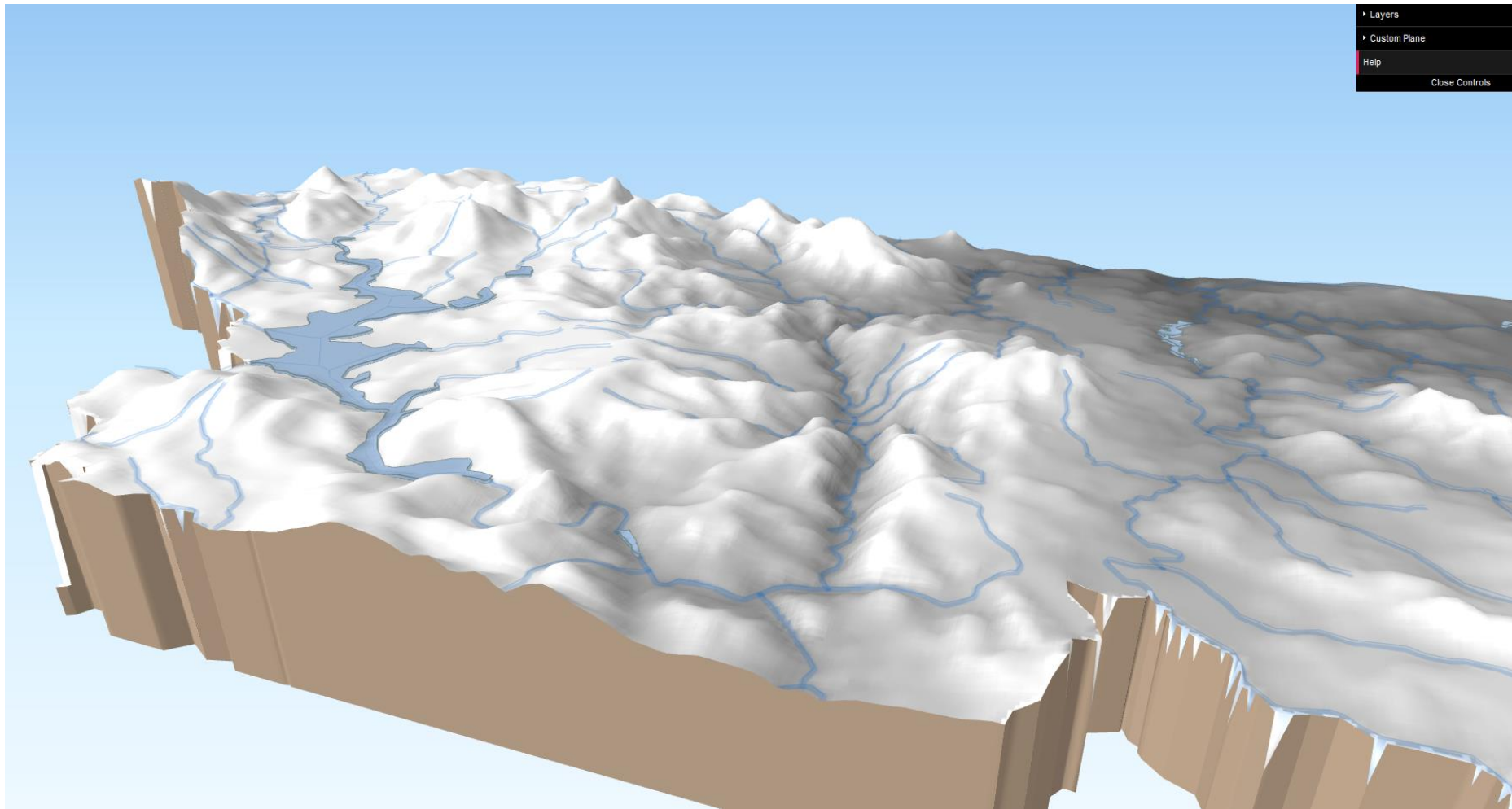
Rotace 0,0

Vykreslování EPSG:32633

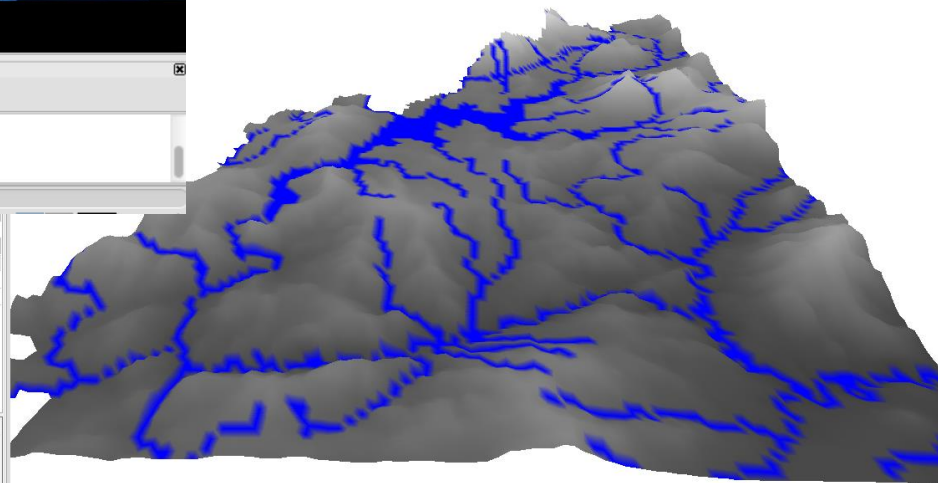
