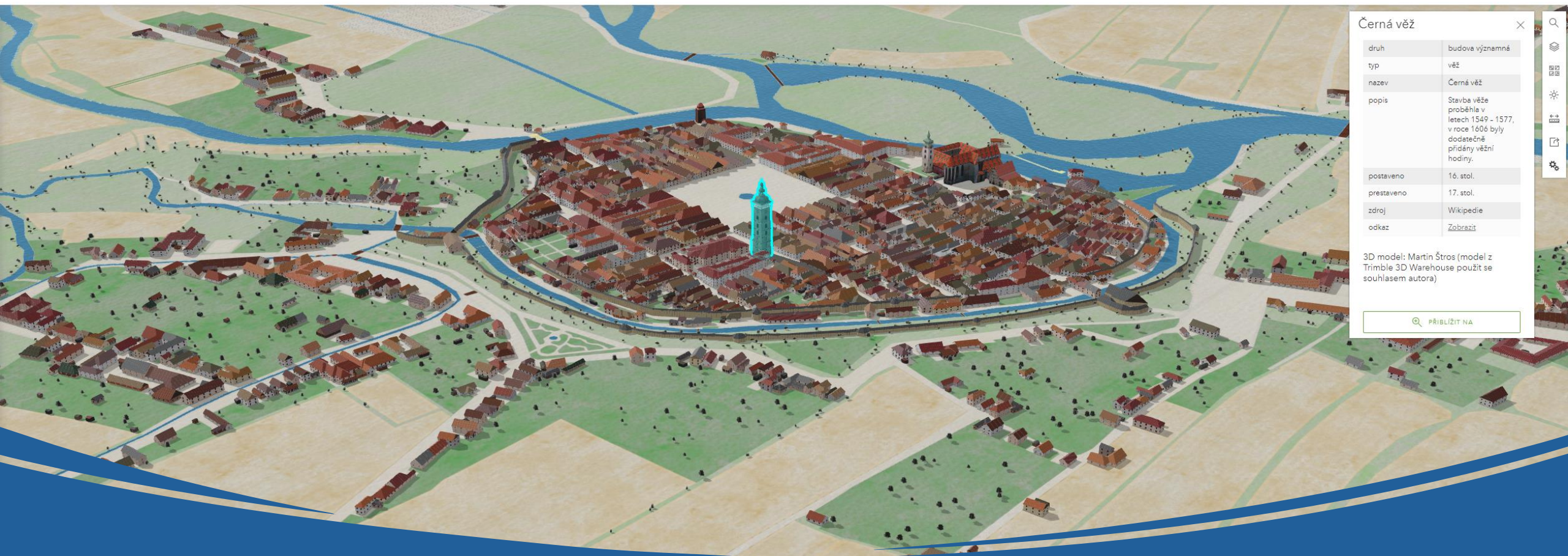


- 155YV3D

- Zaměření na - dokumentace historických památek - tvorba VR muzea od tvorby modelů po VR aplikaci vytvořenou v Unreal Engine. Využívání fotogrametrie, laser sken, unreal engine, vr, ar
- zaměření na GIS výstupy, procedurálnímu modelování, tipuju že v unreal engine), rozšířenou realitu a herní engine Unity
- celkový kurz by měl účastníky naučit základní práci ve dvou největších a nejvyužívanějších Herních enginech Unreal a Unity a jejich propojení s GIS a památkovou péčí (VR muzeum), naučit je optimalizaci modelů pro použití ve VR, práci s materiály (materiál se skládá z textur, tedy materiál = např. difuzní textura, normálová texture, výšková mapa a další.)



Černá věž

druh	budova významná
typ	věž
název	Černá věž
popis	Stavba věže proběhla v letech 1549 - 1577, v roce 1606 byly dodatečně přidány věžní hodiny.
postaveno	16. stol.
prestaveno	17. stol.
zdroj	Wikipedie
odkaz	Zobrazit

3D model: Martin Štros (model z Trimble 3D Warehouse použit se souhlasem autora)

PŘÍBLÍŽIT NA

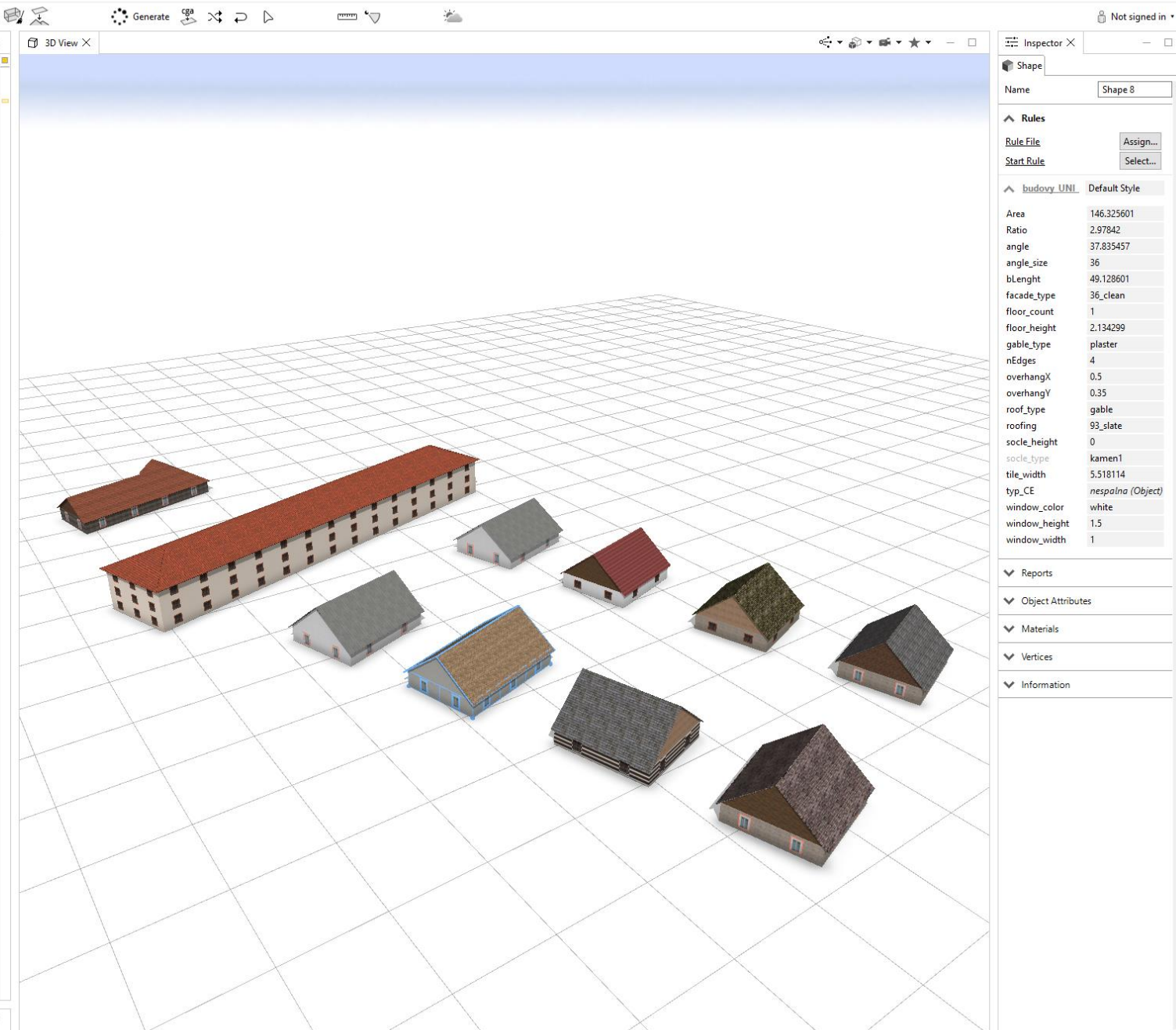
Úvod do 3D GIS

- ArcGIS Pro - globální × lokální scéna
- Importy 3D dat (modelů) do geodatabáze
- 3D symbologie pro body, linie, polygony, multipatch
- Úloha na tvorbu 3D vizualizace zvolené obce, publikace jako Scene Layer do AGOL



Procedurální modelování

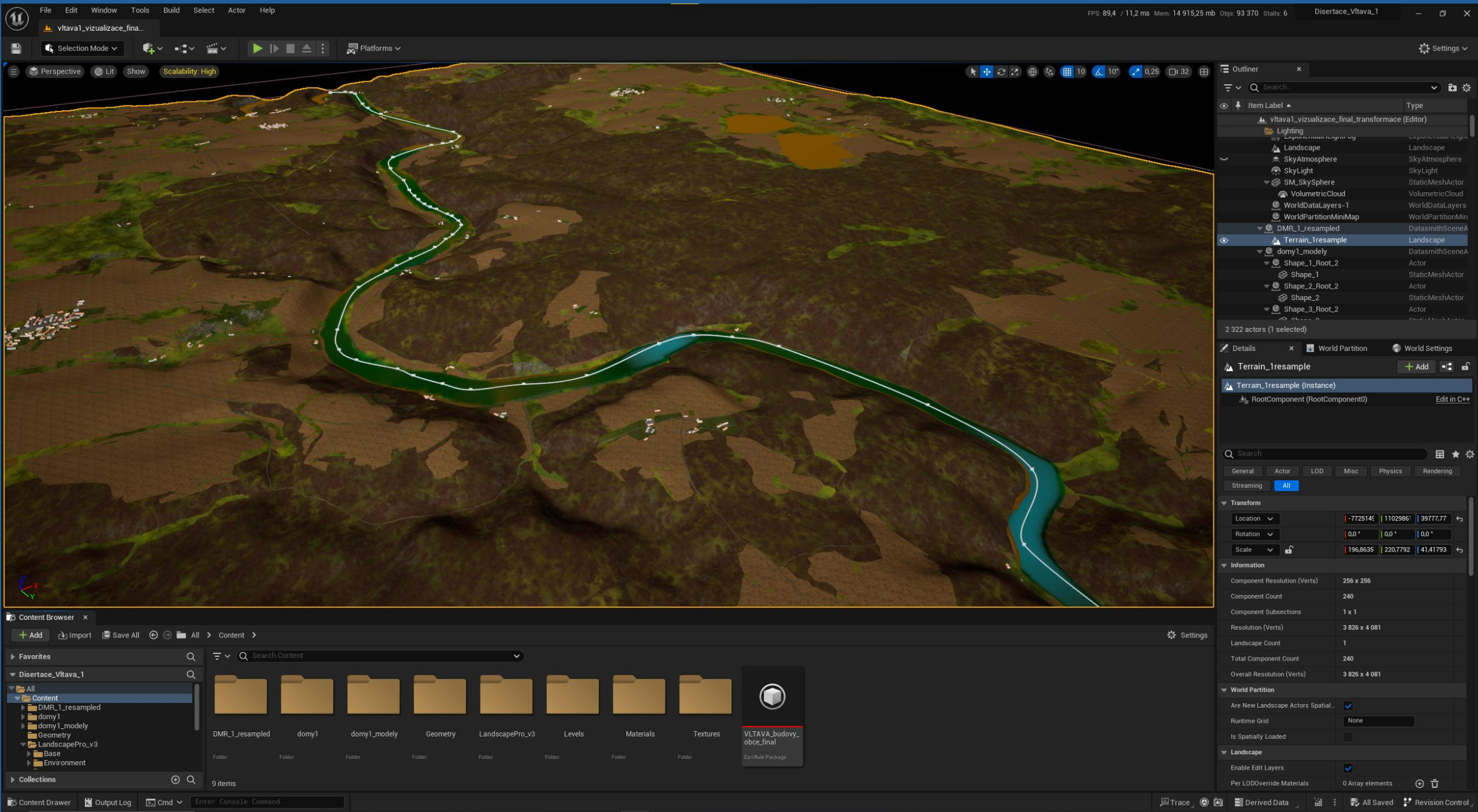
- Úvod do ESRI CityEngine, využití procedurální modelování
- Tvarová gramatika CGA, tvorba souborů pravidel
- Rozšíření úlohy z minula o procedurální modely budov
- Proc. modelování v ArcGIS Pro a UE





Práce s GIS daty v UE

- Požadavky na GIS data, využití rastrů v UE
- Pluginy, import GIS dat skrze Datasmith
- Procedurální modelování budov, procedurální generování vegetace
- Rozšíření předchozích úloh o import GIS dat z vizualizace do UE a procedurální modelování v UE



Základy AR a VR

Jako první popisuje VR Ivan Sutherland v roce 1965. Od této doby zaznamenala VR značný rozvoj ve všech směrech: hardware, software, dostupnost.

