



MASARYKOVA  
UNIVERZITA

# 3D modelování a vizualizace v geoinformatice



RNDr. **Lukáš HERMAN**, Ph.D.  
Geografický ústav,  
Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita,



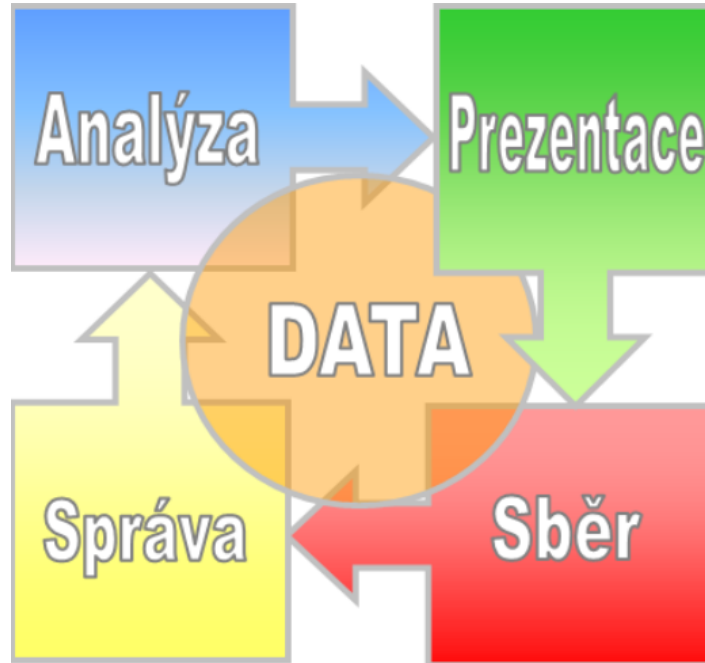
## Obsah prezentace

1. **SBĚR** : pořizování 3D prostorových dat
2. **ANALÝZA** : prostorové analýzy a simulace
3. **SPRÁVA** : uložení, transformace a zpracování 3D geodat
4. **PREZENTACE** : kartografická 3D vizualizace
5. Příklady využití & ukázky konkrétních aplikací

## 3D modelování a vizualizace v geoinformatice

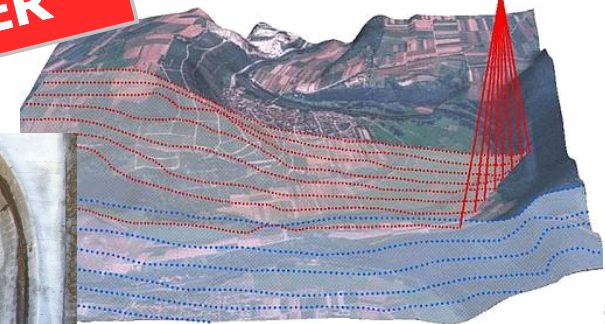
- Výpočty objemů a povrchů,
- Množinové operace,
- Analýzy viditelnosti,
- ...

- Transformace dat z 2D do 3D
- Datové formáty a standardy,
- Software



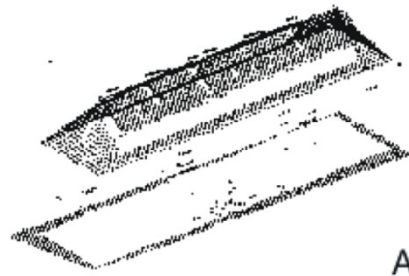
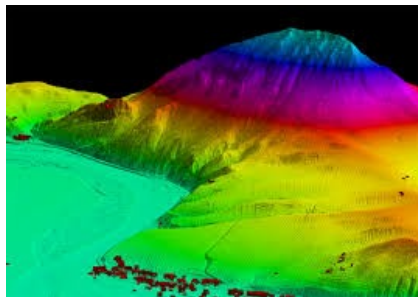
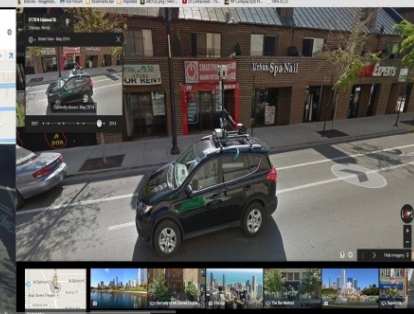
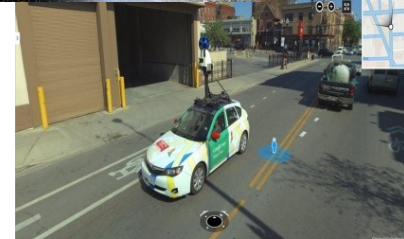
- 3D vizualizace
- Virtuální realita

- Laserové skenování
- Stereofotogrametrie (družicová, letecká, UAV, pozemní)
- ...

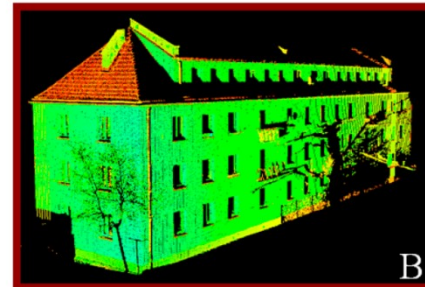


# Metody sběru 3D dat

- Geodetické metody
- Fotogrammetrie – letadla, drony
- Laserové skenování
  - Letecké
  - Pozemní
- Sférické snímkování (Street View)



A

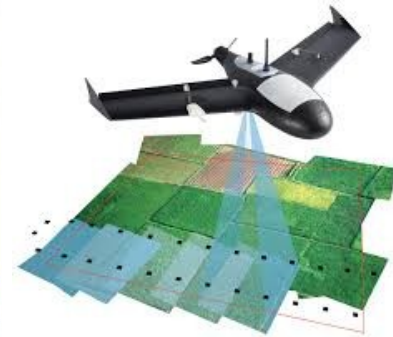
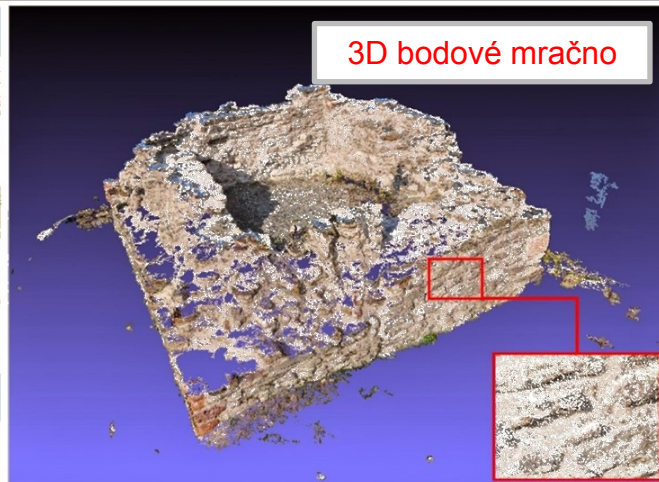
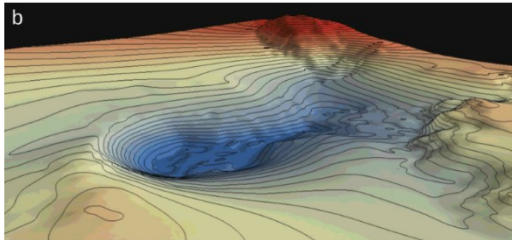
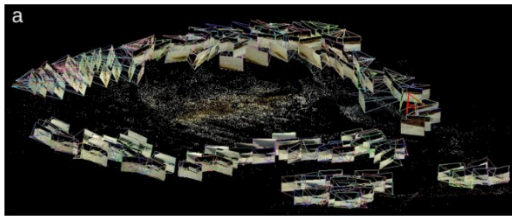
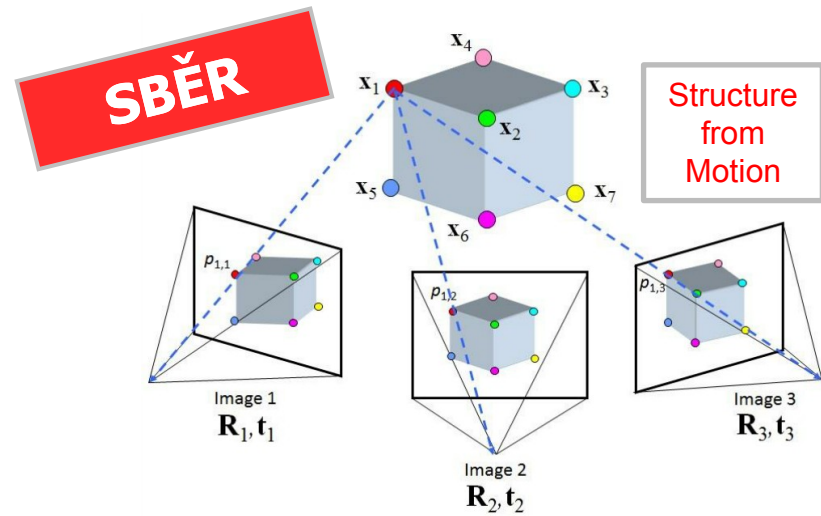