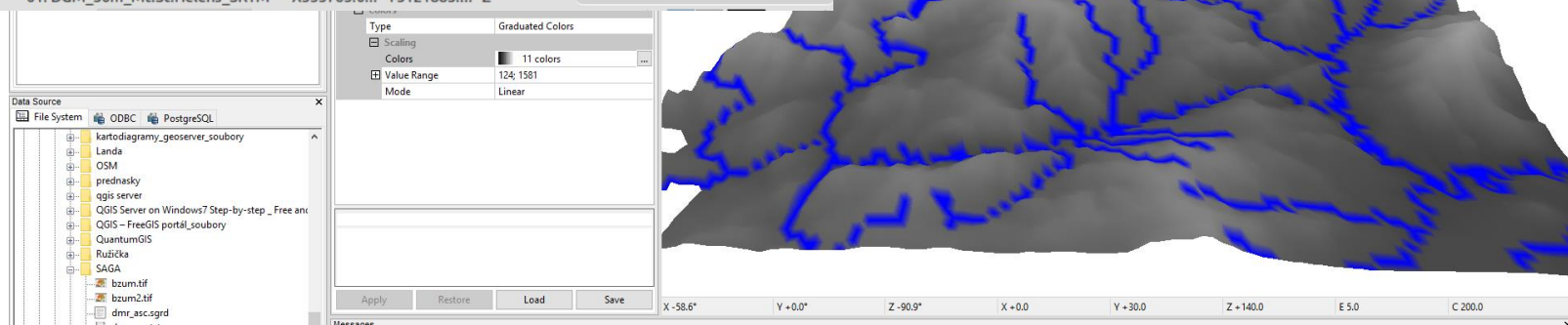
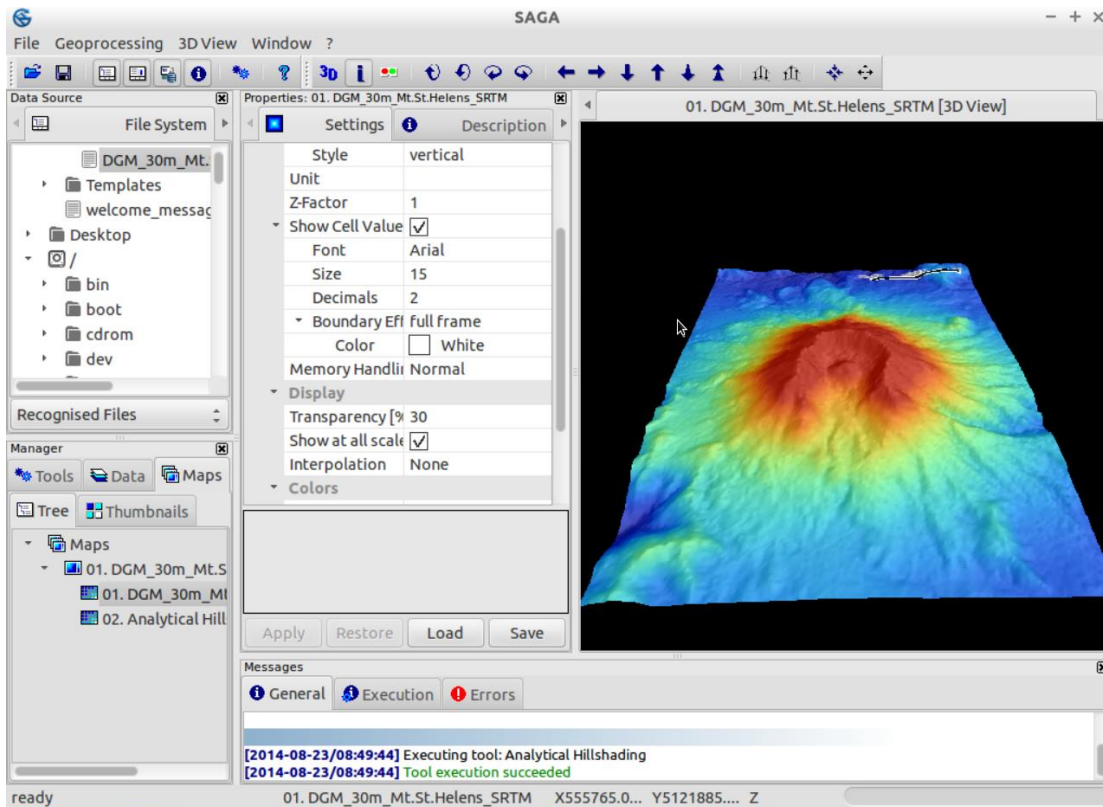
Dostupný software – QGIS a spol.