VR

VR takový soubor počítačového hardwaru a softwaru, který vizuální projekcí, zvukem a dalším působením na lidské smysly dokáže v co největší míře uživatele pohltit. Jiná definice popisuje jako virtuální realitu trojrozměrnou simulaci prostředí, která je počítačově generována, za využití speciálního hardwaru.

VR definují čtyři klíčové prvky: virtuální svět, ponoření, smyslová zpětná vazba a míra interaktivity. (virtual world, immersion, sensory feedback a interactivity)

Nezbytnou součástí každé VR je vhodná kombinace těchto hlavních elementů. Části díla podrobně popisující co tvoří VR jsou na závěr shrnuty do pěti vět. VR je komunikační médium. VR vyžaduje fyzické ponoření. VR stimuluje smysly. VR je interaktivní. VR může psychicky pohltit uživatele.

Virtuální svět je tedy imaginární prostor prezentovaný VR

- (**virtual world**) Virtuální svět je imaginární prostor prezentovaný VR
- (**immersion**) ponoření - tento prvek je částečně měřítkem, jak moc je uživatel obklopen virtuálním světem. Ponoření má také za úkol uživatele do imaginárního světa uvést tak, aby si toho byl vědom co nejméně.
- (**sensory feedback**) smyslová zpětná vazba - Na uživatele přímo působí smyslová zpětná vazba na základě jeho fyzické polohy. Okamžitá interaktivní zpětná vazba má za důsledek vysoké nároky na hardware zprostředkujícího zařízení (PC apod.). Pro smyslovou zpětnou vazbu je nutné aby systém VR měl stále aktuální informace o pohybu a poloze uživatele. Tyto způsoby snímání pohybu uživatele jsou různé
- (**interactivity**) míra interaktivity světa ve VR je schopnost virtuálních objektů a prostředí reagovat na akce uživatele. Uživateli dává interaktivita pocit zapojení do virtuálního světa, uživatel je tak svým jednáním schopen rozhodovat o změnách a akcích v něm. Interaktivita je tedy míra schopnosti ovlivnit virtuální svět prostřednictvím fyzických akcí uživatele

AR

AR – Augmented reality

rozšířená realita je přímý nebo nepřímý pohled na reálné prostředí v reálném čase, který je rozšířen o počítačem generované informace. Jinými slovy, rozšířená realita propojuje reálný svět s virtuálním. Rozdíl AR od VR je především v míře ponoření. Ve VR je uživatel zcela ponořen, aniž by viděl skutečný svět. AR uživateli pouze rozšiřuje skutečný svět prostřednictvím virtuálních objektů. Rozšířená realita nemusí vytvářet výlučně zrakové vjemy ale také vjemy působící na ostatní smysly.

(Handbook of Augmented Reality, Borko Furht , 2011)

Historie

- první přístroj vytvářející a prezentující VR – Sensorama (vytvořil v roce 1956 kameraman Morton Heilig a patentoval jej v roce 1962. Prototyp při projekci krátkých filmů kombinoval trojrozměrné video, zvuk, vibrace, vůně a atmosférické jevy (vítr). Trojrozměrný obraz byl tvořen stereoskopickou 3D obrazovkou. Autor konceptu považoval Sensoramu za kino budoucnosti)
- Heilig v roce 1960 patentoval *Telesphere Mask*. Jednalo se o první displej, který byl umístěn přímo na hlavu uživatele, první *head mounted display* (HMD). Tento přístroj poskytoval pouze trojrozměrné obrazy a zvuk, žádné sledování pohybu uživatele neexistovalo
- 1965 představil Ivan Sutherland svou vizi *Ultimate Display*. Koncept představoval virtuální svět, který byl prohlížen prostřednictvím HMD. Realita měla být replikována na takové úrovni, aby ji uživatel nedokázal odlišit od skutečného světa. Zahrnuta tedy byla i interakce uživatele s objekty. Koncept obsahoval počítačový hardware vytvářející virtuální svět fungující v reálném čase. Tato vize je považována za základní plán VR
- Vojenský inženýr Thomas Furness vytvořil v roce 1966 první letový simulátor pro výcvik pilotů. Pro VR má tento milník značný význam, protože armáda následně uvolnila velké množství finančních prostředků na zlepšení a další výrobu letových simulátorů.
- První HMD pro VR vytvořil v roce 1968 Sutherland se svým studentem Bobem Sproullem. Hardware, který měl uživatel na sobě, musel být v důsledku vysoké hmotnosti zavěšen ze stropu. Vzhled byl inspirací pro pojmenování zařízení: The Sword of Damocles

- MIT (Massachusettský technologický institut) vydal v roce 1977 virtuální mapu Aspenu v Coloradu. Jednalo se o virtuální prohlídku podobající se dnešnímu Google Street View (myšlenka přenosu uživatele na vzdálená místa bez nutnosti fyzického cestování.) 1969 vytvořil Myron Krueger řadu zážitků z umělé reality prostřednictvím počítačů a video systémů. Vytvořil počítačem generované prostředí, které reagovalo na pohyby uživatelů. Kruegerovy projekty byly počátkem technologie VIDEOPLACE. V Milwaukee byla roku 1975 umístěna první Kruegerova VIDEOPLACE platforma (interaktivní virtuální realita). VIDEOPLACE využíval počítačové grafiky, projektory, videokamery a zařízení pro snímání polohy. Platforma fungovala zcela bez brýlí a rukavic. VIDEOPLACE byl vytvořen v temných místnostech s velkými obrazovkami, které uživatele obklopovaly. Uživatelé mohli vidět své, počítačem generované, siluety kopírující jejich pohyby a akce. Snímání pohybu bylo realizováno záznamem na kameru. Uživatelé v různých místnostech spolu mohli interaktivně provádět úkony ve virtuálním světě. Tento fenomén povzbudil myšlenku komunikace ve virtuálním světě bez nutnosti fyzické blízkosti
- První datové rukavice pro sledování gest uživatele vytvořili v roce 1982 Sandin a Defanti (sledování pohybu prstů bylo realizováno na bázi ohebných trubic, vybavených zdrojem světla na jednom konci a fotobuňkou na konci druhém.)

- Jaron Lanier a Thomas Zimmerman založili v roce 1985 společnost VPL Research. VPL Research vyvinula zařízení pro VR, například DataGlove, EyePhone HMD nebo Audio Sphere. Tato společnost byla první, která prodávala brýle a rukavice pro VR
- Antonio Medina, vědec NASA, navrhl v roce 1991 systém VR pro ovládání robotických roverů na Marsu v předpokládaném reálném čase, a to navzdory zpoždění signálu způsobeným vzdáleností mezi planetami.
- V tomto období byly přivedeny na trh také první arkádové automaty využívající VR. Hráči byli přeneseni prostřednictvím HMD do virtuálního světa. Některá zařízení disponovala propojením v reálném čase s ostatními. Uživatelé tak mohli hrát hry pro více hráčů. Tento první hromadně vyráběný herní VR systém vytvořila skupina Virtuality.
- Společnost Google představila v roce 2007 Street View. Jedná se o virtuální prohlížení skutečného světa, vytvořeného z panoramatických snímků. Celý obsah se skládá ze dvou zdrojů: Google a samotní uživatelé. Následně roku 2010 spustil Google stereoskopický 3D režim pro Street View.

- roku 2010 vytvořil Palmer Luckey, osmnáctiletý podnikatel, první prototyp náhlavní soupravy Oculus Rift. Zorné pole zařízení bylo 90 °. Tento projekt obnovil zájem o vývoj VR.
- Luckey zahájil kampaň na Kickstarteru pro Oculus Rift v roce 2012, ve které se podařilo získat 2.4 miliony dolarů. Přelomový byl pro společnost Oculus VR rok 2014. V tomto roce koupila společnost za 2 miliardy dolarů Facebook. Tento krok byl rozhodující pro budoucnost VR.
- Téhož roku společnost Sony oznámila, že pracuje na projektu Morpheus neboli headsetu VR pro PlayStation 4.
- Google vydal Cardboard (do-it-yourself stereoskopický prohlížeč pro smartphony). Společnost Samsung představila Samsung Gear VR, náhlavní soupravu, která používá prohlížeč Samsung Galaxy. Mnoho dalších společností a odborníků se v tomto období začalo zabývat možnostmi VR, včetně přídatných inovativních doplňků. Projekt Gloveone - zaměřen na vývoj

Metody sledování pohybu

- Většina mobilních zařízení pro VR, má pouze rotační sledování neboli **tři stupně volnosti (3DoF)**. Uživatel se může dívat nahoru a dolů, doleva a doprava nebo naklonit hlavu. Ale pokud se bude uživatel pohybovat, celý virtuální svět se bude pohybovat s ním. Tento způsob sledování pohybu neumožňuje uživateli se například procházet virtuálním světem nebo s ním přímo interagovat.

https://www.youtube.com/watch?v=Hfzkfi_RMel

- Moderní VR zařízení jsou vybavena pozičním sledováním neboli **šesti stupni volnosti (6DoF)**. Poziční sledování umožňuje uživateli se skutečně pohybovat ve virtuálním prostředí. Pokud disponují ovladače také 6DoF, může uživatel přímo interagovat s virtuálními objekty prostřednictvím rukou.

<https://www.youtube.com/watch?v=DdvBrKl3SHg>

- Sledování rotace je obvykle u většiny výrobců prováděno prostřednictvím mikroskopických elektromechanických gyroskopů. Společnosti však používají rozdílné technologie ke sledování polohy zařízení.

- Jednotná primární metoda sledování u většiny VR systémů spočívá v kombinaci mikroskopických elektromechanických akcelerometrů obsažený v *IMU* společně s *MEMS* snímači úhlů. Výstupní veličinou akcelerometru je zrychlení. Pokud je zrychlení derivováno přes čas, výslednou veličinou bude rychlost ($v = \int a \cdot dt$). Dále pak lze získat integrací rychlosti přes čas polohový vektor ($r = \int v \cdot dt$). Sledování založené na akcelerometru a výpočtu jeho polohy se během několika sekund posunuje k nekonečnu. Důvodem je užití dvojité integrace, chyby se při výpočtu hromadí.

... ..

Sledovací systémy

- **Constellation** (Oculus Rift; každé sledované zařízení má předdefinovanou konstelaci IR LED diod. Senzory, kterými jsou kamery s filtry pro zobrazení pouze v IR oblasti záření, odesílají obrazová data do počítače. Počítač zpracovává snímky a identifikuje polohu každé diody, určuje tak relativní polohu objektu. Software dokáže snadno rozpoznat, které LED diody jsou viditelné, protože zná tvar konstelace, pamatuje si, kde byl objekt na předchozím snímku. Známá jsou také data z akcelerometru (zrychlení) a gyroskopu (rotace). Každá dioda bliká na jiné frekvenci, aby byla identifikovatelná)
- **PlayStation VR** (kamery, pracující ve spektru viditelného záření. Panel pro zařízení PlayStation 4 obsahuje dvě kamery. Kamerová jednotka je připojena ke konzoli, která používá obrazová data ke sledování barevných pruhů světla na náhlavní soupravě a ovladačích).