B



# 3D modelování z fotografií

- z UAV (dronů)
- z pozemní fotografie / fotogrammetrie

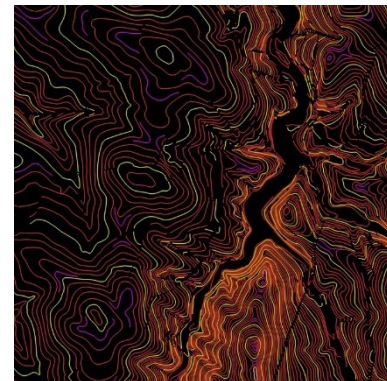
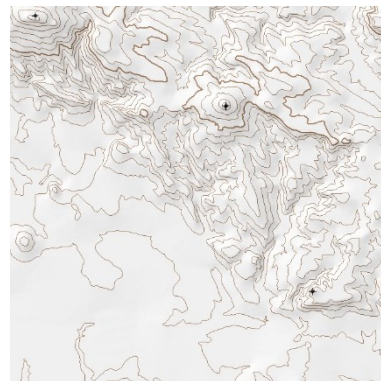
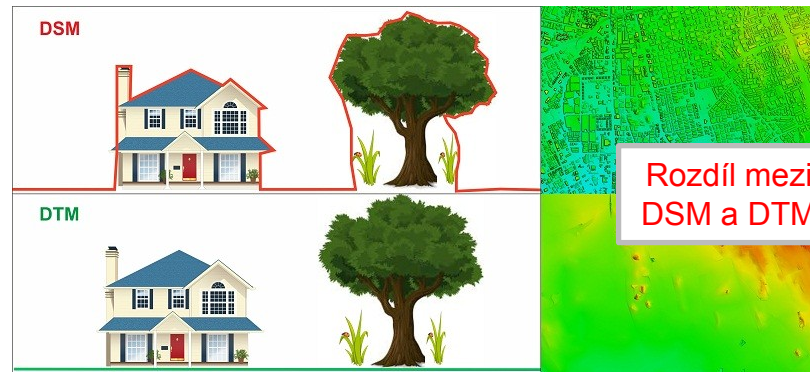




## Existující data – ČR

### ČÚZK

- DMR 4G, DMR 5G = Digital Terrain Model (DTM)
  - DMR 4G, 5G i DMP 1G jsou vytvořeny z dat leteckého laserového skenování
- DMP 1G = Digital Surface Model (DSM)
  - DMR 4G, 5G i DMP 1G jsou vytvořeny z dat leteckého laserového skenování
- ZABAGED – terénní reliéf (vrstevnice, ...)
  - distribuováno komerčně
  - V rámci 3D modelování se předpokládá se zpracování těchto dat (např. interpolace a tvorba spojitých modelů terénu)
- Data200, Data50 – terénní reliéf (vrstevnice, ...)
  - otevřená (volně dostupná) data



# Stávající datové zdroje – ČR

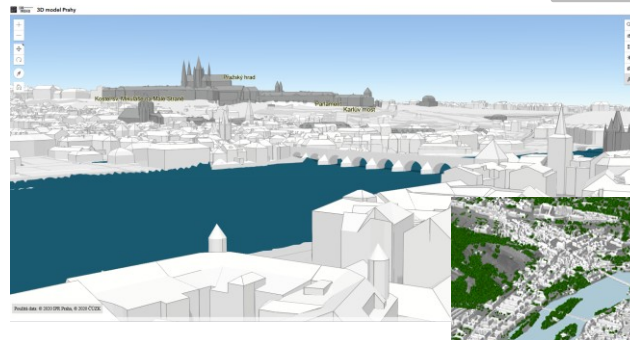
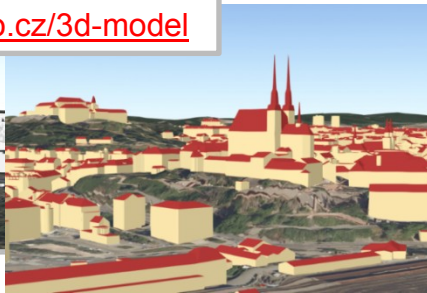
- Komerční data
  - Nejznámější příklad – **Mapy.cz**
- Otevřená data některých měst
  - **Praha** – vytvořeno pomocí stereofotogrammetrie z leteckých snímků
  - **Brno** – vytvořeno stejnou metodou jak v předchozím případě



**Mapy.cz**  
[https://mapy.cz/zakladni?  
x=16.5972994&y=49.203  
9635&z=19&m3d=1&heig  
ht=229&yaw=0&pitch=-  
30&l=0&base=ophoto](https://mapy.cz/zakladni?x=16.5972994&y=49.2039635&z=19&m3d=1&height=229&yaw=0&pitch=-30&l=0&base=ophoto)



**3D model Brna**  
<https://www.brno.cz/3d-model>



**3D model Prahy**  
<https://app.iprpraha.cz/apl/app/model3d/>



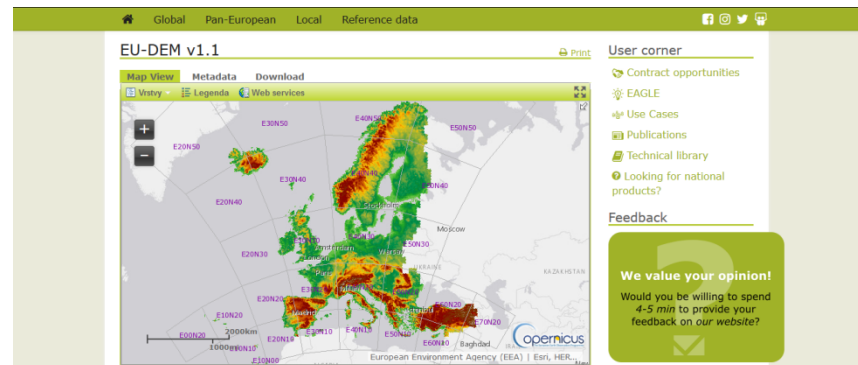
# Stávající datové zdroje – svět

- Pro praktické využití je důležité znát rozsah, ale především také přesnost a podrobnosti 3D dat
  - Záleží na účelu využití dat
  
- Některé data jsou poskytovány komerčním způsobem (za úplatu), jiné jsou dostupné volně (zdarma)
  - Mezi volně dostupné zdroje dat patří např. 3D modely budov lze generovat z dat Open Street Map (OSM)
  - Rovněž EU-DEM je dostupný zdarma. Je to digitální model terénu distribuovaný jako rastr s velikostí pixelu 25m