- zpracovává rastrové i vektorové formáty
- možnost propojení s databázemi
- možnost nahrávat data z GPS
- propracované možnosti symboliky
- možnost vytvořit kompletní mapu pro tisk
- spousta dalších pluginů vyvinutých externími programátory
- GRASS GIS a SAGA GIS – samostatné plnohodnotné GIS, ale stáhnutelné i spolu s instalací QGIS
- vzájemně dostupné pluginy – široká funkcionalita
- včetně 3D vizualizace

Dostupný software – QGIS

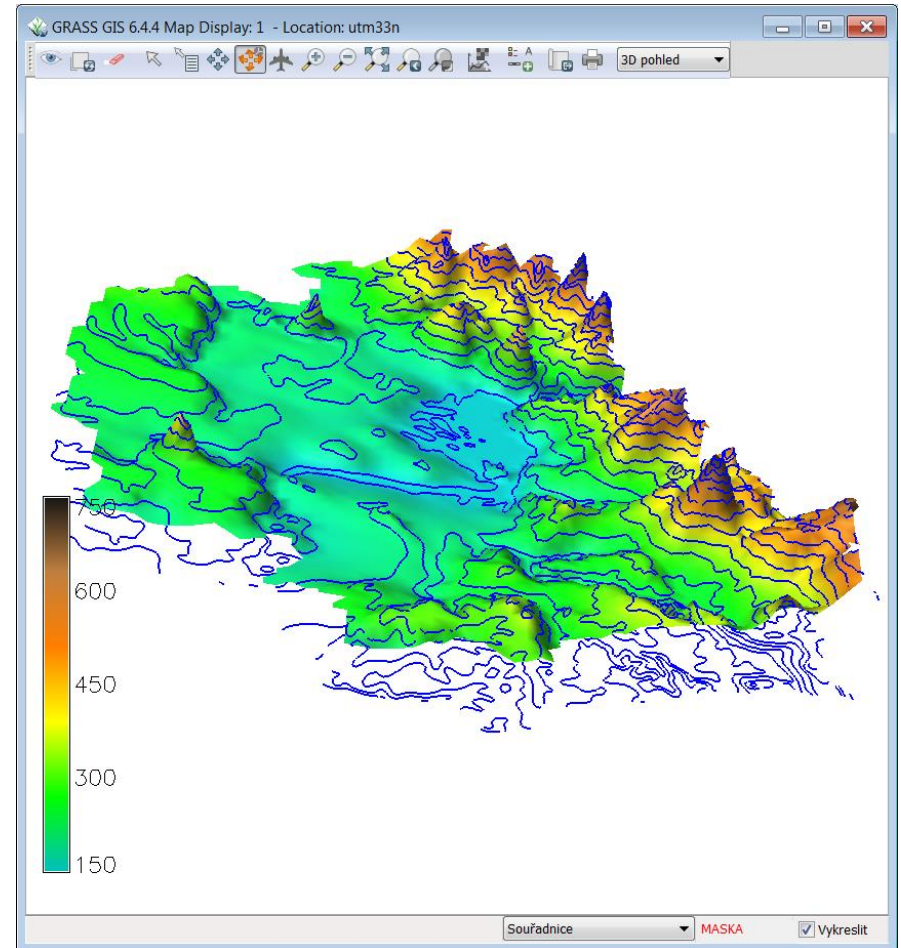
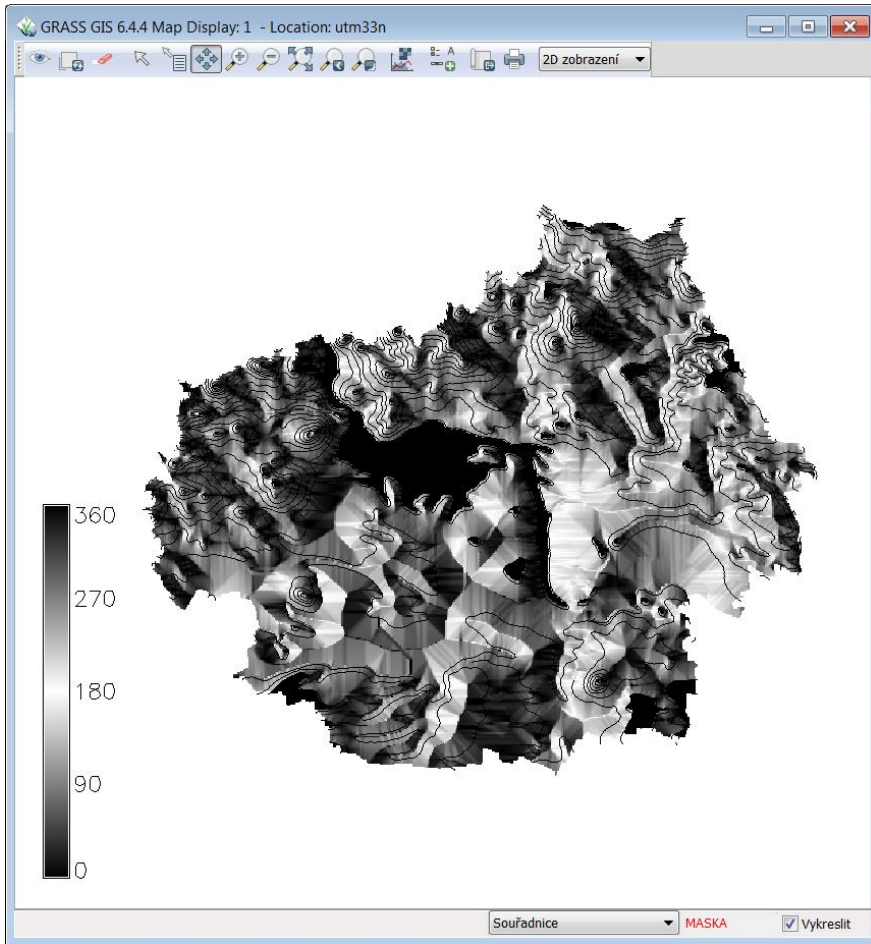


Dostupný software – SAGA GIS



X -58.6° Y +0.0° Z -90.9° X +0.0 Y +30.0 Z +140.0 E 5.0 C 200.0

Dostupný software – GRASS GIS



Děkuji za pozornost



Laboratoř geoinformatiky a kartografie
Geografický ústav
Přirodovědecká fakulta
Masarykova univerzita