- **Lighthouse** (Systém Valve SteamVR Lighthouse je využíván produkty HTC Vive. Na rozdíl od většiny ostatních systémů nepoužívá kamery vůbec. Systém je navržen tak, aby umožňoval polohové sledování v měřítku místnosti, aniž by bylo nutné vracet data ze základnových stanic do počítače. Základnové stanice jsou umístěny v protilehlých horních rozích místnosti. Nekomunikují s PC a nenesou senzory. Vyzařují širokoúhlý dvourozměrný IR laserový paprsek přes celou místnost, který tzv. zametáním postupuje celým prostorem po dobu 10 ms. Paprsek je vyzařován postupně po jedné a poté po druhé ose, tedy opakovaně v horizontálním a následně ve vertikálním směru. Před každou změnou osy vyzařování vyzařují silný IR záblesk světla. Každé sledované zařízení obsahuje řadu IR fotodiod připojených k čipu. Tento čip měří čas mezi IR zábleskem a zásahem objektu laserovým 2D paprskem pro každou osu. Tímto způsobem určuje polohu zařízení v místnosti).
- **Inside-Out** (VR zařízení používá fotoaparáty zabudované přímo do headsetu, které vyhodnocují polohu pomocí algoritmů počítačového vidění. Tento způsob sledování pohybu zařízení je označován jako inside-out. Algoritmus používaný pro vyhodnocení polohy je SLAM. Algoritmus SLAM funguje tak, že kamery zaznamenávají jedinečné statické prvky v místnosti. Porovnáním rotace a zrychlení s tím, jak se zaznamenané prvky pohybují, lze určit polohu headsetu)

- SLAM

(Simultaneous localization and mapping)

- SLAM je výpočetní problém tvorby nebo aktualizace mapy neznámého prostředí při současném sledování polohy agenta v něm. Existuje několik algoritmů řešení, některá alespoň přibližná, v přijatelném čase a pro určitá prostředí. Mezi oblíbené přibližné metody řešení patří částicový filtr, rozšířený Kalmanův filtr, Covariance intersection a GraphSLAM. Algoritmy SLAM se používají v navigaci, robotickém mapování a odometrii pro virtuální realitu nebo rozšířenou realitu.

- *Obecný proces při použití SLAM algoritmu:*
- 1. Přibližný odhad pozice zařízení - odometrie
- 2. Měření okolního prostředí – např. laserový skener
- 3. Vyhledání orientačních bodů v okolí na základě předchozího měření
- 4. Porovnání aktuálních bodů s uloženými v paměti z předchozích měření
- 5. Výpočet změny polohy zařízení z porovnání bodů
- 6. Uložení nově pozorovaných bodů do paměti

- Hardware VR :
 1. PC/konzole/smartphone
 2. headset
 3. ovladače a senzory.

- Dnes:

HTC (Taiwan) a Valve (USA), 2015.

- HTC Vive Pro (sluchátka, dva ovladače, dvě základnové stanice a headset dual AMOLED displayem o rozlišení 1440x1600 pixelů na jedno oko. Výsledné rozlišení je tedy 2880x1600 pixelů)
- HTC Vive Cosmos (vybaven osmi sledovacími kamerami. Kamery umožňují 310 ° pole sledování s šesti stupni volnosti. Kamery umožňují sledování pohybu a polohy zařízení bez nutnosti instalace základen.)

Oculus (od roku 2014 pod Facebook)

- Oculus Rift S (díky pěti kamerám zabudovaným do náhlavní soupravy Rift S je Insight schopen převádět všechny objekty do virtuálního prostoru pro skutečnou reprezentaci fyzického světa. Jedná se opět o metodu Inside-Out, která je doplňována hodnotami z gyroskopu, akcelerometru a magnetometru. Sledování

PlayStation VR

- Systém virtuální reality, Sony PlayStation VR, je určen pro použití s herní konzolí
- PlayStation 4 nebo PS4 Pro. Sedm šedých panelů umístěných na přední straně brýlí, společně s dvěma dalšími vzadu, skrývají barevná světla, která se rozsvítí při používání headsetu společně s kamerou PlayStation. Zařízení PlayStation Camera je vybaveno duálními objektivy a 3D hloubkovými snímači. Světla společně s kamerou zajišťují sledování polohy náhlavní soupravy i externích ovladačů DUALSHOCK 4, PlayStation Move nebo PlayStation VR aim.

Valve Index

- obsahuje dvě základnové stanice (umožňující sledování pohybu), dva ovladače a HMD. Sledování zařízení zajišťují senzory SteamVR 2.0, kompatibilní se základnovými stanicemi SteamVR 1.0 a 2.0. Dva dodávané ovladače Valve Indexu jsou zkonstruovány tak, aby je bylo možné pevně přichytit k ruce. Kombinace sledování pohybu prstů, kterým jsou ovladače vybaveny a pevného upevnění na ruce, umožňuje uživateli ve virtuálním světě například skutečně sbírat a upouštět předměty. Ovladače mají tlakové senzory, které detekují míru stisku ovládacích prvků uživatelem. Každý ovladač používá 87 senzorů různých typů: optických, pohybových, kapacitních a silových

- INS = IMU + GNSS
- Přímé georeferencování (Direct Georeferencing DG), které poprvé vyvinula společnost Applanix v 90. letech 20. století, a které se hojně používají pro letecký průmysl, začaly využívat zejména drony (RPAS, UAV). Inerciální technologie Applanix DG GNSS pracuje s mapovacími senzory - kamerami, LiDARy a hyperspektrálními senzory za účelem provedení efektivního mapování; každý pixel nebo bod dat senzoru je „přímo georeferencován“ bez rozsáhlého měření pozemních vlíčovacích bodů (Ground Control Points GCP) nebo jiného sběru dat.

Moderní vizualizace???

Dobře, pomocí webové aplikace...(prohlížeč mraků bodů nebo sítí)

<https://g4d.masterinter.net/demo-cvut-irak2-mesh/>

<https://g4d.masterinter.net/demo-cvut-irak1-mesh/>

<https://g4d.masterinter.net/demo-karavanserai-mesh/>

<https://g4d.masterinter.net/demo-ruiny-mesh/>

<https://g4d.masterinter.net/demo-kostel-mesh/>

https://g4d.masterinter.net/CVUT_FSV/pointcloud/Dul_Svornosti/dotviewer.html

Moderní vizualizace???

Dobře, pomocí VR...

**Bohužel, stále ve vývoji, je nutné použít
speciální komponenty a výkonnou výpočetní
techniku.**

Moderní vizualizace VR a AR Virtuální realita a rozšířená realita

Hardware pro VR a AR

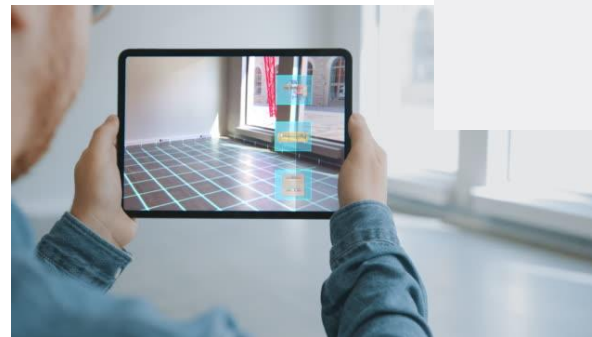


HTC Vive Pro s ovladači a majáky



Oculus - Rift S

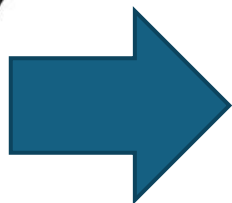
+ expensive graphics card (starting with GeForce GTX 1080) and a good computer



iPad s LiDARem



Microsoft HoloLens 2

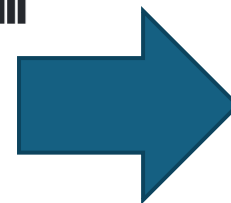
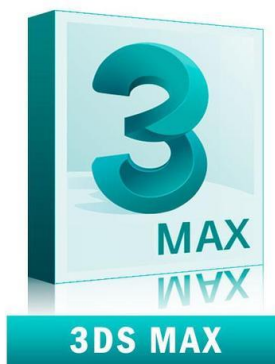