OSM

<https://wiki.openstreetmap.org/wiki/3D>



EU-DEM

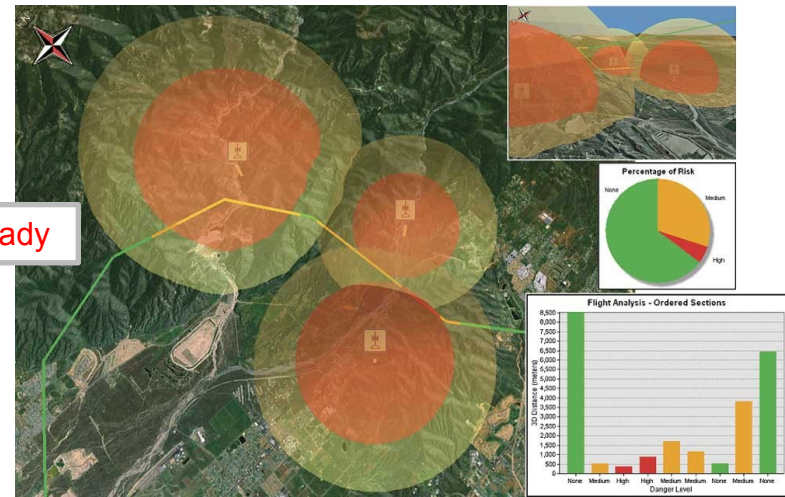
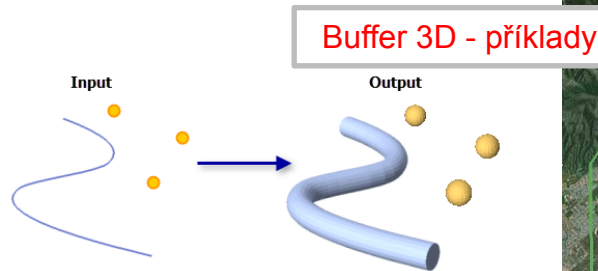
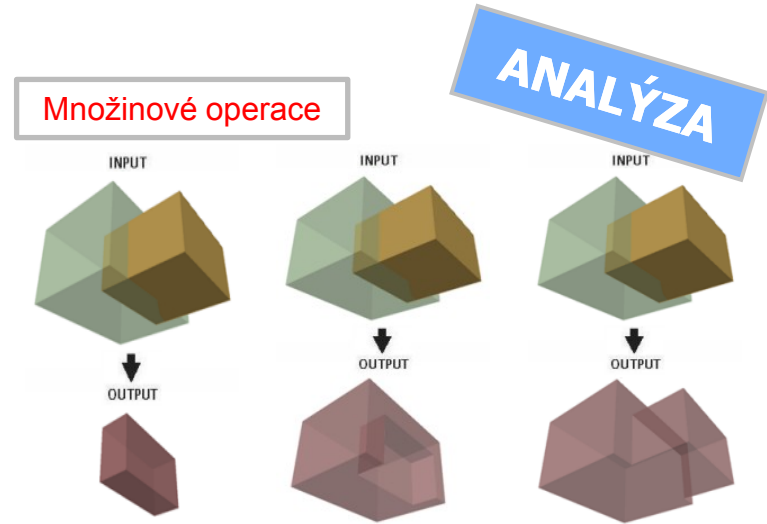
<https://land.copernicus.eu/pan-european/satellite-derived-products/eu-dem/eu-dem-v1.1>





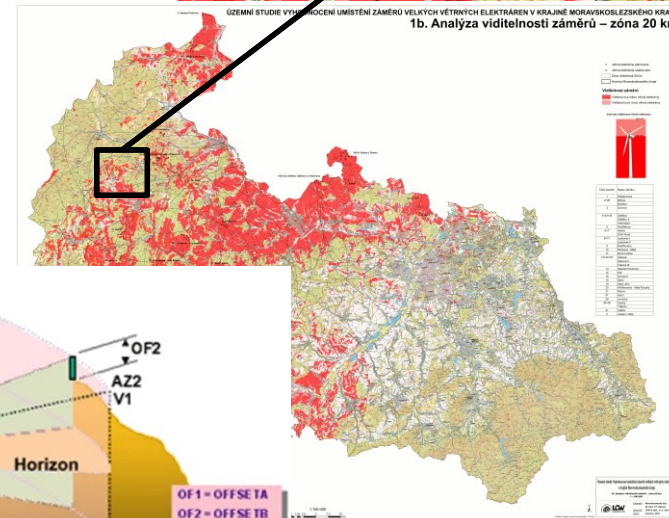
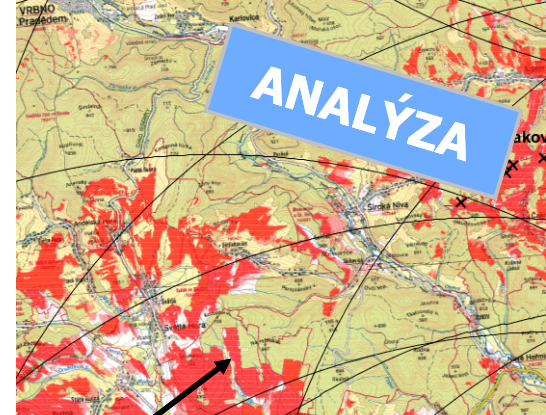
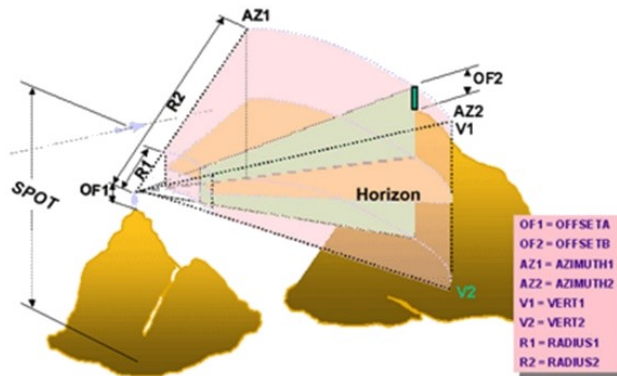
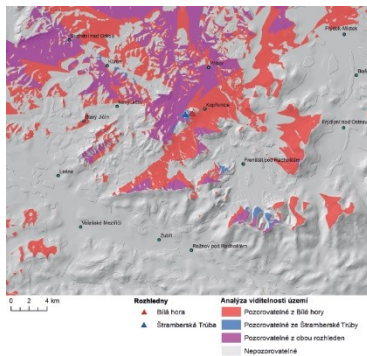
## Základní analýzy ve 3D

- Výpočty objemů, povrchů (na terénu)
- Množinové operace (3D Overlay Algebra)
  - Union 3D
  - Intersect 3D
  - Difference 3D
- Buffer 3D – 3D obalové zóny
- Inside 3D
- Near 3D – vzdálenost ve 3D prostoru



# Analýzy viditelnosti

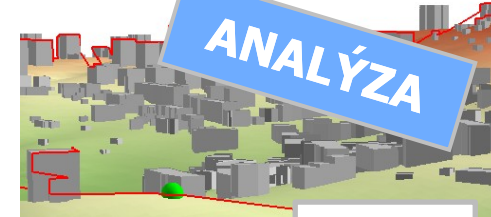
- Slouží k ...
  - určení ploch, které jsou viditelné z pozorovacího místa (např. z rozhledny)
  - Určení ploch, odkud je vidět daný objekt (např. větrnou elektrárnu nebo plánovanou výškovou budovu)
  - ...
- Konkrétní analýzy jsou např.:
  - Viewshead
  - Visibility



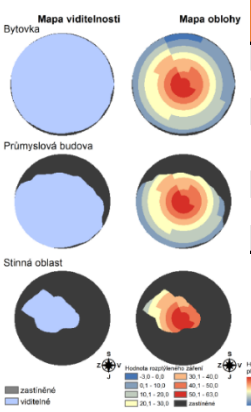
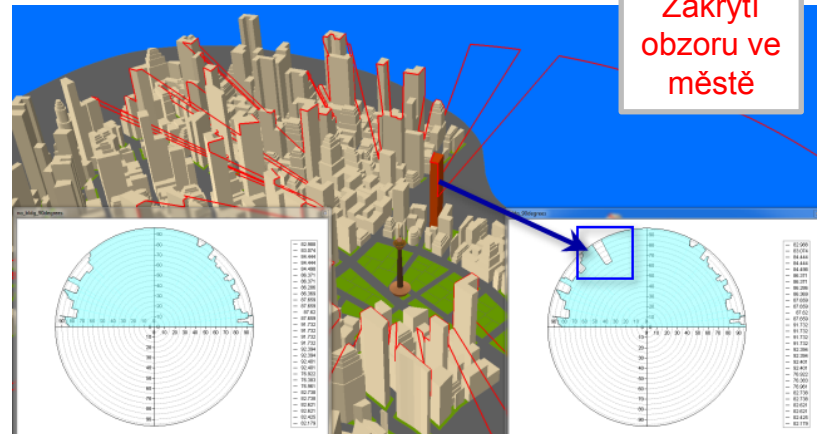
# ANALÝZA

## Analýza zakrytí obzoru, oslunění a zastínění

- Solar Radiation – výpočty solární insolace
- Výpočet zakrytí obzoru
  - SkyLine
  - SkyLine Barrier
  - SkyLine Graph
- SunShadowVolume



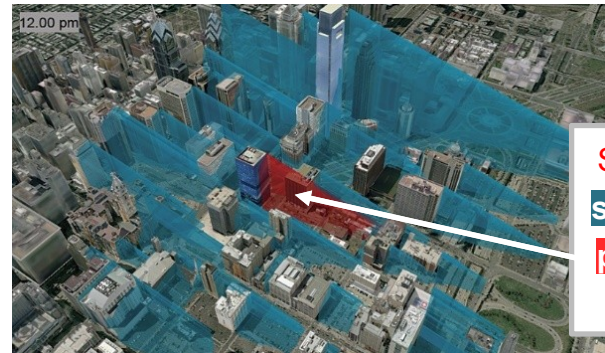
Zakrytí obzoru ve městě



Celková intenzita energie [WH/m <sup>2</sup> ]	
Bytovka 1	1 045 257,89
Bytovka 2	1 003 098,78
Pole	998 046,72
Průmyslová budova	997 129,16
Garáž	995 598,72
Rodinný dům	741 765,45
Stinná oblast	198 033,14



Solární insolace v Pardubicích



Stíny vržené stávajícími a plánovanou budovou

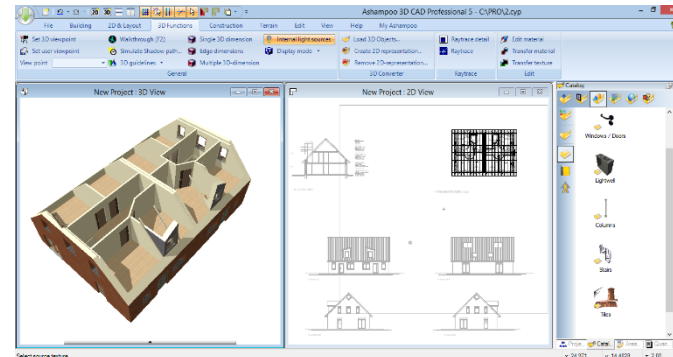
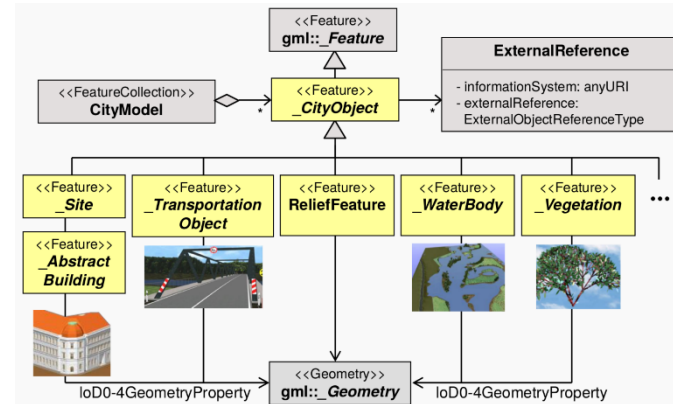


## Datové formáty a standardy

- Formáty počítačové grafiky
  - VRML, X3D, COLLADA, glTF, ...
- CAD formáty
  - DWG, DXF, DGN
- Geoinformatika
  - Multipatch, KML, CityGML, ...
- ... standardizace datových modelů

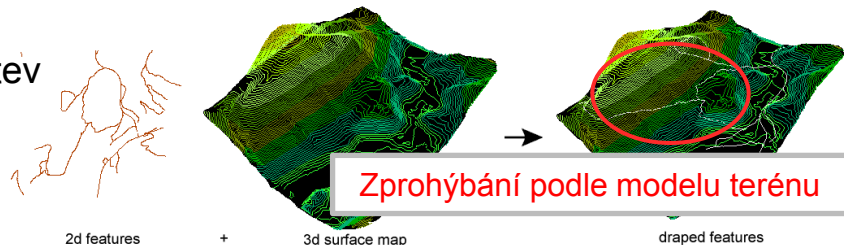
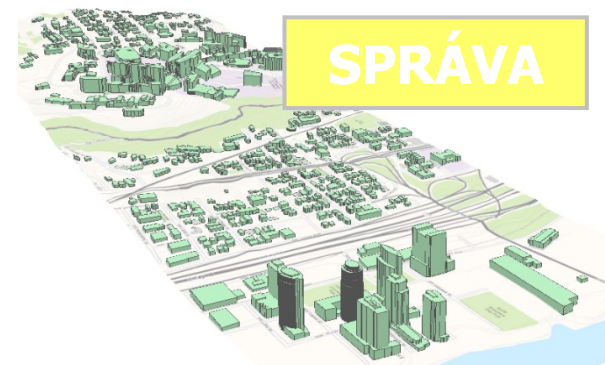


SPRÁVA



## Převod dat z 2D do 3D

- Vytvoření 3. rozměru z atributu(ů)
  - budova má 3 patra, průměrná výška patra je 3 metry – výška budovy = 9 m
- Získání 3. souřadnice z jiných vrstev
  - umístění na model terénu a „zprohýbání“ 2D vrstev
- Data již jsou 3D
  - i v tomto mohou být nutné další úpravy ...
    - ▣ Transformace souřadnicových systémů, např.
    - ▣ Aplikace 3D variant množinových GIS operací (viz slajd „Základní analýzy ve 3D“)



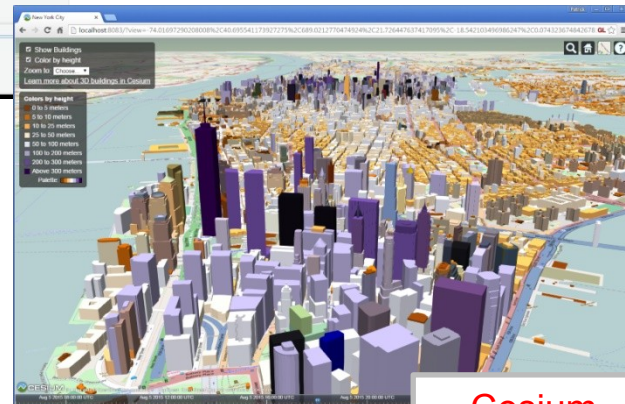
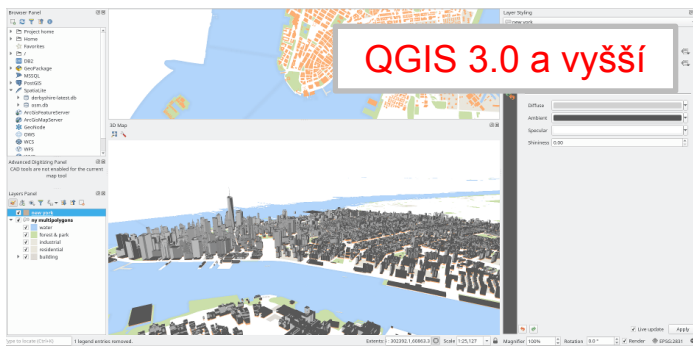
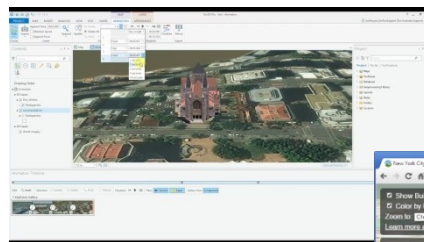
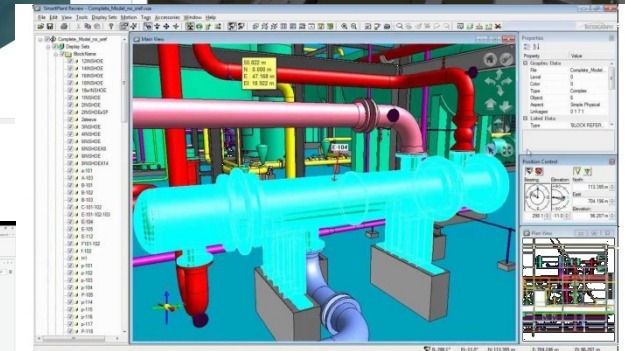
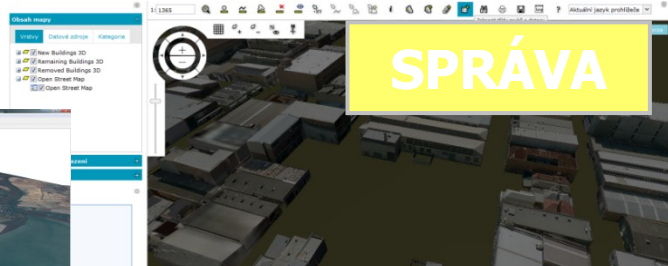
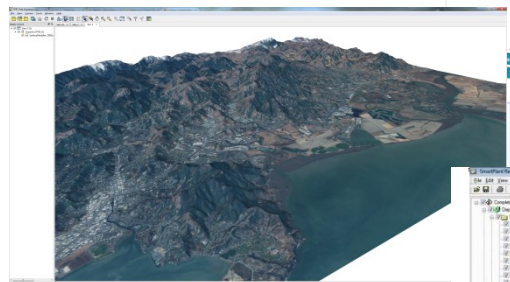
kartézské souřadnice (X, Y + Z)