Agisoft

Metashape

CapturingReality.com

Geomagic

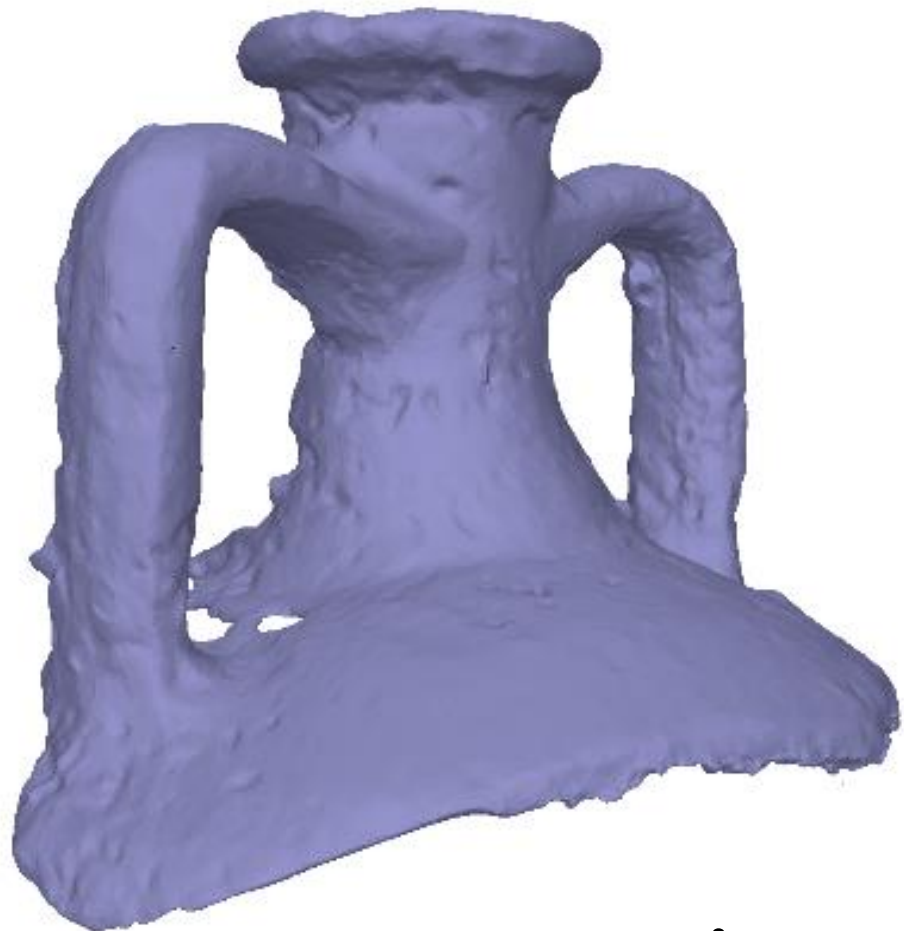


UNREAL
ENGINE



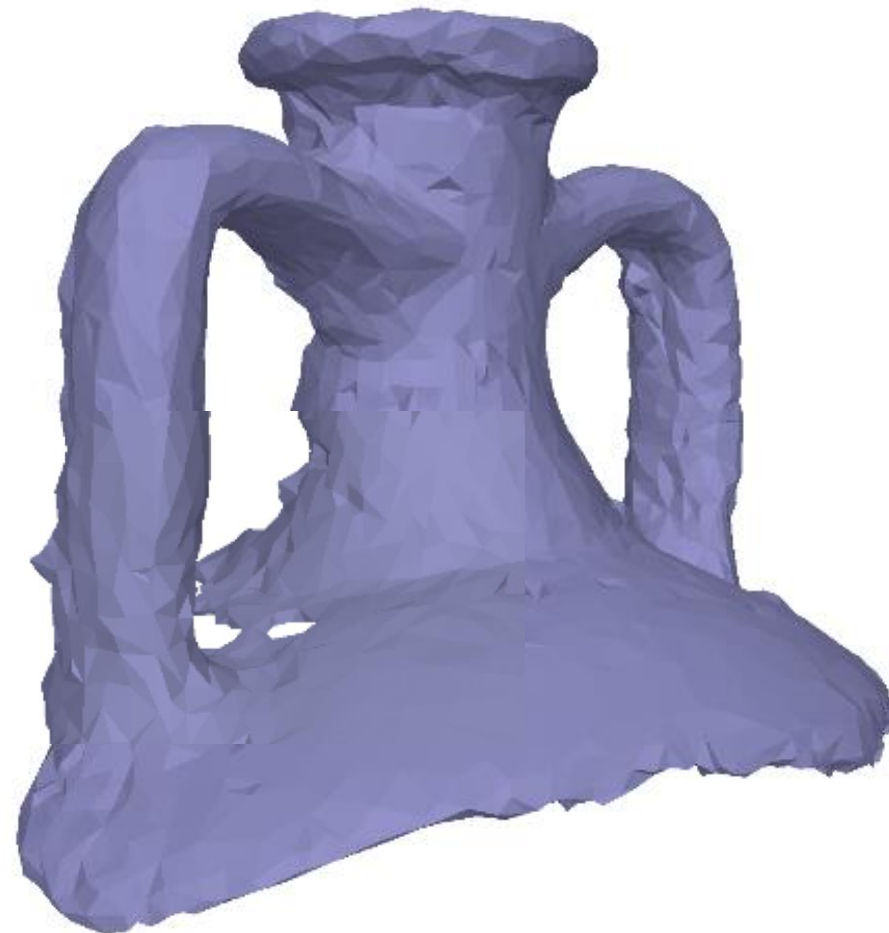
Optimalizace dat

Hi-poly



100,000 polygonů

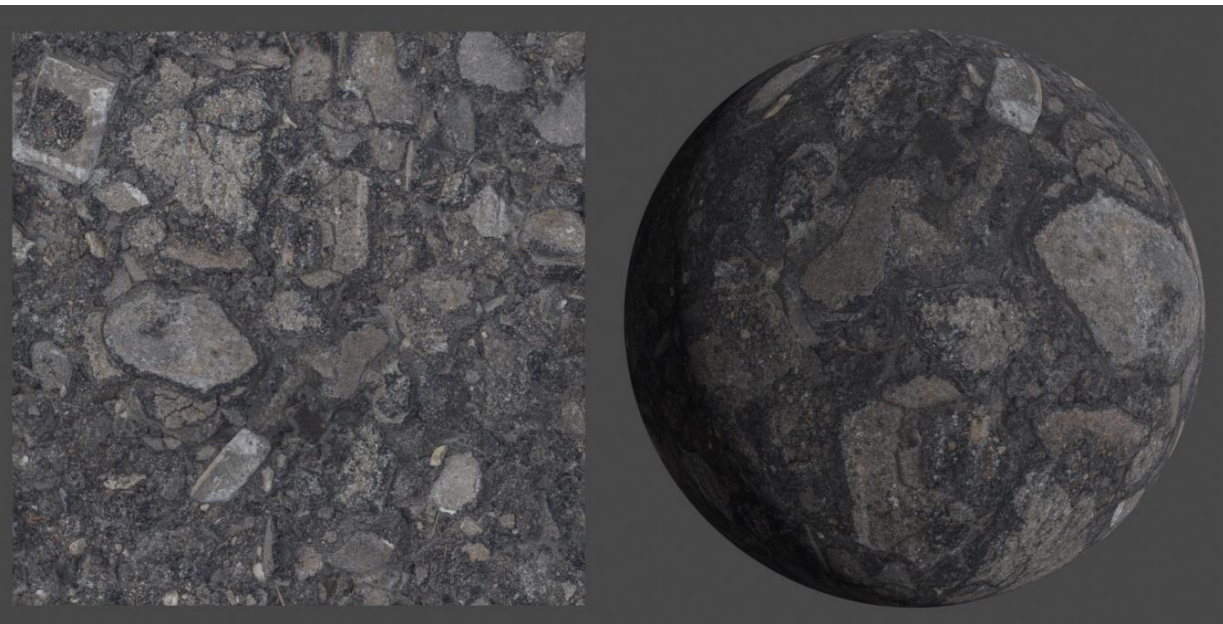
Low-poly



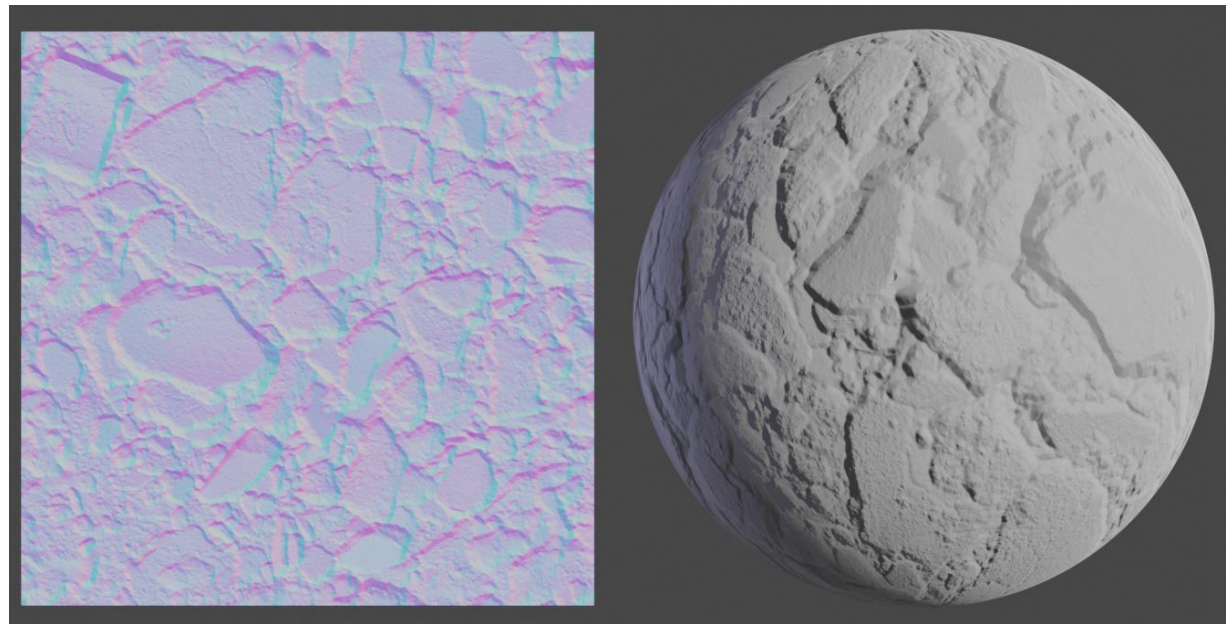
10,000 polygonů

Materiál a textura

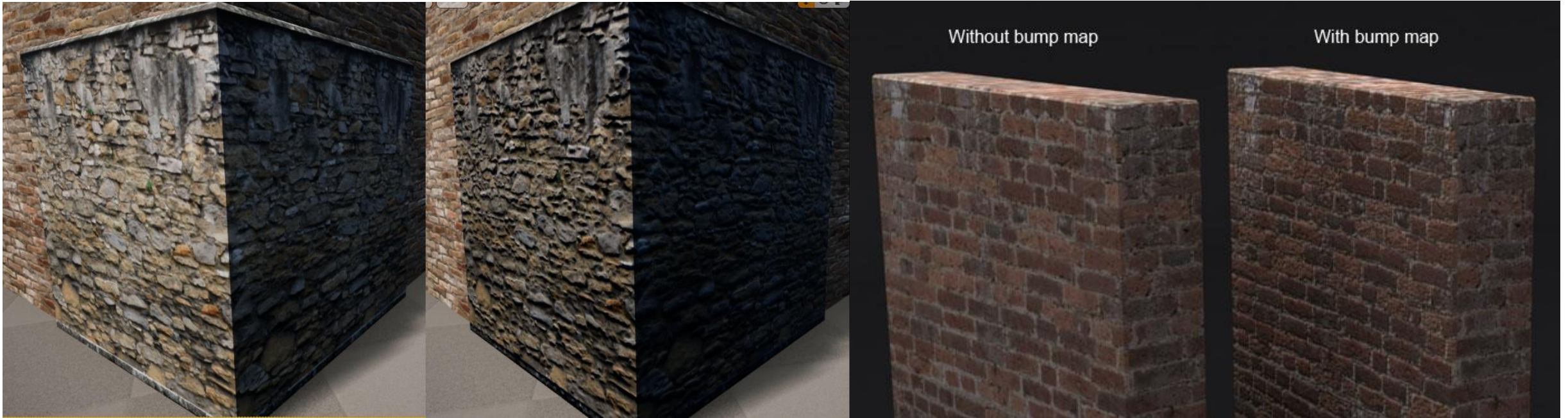
Difusní textura (RGB)

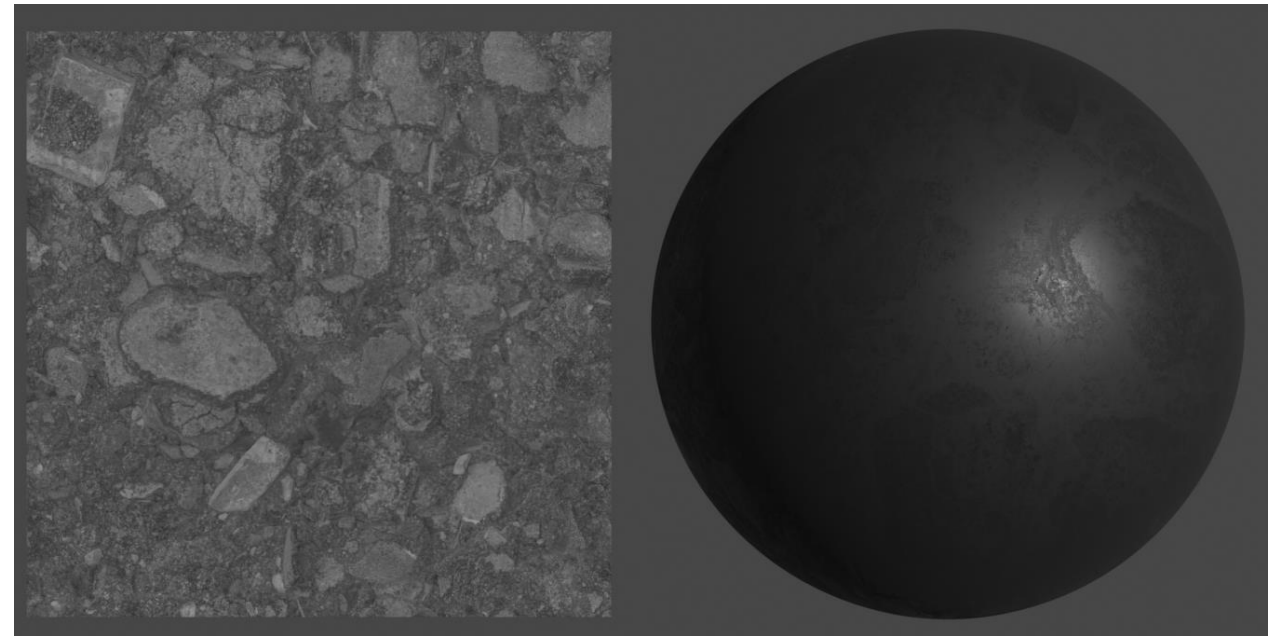
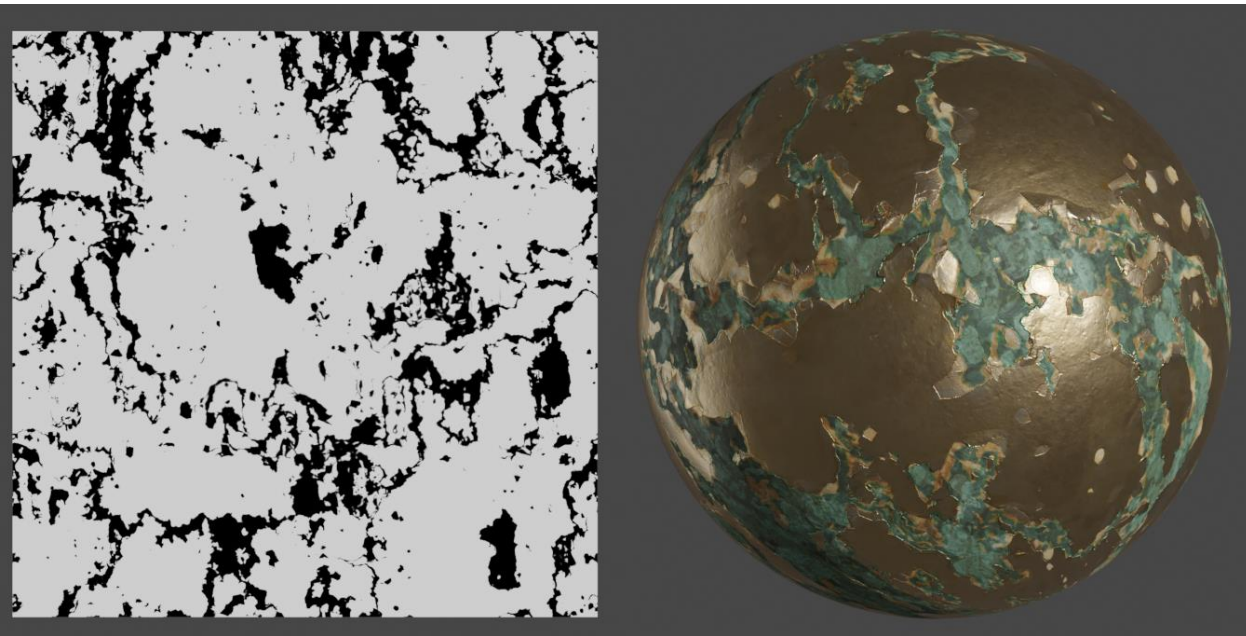