zeměpisná šířka, zem. délka + **výška nad referenčním tělesem**

# Software

- Komerční i open source
- Desktopové programy
  - Grafické programy
  - CAD programy
  - GIS – ArcScene, QGIS 3+, ...
- Webové technologie
  - Cesium, Three.js, ...



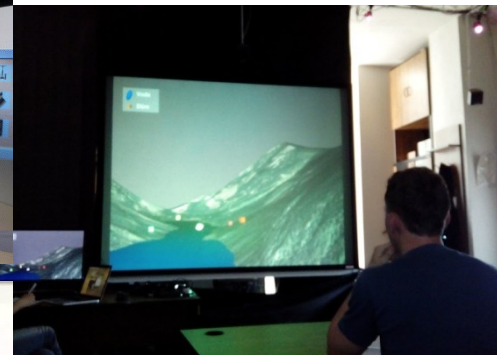
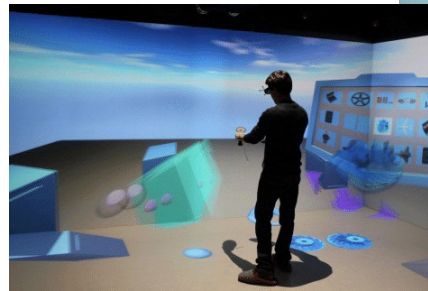


## Audio 6



# Virtuální realita

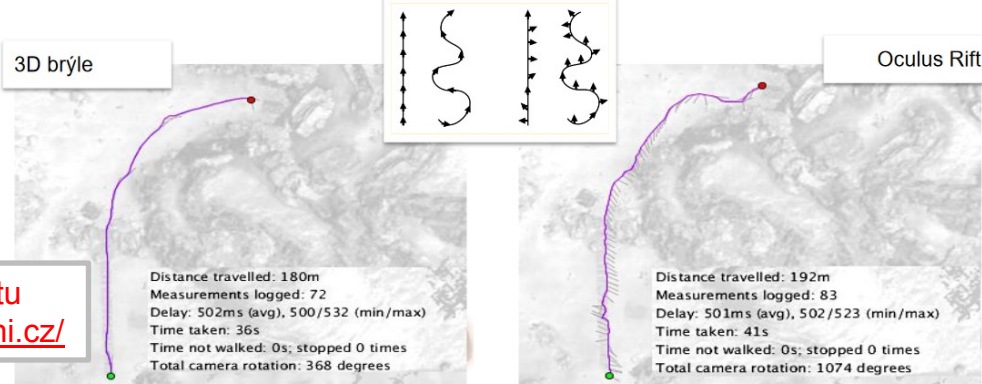
- Rostoucí výpočetní síla
- Hitech systémy
  - CAVE systémy
  - helmy pro virtuální realitu
- „Low end“
  - Chytrý telefon
  - Klasický počítač (desktop, notebook)
  - Google Cardboard



## 3D vizualizace & uživatelé

- Uživatelé: odborníci, státní správa, široká veřejnost, ...
- Otázkou je:
  - Rozumí lidé 3D vizualizaci?
  - Dokáží z ní zjistit hledané informace (rychle a správně)?
  - Není lepší „klasická“ 2D mapa, např. na papíře?
  - Jak udělat 3D vizualizaci, co nejsrozumitelnější?
- Odpovědi poskytuje **uživatelské testování**

Na MUNI řešeno např. v rámci projektu  
Carto4edu – <http://carto4edu.ped.muni.cz/>



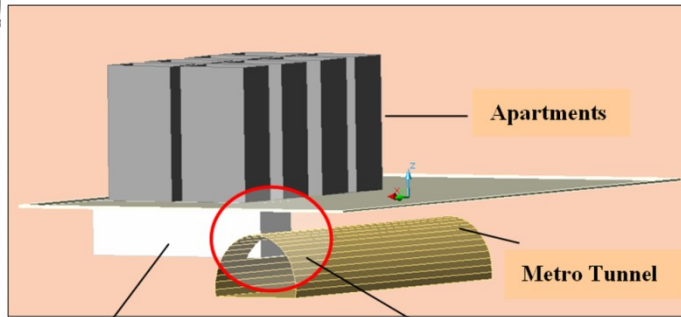
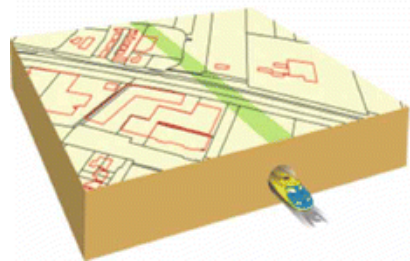
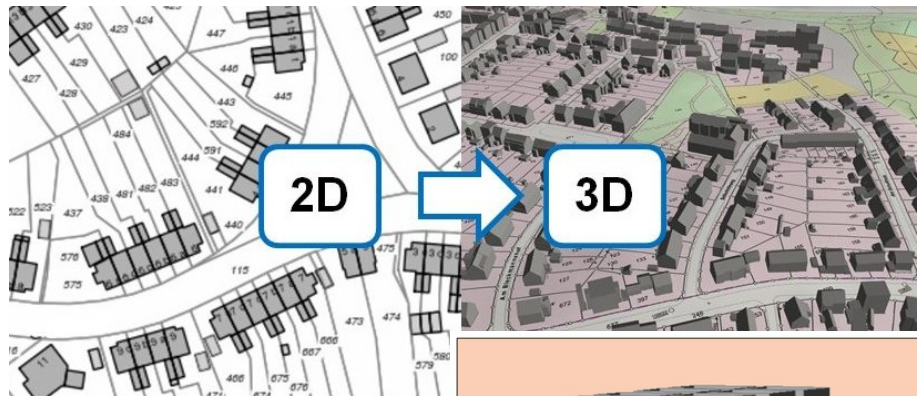




## Příklady využití & ukázky konkrétních aplikací

- 3D modely a 3D vizualizace prostorových dat se využívají v řadě oblastí
  - Územní plánování (modelování viditelnosti – např. jak plánovaná budova ovlivní panorama města, modelování zastínění – jak plánovaná budova ovlivní distribuci slunečního světla ve svém okolí)
  - **3D katastr nemovitostí**
  - Modelování znečištění a **hlukové mapování**
  - **Energetické simulace a analýzy** (např. určení potenciálu pro umístění solárních elektráren)
  - **Krizové řízení** (celá řada úloh – modelování povodní a eroze, např. sesuvů; simulace výbuchů)
  - Popularizace a propagace, turistika či sport, ...
- Příklady konkrétních aplikací (z *tuzemska*)
  - **3D v Mapách.cz**
  - **3D model Prahy** (IPR)
  - **Analýzy výškopisu** (ČUZK)