Normálová textura

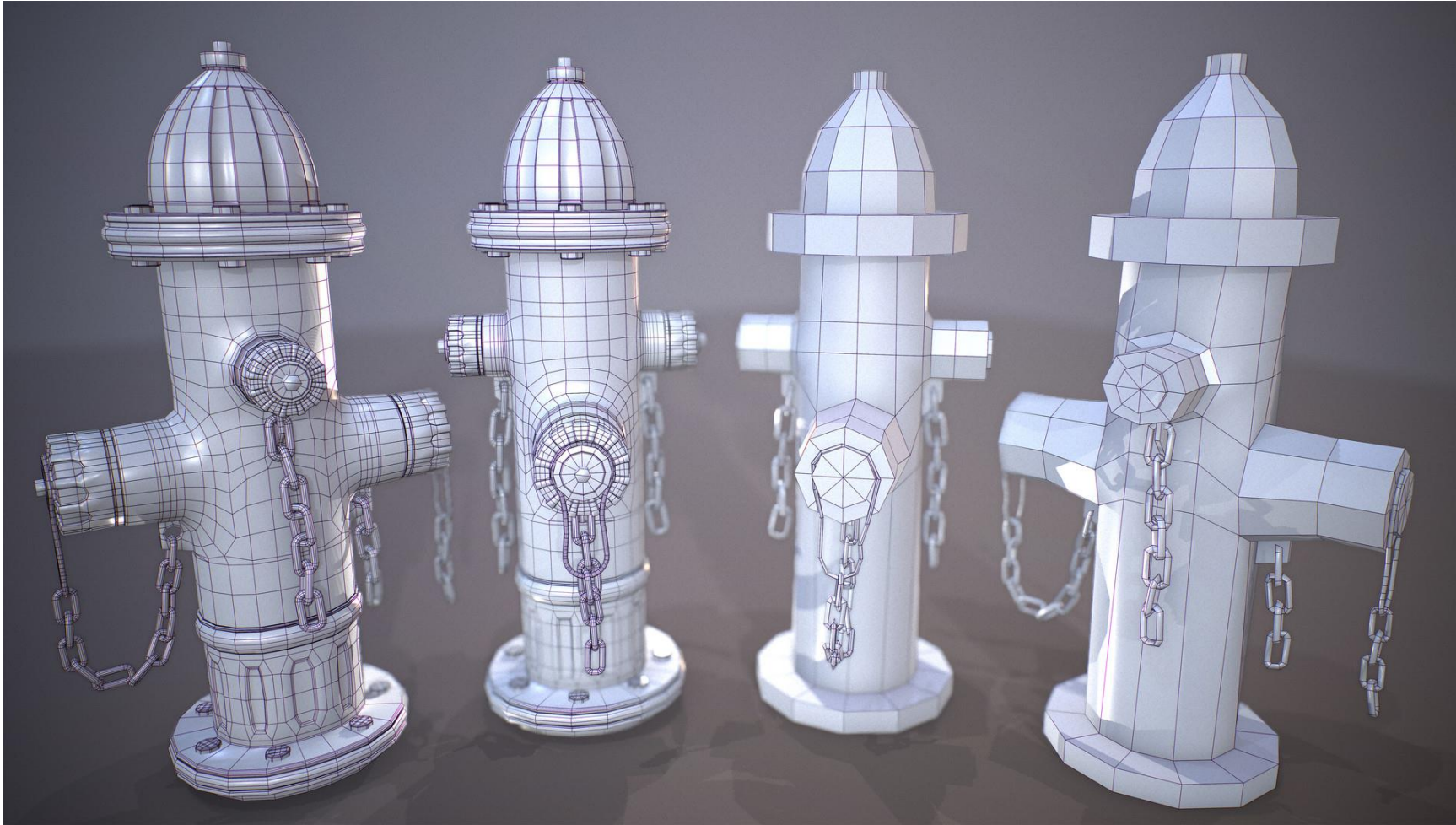


Material a textura





Hi-poly a low-poly modely



Hi-poly



100,000 polygonů

75 % redukce dat



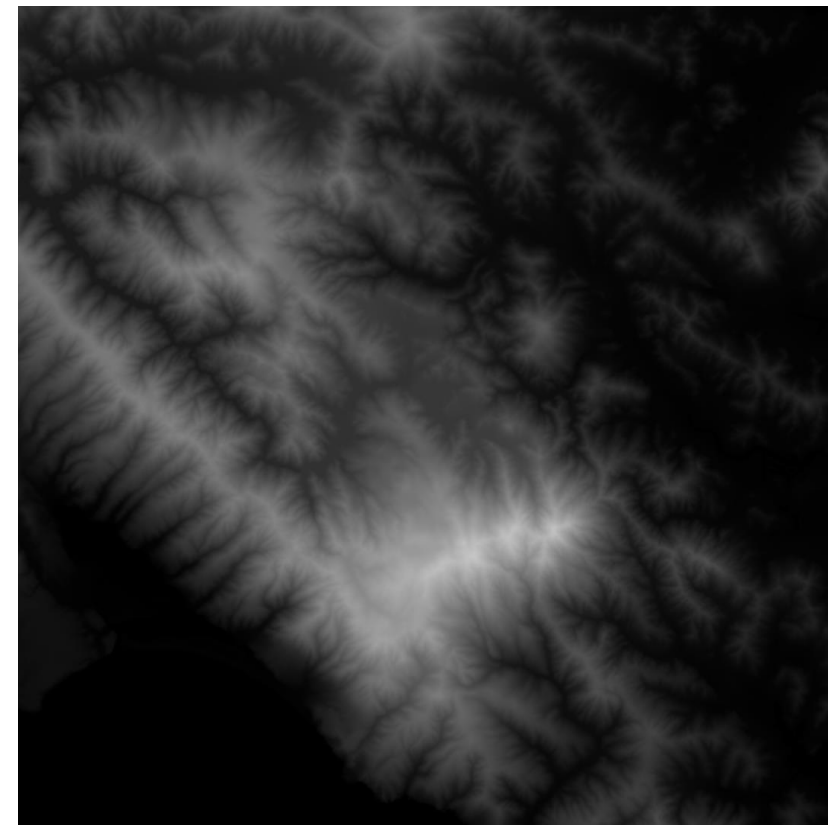
Low-poly

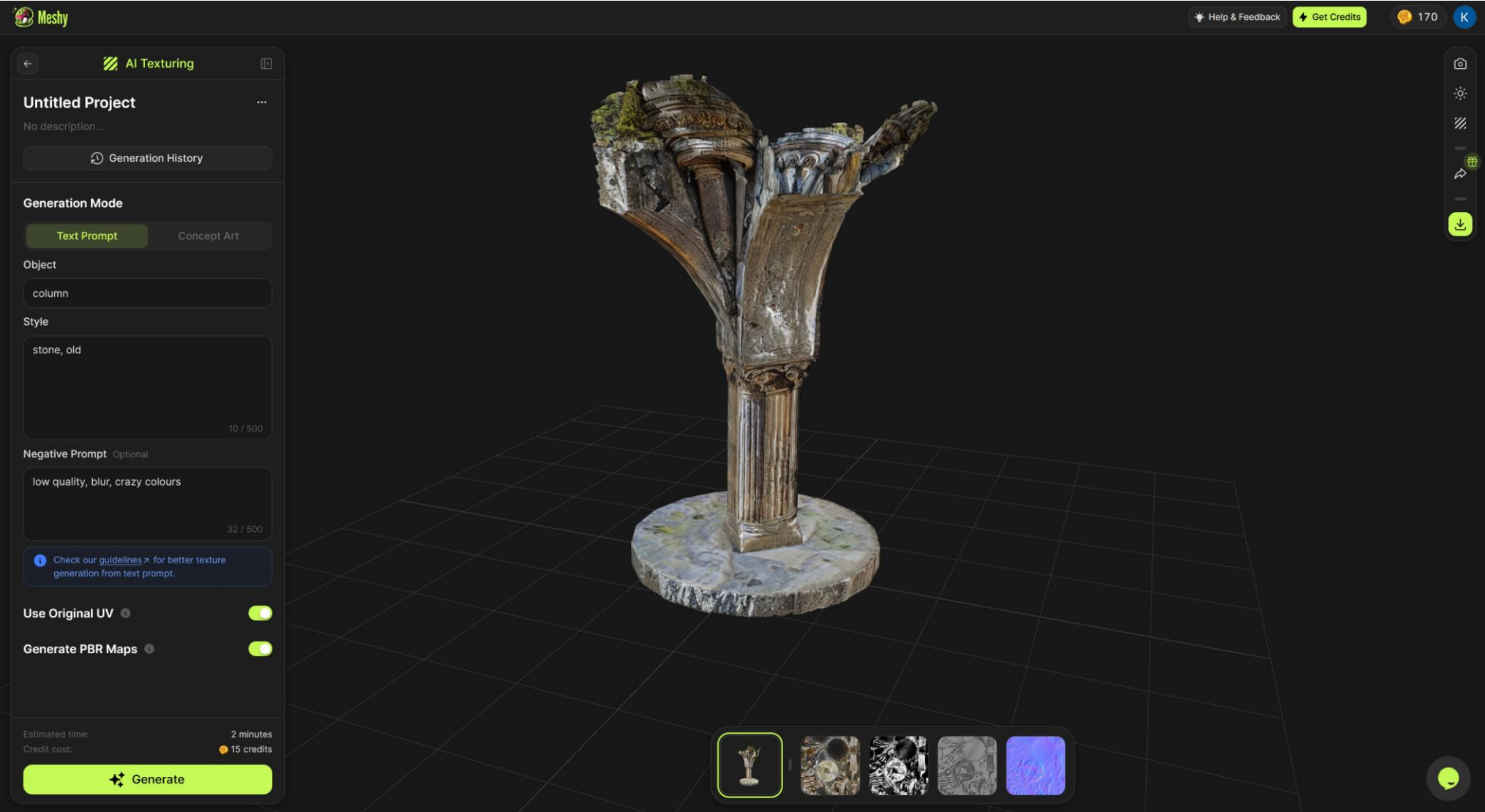


10,000 polygonů

Nástroje

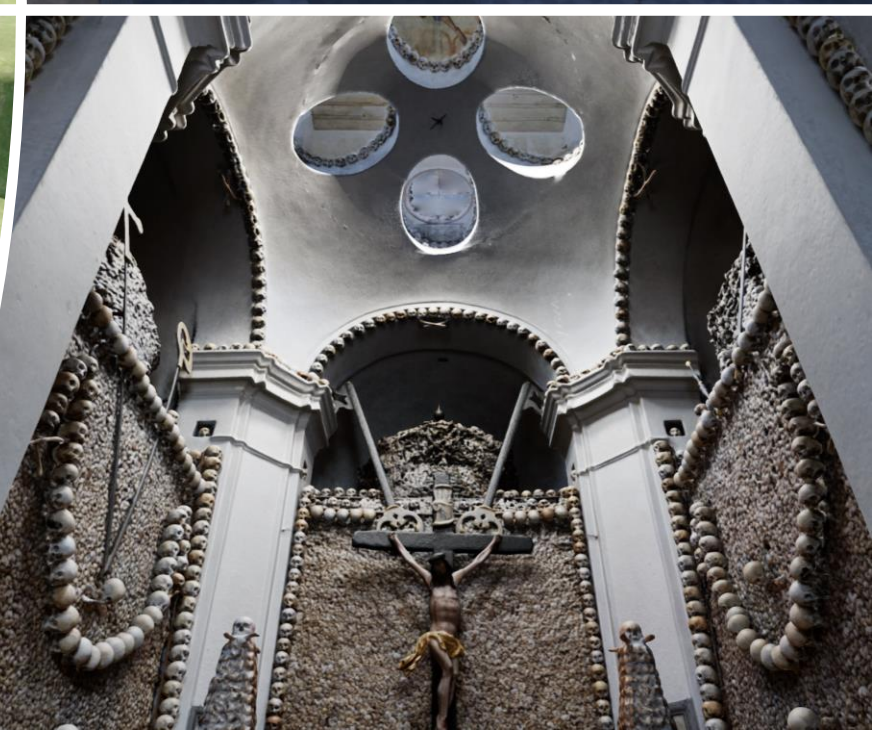
<https://heightmap.skydark.pl> – generátor výškových map





VR a AR aplikace

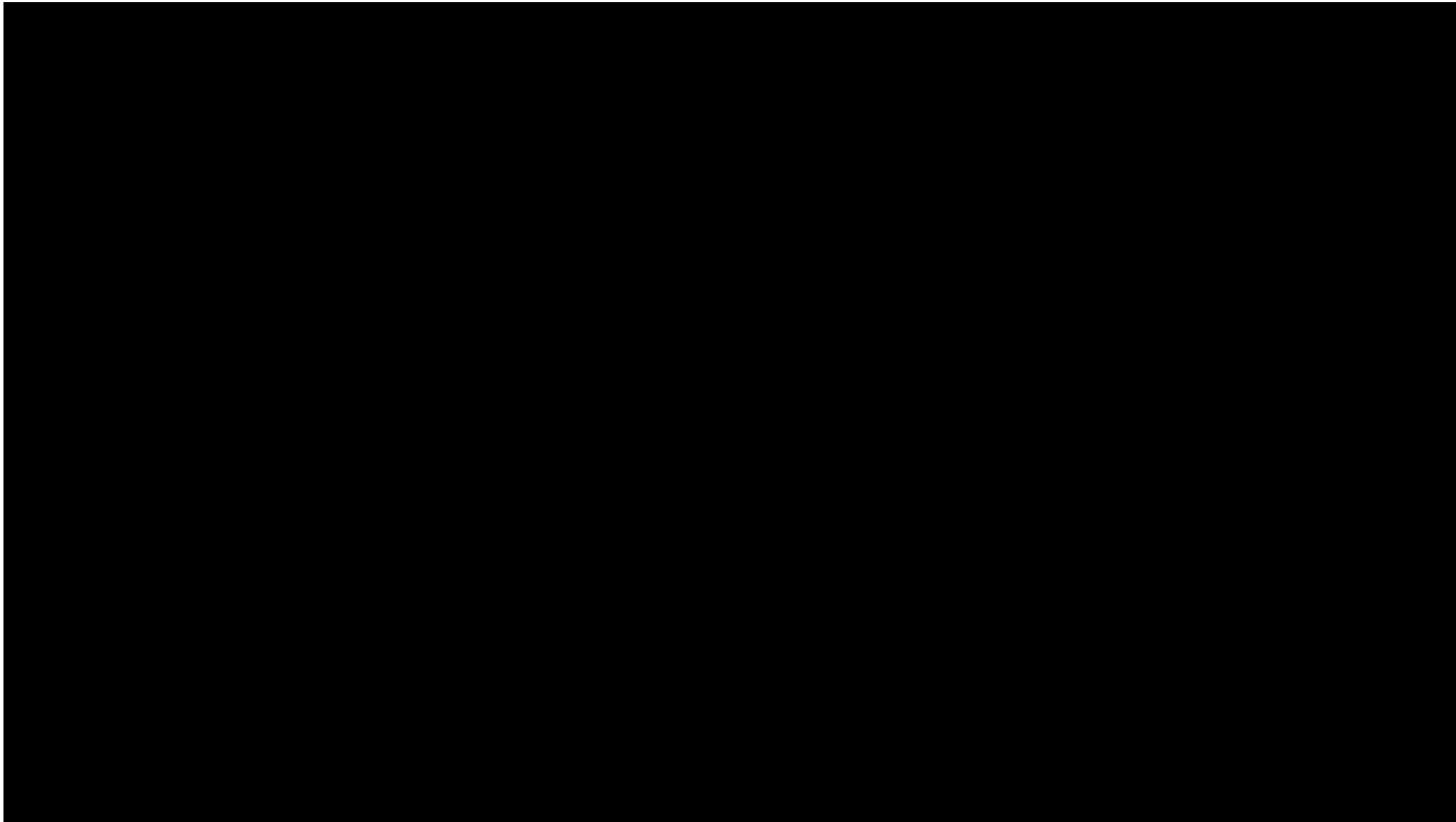
- Muzeum
- Průmyslové haly/továrny
- Vizualizace památek
- Simulace světelných podmínek
- ...a další



Virtualní realita



VR
muzeum



Relikviár svatého Maura VR

beta verze, dále
nefinancováno ☹



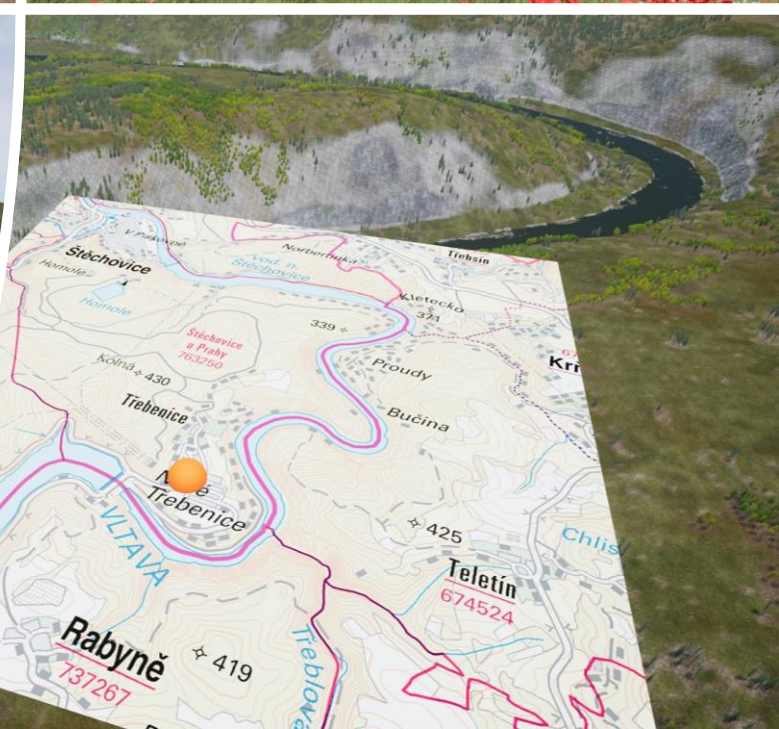
VR
muzeum

Ukázka možných technologií vizualizace ve VR

ČVUT v Praze, FSv

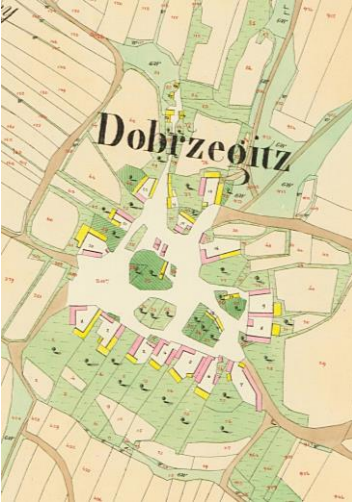
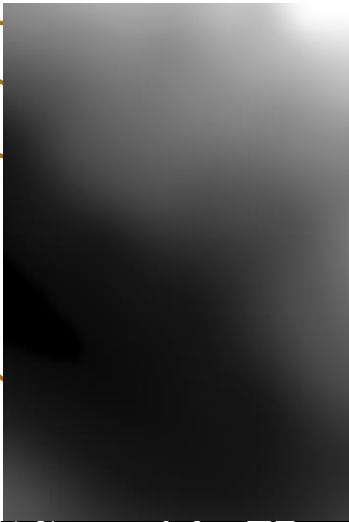
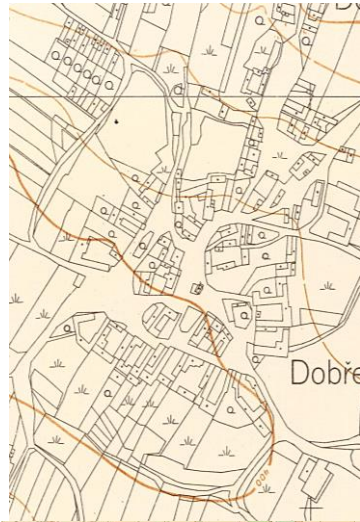
Vizualizace G
dat