# Možné aplikace – 3D katastr

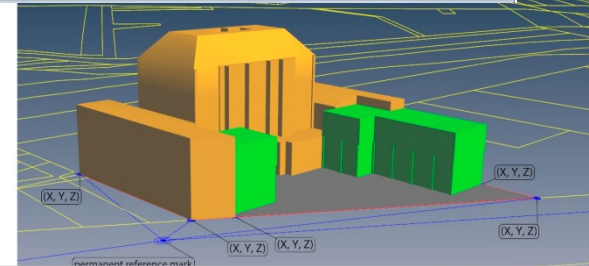


Underground parking area

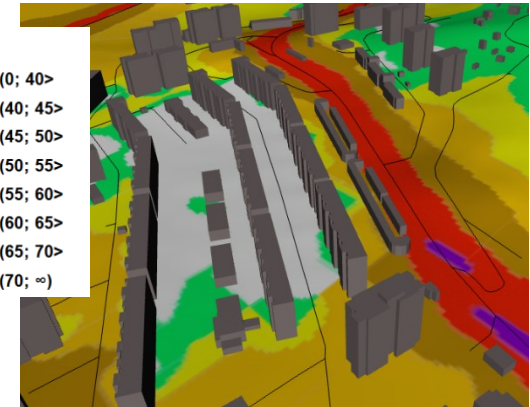
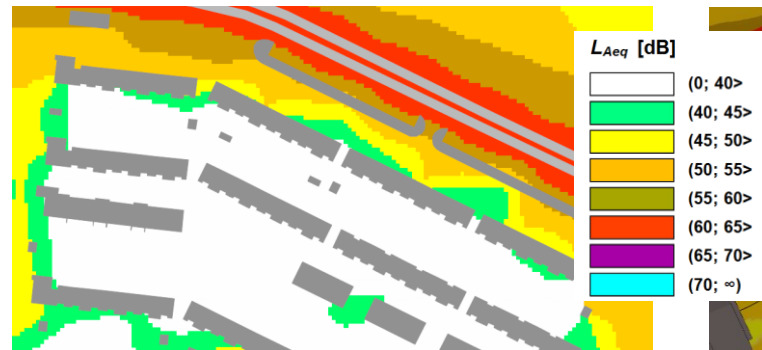
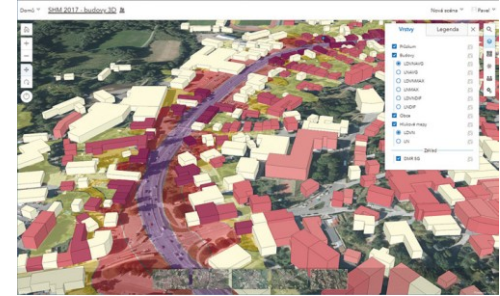
Technical and legal problems

Má smysl pokud se vlastnické poměry liší v různých výškových hladinách – např. netypické budovy, podchody, tunely a jiné podzemní stavby vedení sítí. V rámci 3D katastru lze přesně vymežit také jednotlivé bytové jednotky. Při realizaci existuje řada problémů (legislativní, sběr dat, ...)

V různých zemích jsou 3D katastry v různých fázích – často jen prototypy apod. Nejdál je tato problematika dořešena v Nizozemsku



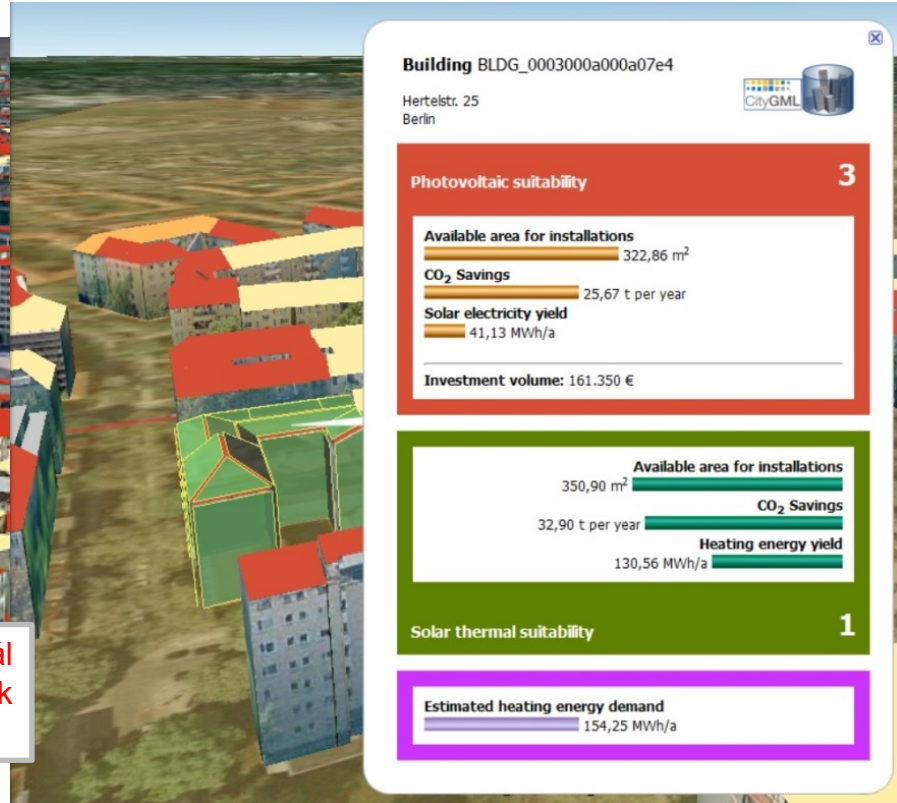
# Možné aplikace – hlukové mapování ve 3D



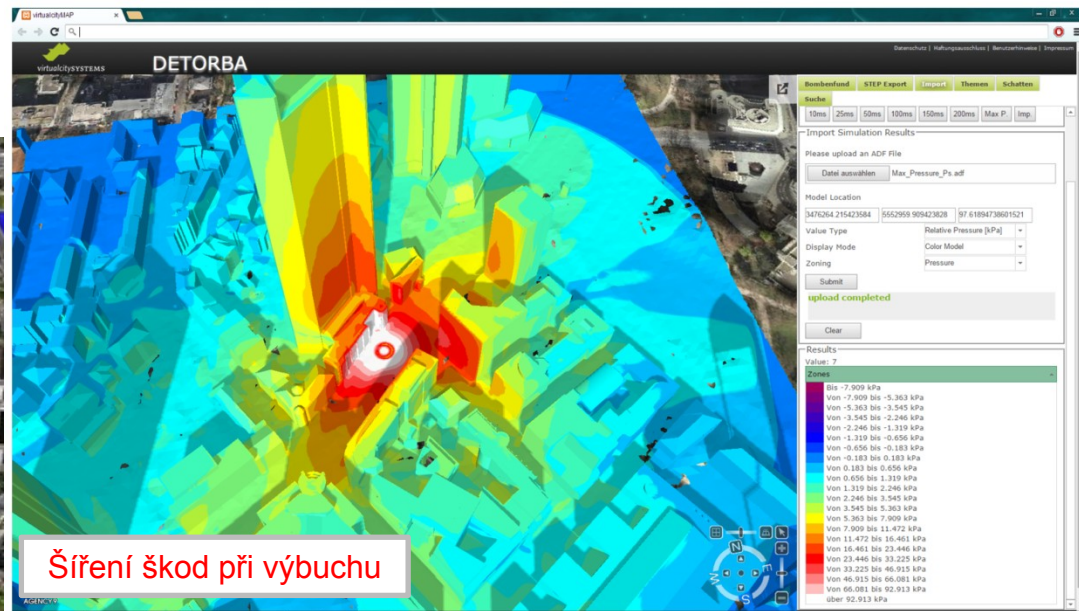
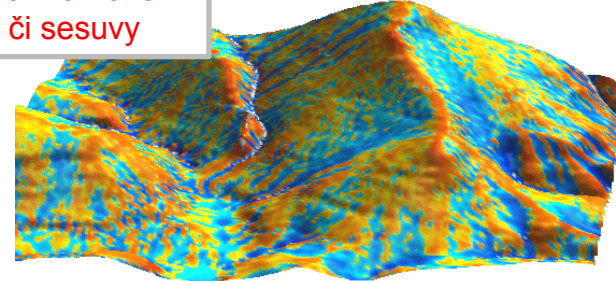
# Možné aplikace – energetické simulace a analýzy