Vizualizace dat v GIS:
krajina a města v
povodí Vltavy

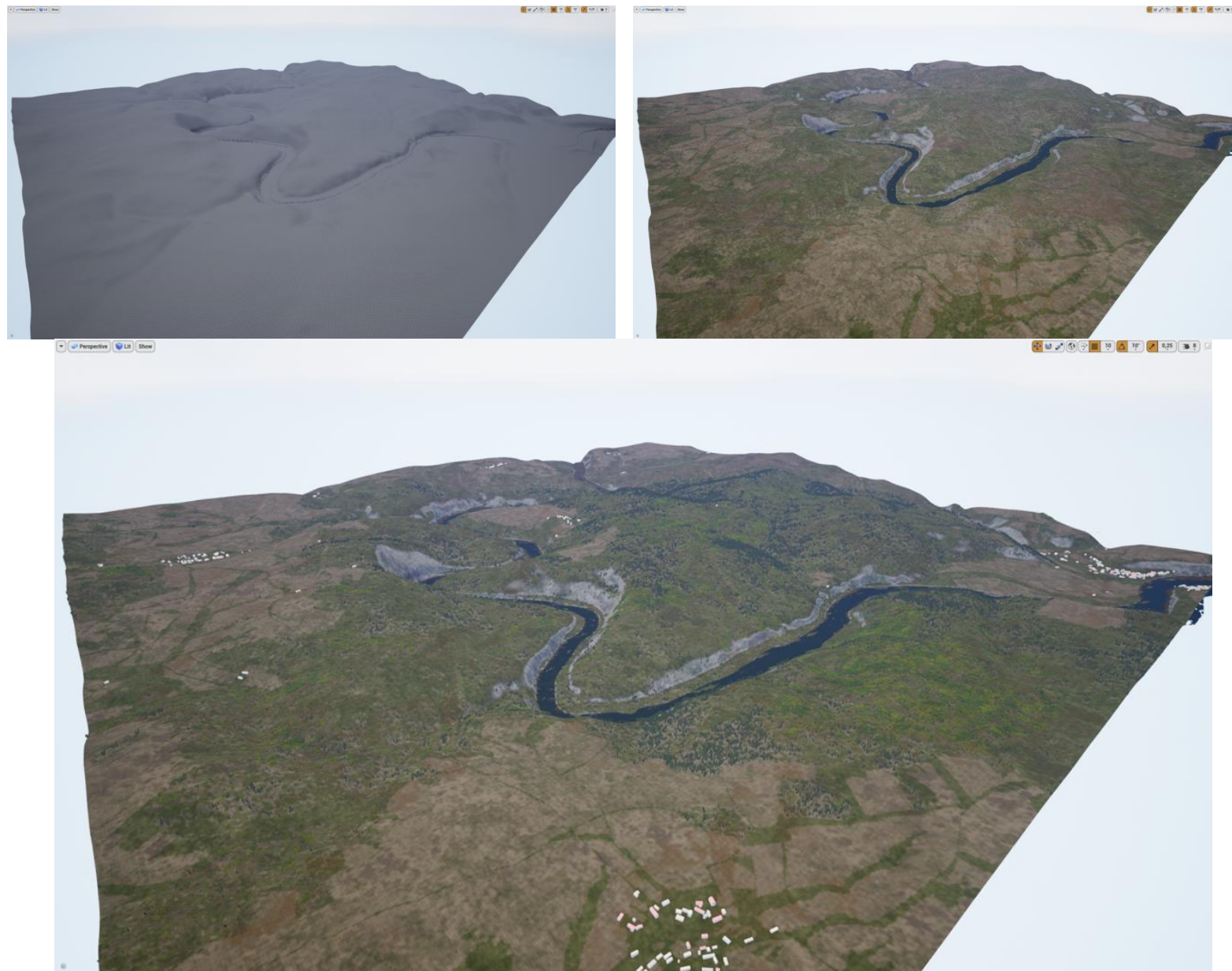


GIS data visualization

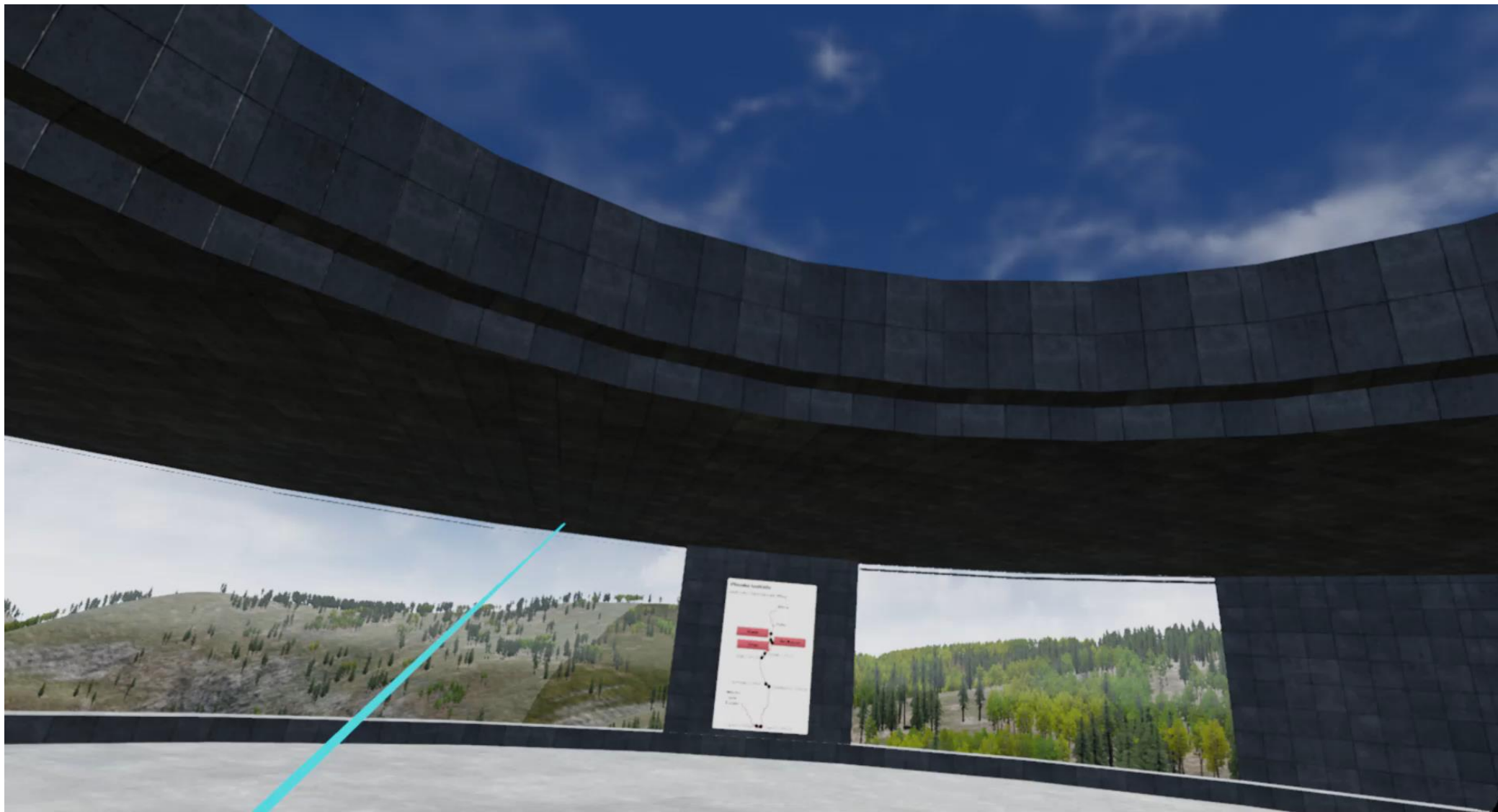
vanished landscape
and towns in the Vltava
river basin



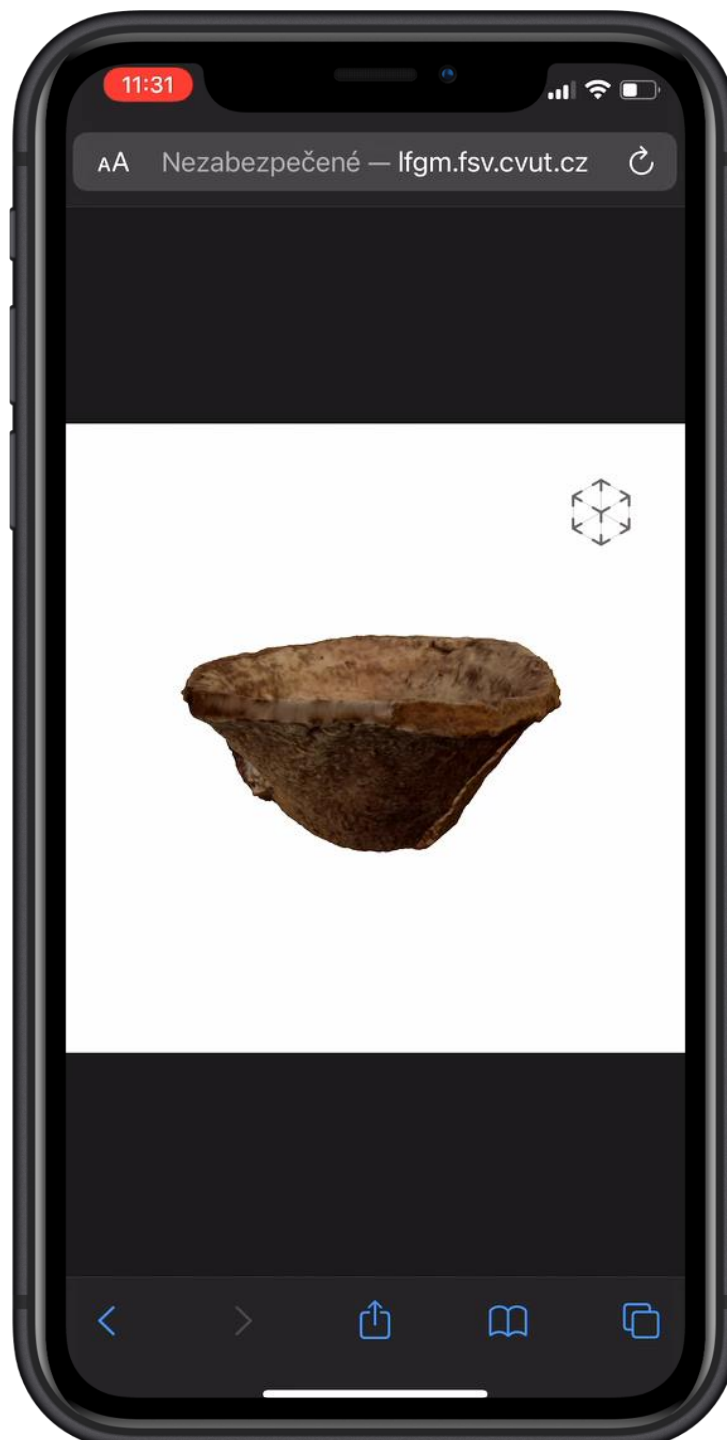
Vizualizace dat GIS zaniklé krajiny a měst v povodí Vltavy



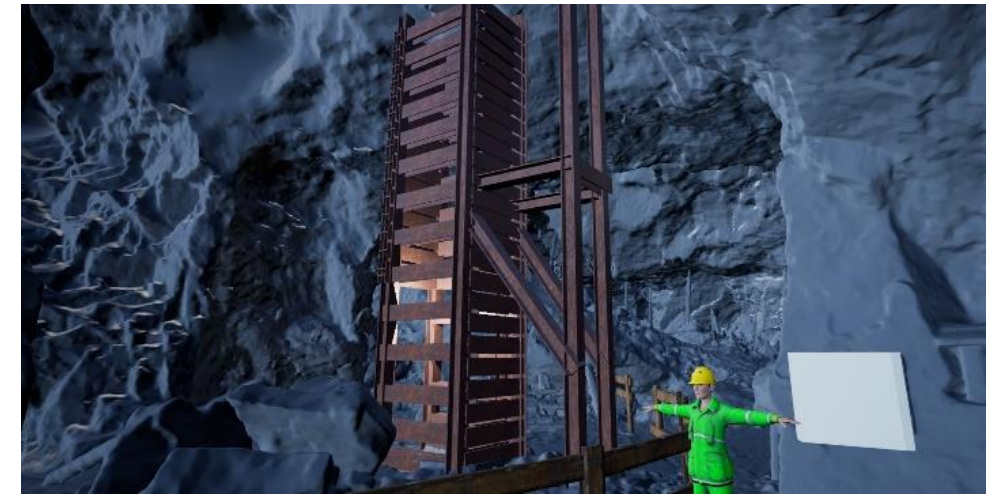
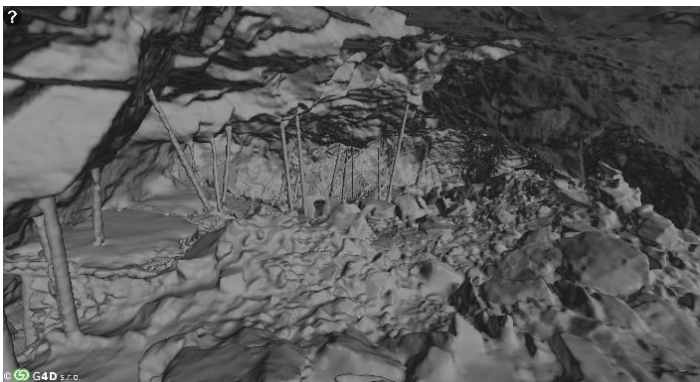
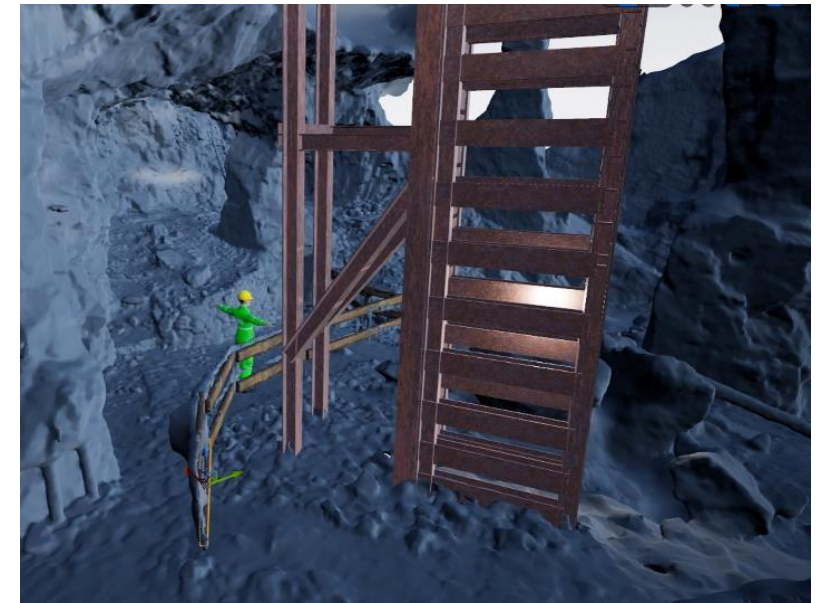
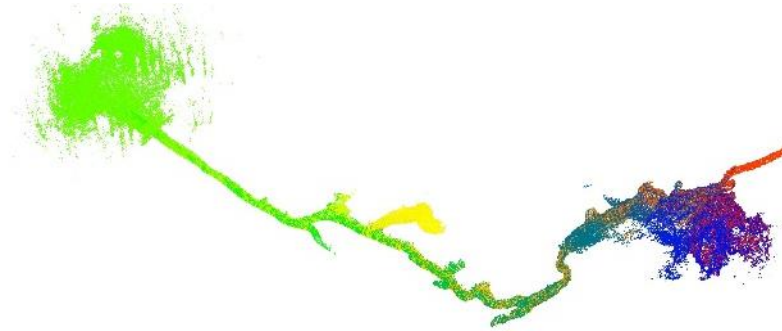
Vizualizace dat GIS zaniklé krajiny a měst v povodí Vltavy



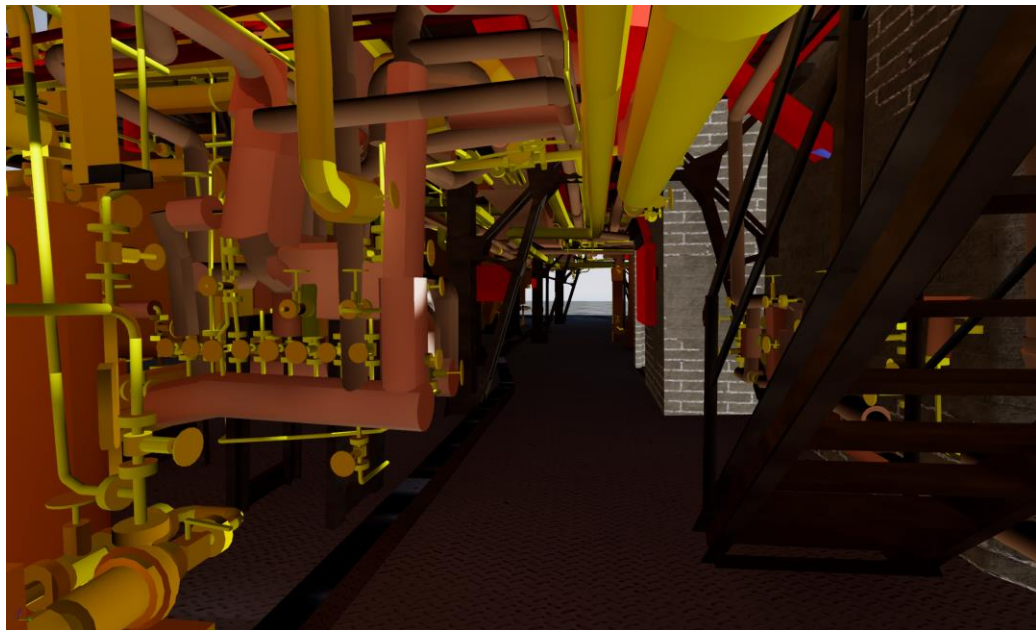
AR vizualizace historických objektů



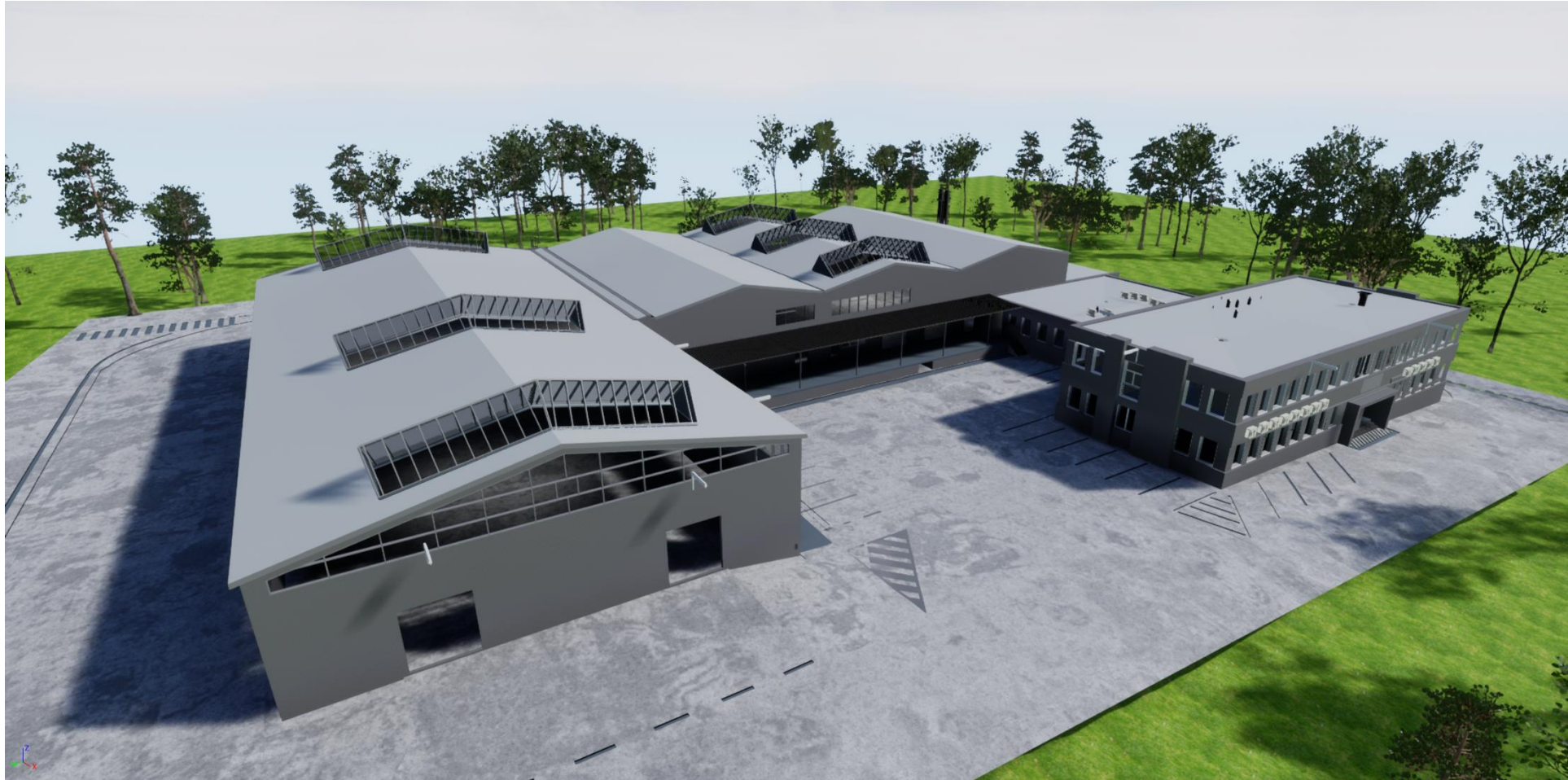
Johannes, cínový důl, 16. století



VR v průmyslu



Případová studie – od dokumentace po BIM



point cloud to BIM



Vnitřek budovy



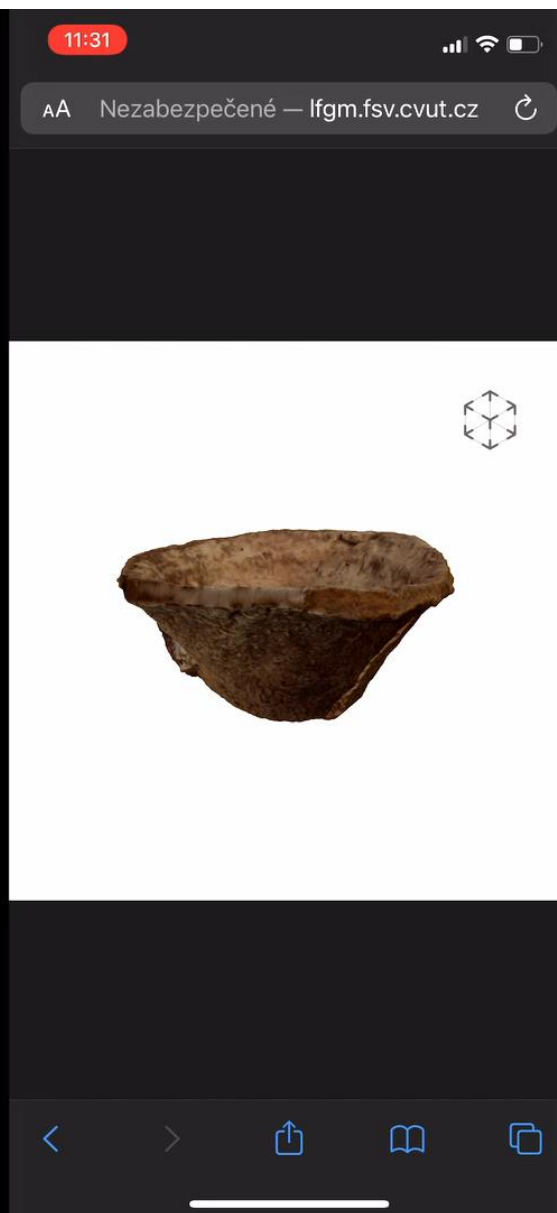
VR, nové možnosti výuky, může být urychleno pandemí Covid. ENGAGE sw

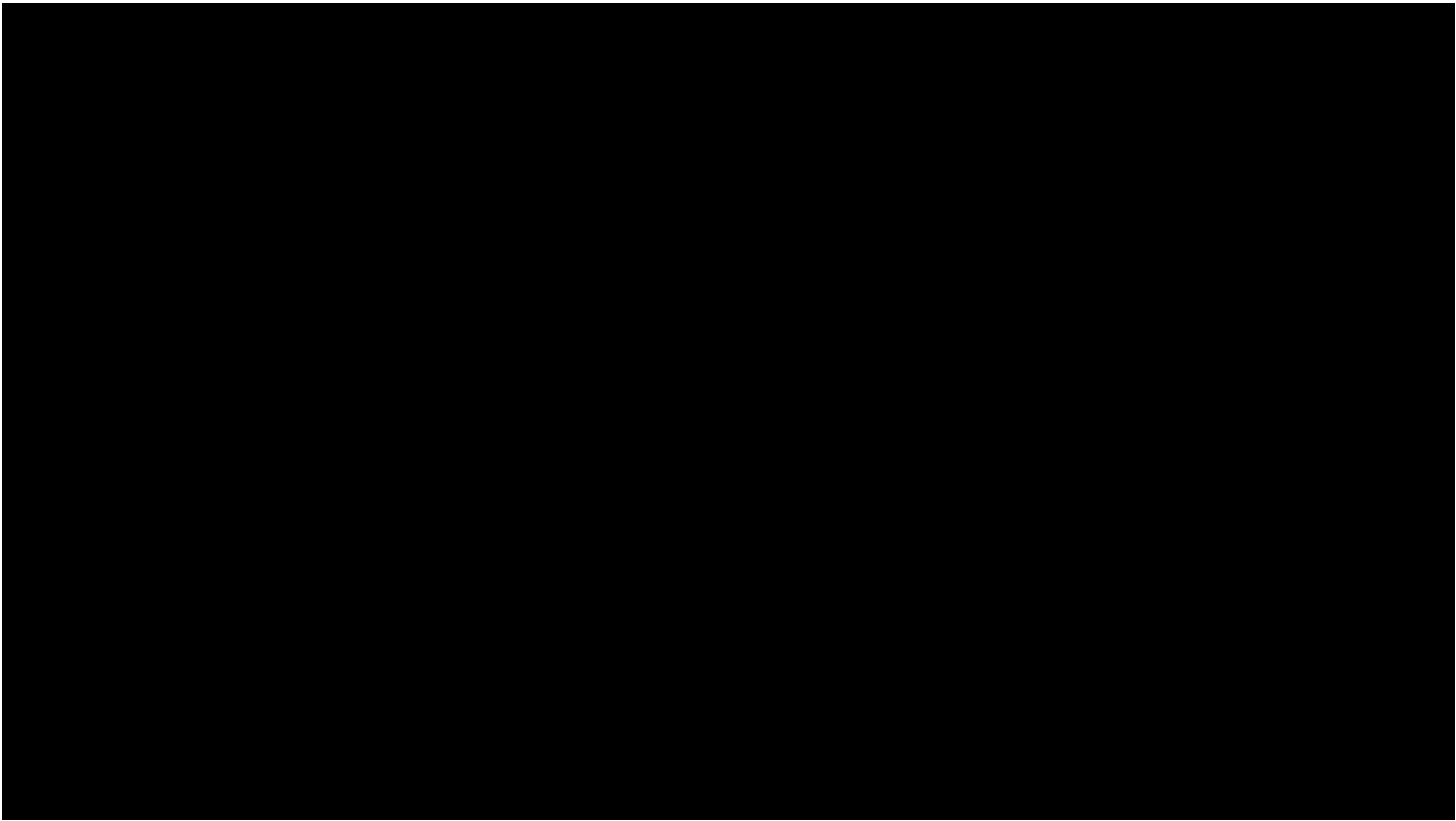


Moderní metody vizualizace objektů pomocí AR



Rozšířená realita s pomocí tabletu nebo telefonu





Ukázka aplikace VR