Zahrnuje jak modelování možné výroby energií (zde: potenciál střech pro umístění solárních panelů a jejich možný výkon), tak modelování spotřeby energií (např. tepelné ztráty)



# Možné aplikace – krizové řízení



Šíření škod při výbuchu

Modelování povodní ve 3D



## Aplikace – 3D vizualizace v Mapách.cz

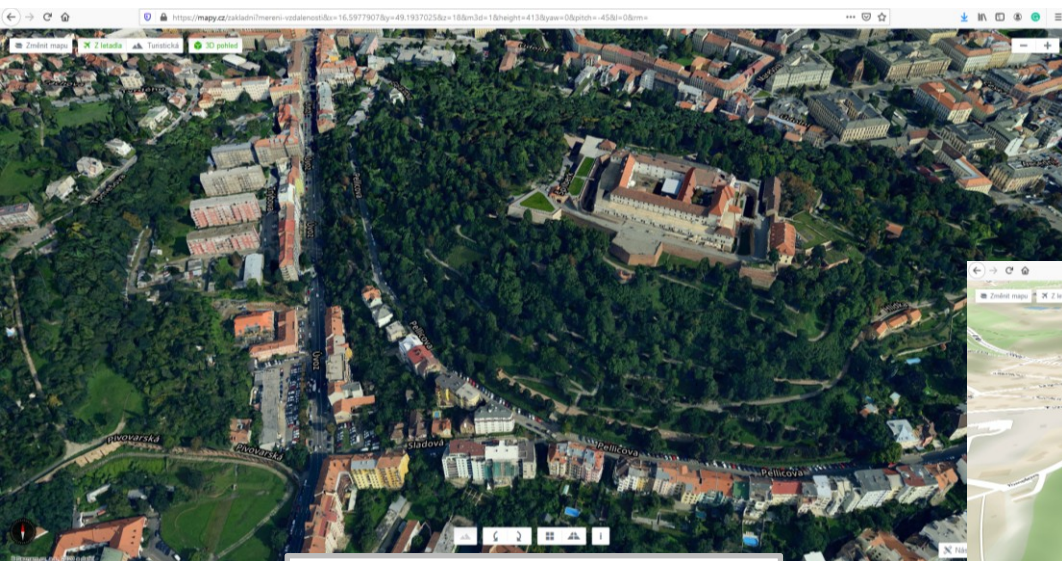
Jednoduchá funkcionalita. Umožňuje defacto jen prohlížet 3D data.

Na zpracování dat se podíle společnost Melown Technologies (<https://www.melowntech.com/>).

Ukázky činnosti firmy Melown Technologies jsou zde:

<https://www.melown.com/maps/>;

<https://www.melown.com/maps/?x=511946&y=5610765&d=90&rx=309&ry=-40&ho=20&rotate=0#frydstejn>



Můžete vyzkoušet zde:  
<https://mapy.cz/s/lafuforopu>

Můžete vyzkoušet zde:

<https://mapy.cz/s/madafukepa>



# Aplikace – 3D model Prahy IPR

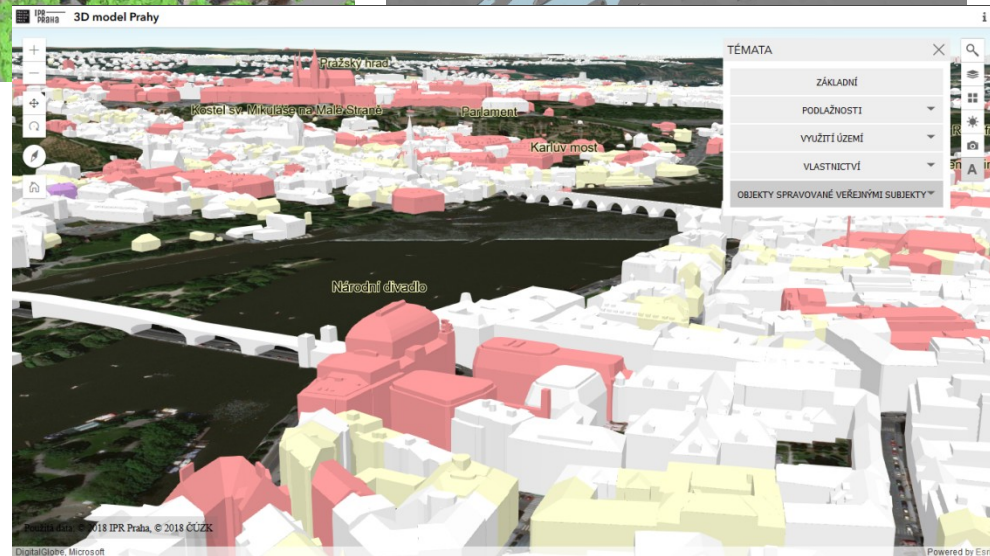
IPR = Institut plánování a rozvoje hl. města Praha



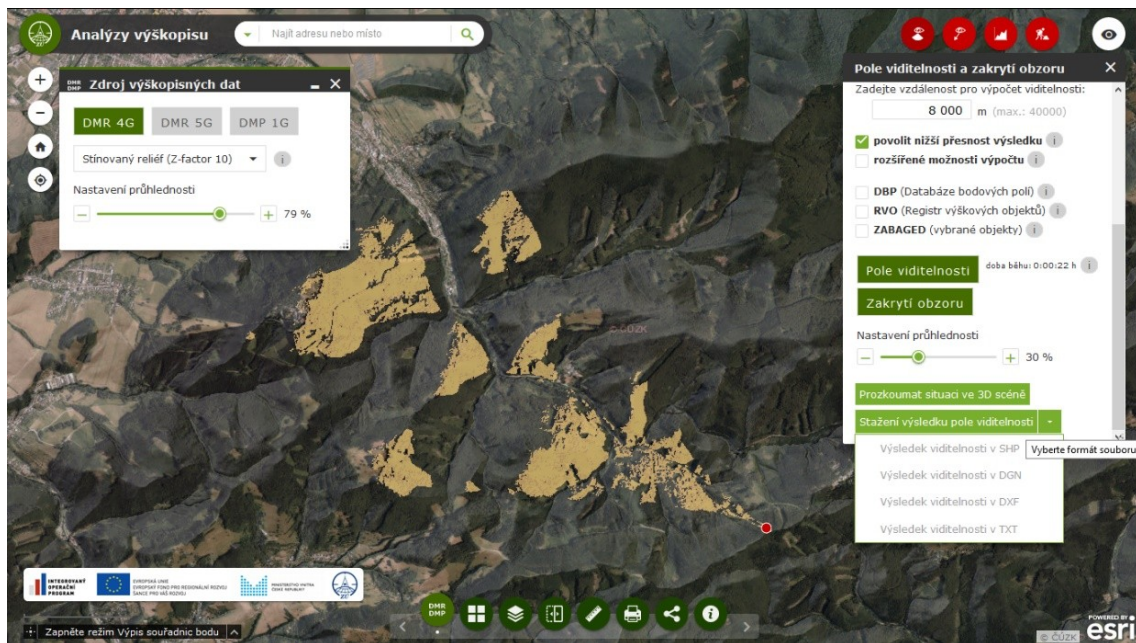
Umožňuje prohlížet 3D model Prahy. Funkcionalita je jednodušší. Budovy lze „obarvit“ podle různých atributu (veřejné budovy, účel využití, ...) Zejména historické centrum je modelováno podrobně.



Můžete vyzkoušet zde:  
<https://app.iprpraha.cz/apl/app/model3d/>

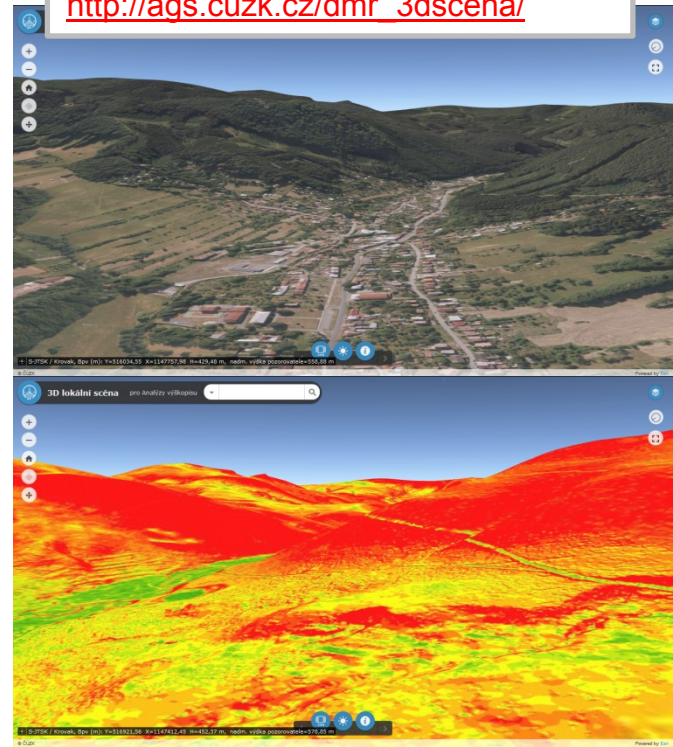


# Aplikace – Analýzy výškopisu ČÚZK



Můžete vyzkoušet zde: <https://ags.cuzk.cz/dmr/>  
Lze využít při plánování staveb či turistice

Webová aplikace, která pracuje s daty ČÚZK (DMR 4G, 5G a DMP 1G) a umožňuje analýzy viditelnosti, konstrukci terénních profilů, orientační výpočet objemu apod. Výsledky analýz lze stáhnout (jako Shapefile) nebo zobrazit ve 3D scéně [http://ags.cuzk.cz/dmr\\_3dscena/](http://ags.cuzk.cz/dmr_3dscena/)





## Aplikace 3D GIS – shrnutí & některé aktuálně používané související **termíny**

- 3D modelování a vizualizace může být **nákladné** – zejména pořizování nových dat
- Záleží přitom na účelu výsledného 3D modelu, vizualizace či 3D GISu
- Je proto vhodné uvažovat u **využití 3D modelů ve více různých oblastech**, mimo již zmíněné to jsou také:
  - Územní plánování („**geodesign**“, **participace veřejnosti**)
  - Evidence a správa budov v různých měřítcích (**facility management**, **Building Information Modeling**, památková péče, ...)
  - „**Chytré budovy**“ (**indoor navigace**, ...) a chytré města („**smart cities**“)
  - Environmentální problematika (**analýzy městského klimatu**, ...)
  - Podpora krizového řízení (evakuace z budov či prostoro jako jsou stanice metra)
  - Propagace, popularizace, „**virtuální turistika**“, „**serious games**“, ...

# „Závěrem ...“

- Kde se dozvíte víc?**
  - Z8113 Kartografické modelování
  - Z8818 Aplikovaná geoinformatika
  - Z8311 3D modelování a vizualizace**
  - nebo individuálně při zpracování bakalářský či diplomových prací

## Analýza viditelnosti z Bezručovy a Raškovy vyhlídky

Teréza COUFALOVÁ, Veronika VYBRALOVÁ, Lucie GEHEROVÁ, Jana MORÁVKOVÁ  
Masarykova univerzita, Brno 2014

okres Nový Jičín

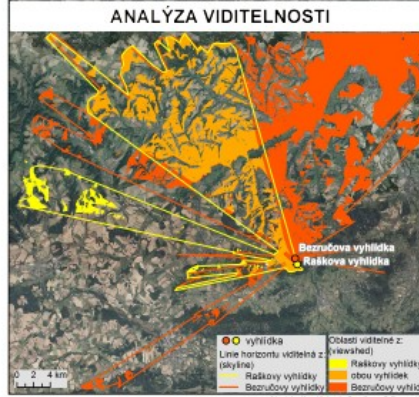
Pomocí nástroje GIS (v tomto případě v prostředí ArcMap a ArcScene od společnosti ESRI) je možné analyzovat viditelnost krajiny z konkrétních míst (např. rozhleden) - nebo analogicky viditelnost objektů (např. věžní či větrných) z okolního území.

**DATA**  
Vstupními daty by pouze vektorové vektorové (země, vektorové vrstvy lesů a souhrnná vyhlídka).

**PŘÍPRAVA DAT**  
Základem bylo očištění vektorové od chyby a interpolací náhledem. Typo to Raškov vyhlídka digitálního modelu terénu (DMT) s rozlišením 10 m. Viditelnost byla vyhodnocena pomocí počítače (DMT), kde je vidět v území vegetační pokryv. A to dostalme upravme hranice lesů v oblačí vyhlídka podle WMS datových, obla přehledně. Mno vrstvy lesů na mapě a vektorovou přehledně eme vyhlídka vektor 20 m a jeji přehledně v DMT. Na základě jíji ch souhrnně byly vyhodnoceno bodové vrstvy oblačí vyhlídka a na základě informací v DMT je to bylo získané interpolací náhledem interpolací. Složte přehledně takové vyhlídka souhrnně.



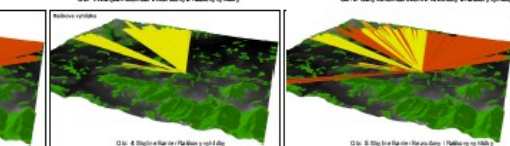
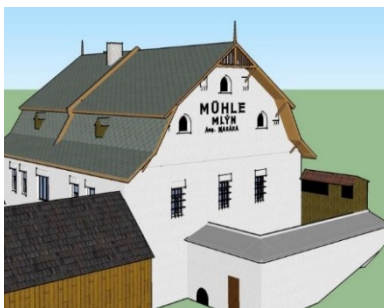
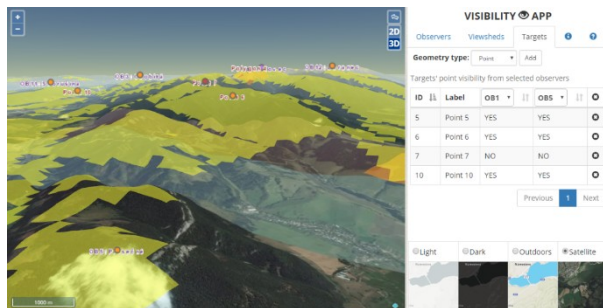
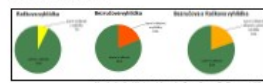
Bezručova vyhlídka je místo rozhledu v pohledu a plánovní územím na okolí městečka, v té době to bylo od roku 2012 do roku 2014, v pořadí již třetí rozhledna. Tato celostátní konkurence se konala v rámci projektu na 15 m v měřítku. Největší vyhlídka podle je pořadí třetího ve výšce 10 m a v měřítku 15 m v měřítku. Rozhledna je přístupná pouze z jedné strany.



Náhledna vyhlídka se nachází v místech vrcholů Pákovice (646 m n. m.) na výhledové vzdálenosti 10 m. V blízkosti vrcholů je digitální model terénu (DMT) s rozlišením 10 m. V blízkosti vrcholů je digitální model terénu (DMT) s rozlišením 10 m. V blízkosti vrcholů je digitální model terénu (DMT) s rozlišením 10 m.

### ANALÝZA VIDITELNOSTI

Po předprůzkumných dat by provedeny samostatně analýzy viditelnosti. Následně je viditelnost vyhodnocena pomocí výhledové krajiny (např. rozhleden) z konkrétních míst (např. rozhleden) - nebo analogicky viditelnost objektů (např. věžní či větrných) z okolního území. Vstupními daty by pouze vektorové vektorové (země, vektorové vrstvy lesů a souhrnná vyhlídka).



Obraz 3: Území viditelnosti z Raškovy vyhlídky a Bezručovy vyhlídky



Obraz 4: Území viditelnosti z Raškovy vyhlídky a Bezručovy vyhlídky

**ZÁVĚR**  
Pomocí nástroje GIS (v tomto případě v prostředí ArcMap a ArcScene od společnosti ESRI) je možné analyzovat viditelnost krajiny z konkrétních míst (např. rozhleden) - nebo analogicky viditelnost objektů (např. věžní či větrných) z okolního území. Vstupními daty by pouze vektorové vektorové (země, vektorové vrstvy lesů a souhrnná vyhlídka).



# Děkuji za pozornost

RNDr. Lukáš Herman, Ph.D. – [herman.lu@mail.muni.cz](mailto:herman.lu@mail.muni.cz)

Geografický ústav,  
Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita,