Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

TVORBA REÁLNÝCH 3D VÝUKOVÝCH GEOVĚDNÍCH POMŮCEK

Bakalářská práce

Jan OPLETAL

Vedoucí práce RNDr. Jan Brus, Ph.D.

Olomouc 2016

Geoinformatika a geografie

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá testováním možností 3D tisku při tvorbě geovědních pomůcek a jejich následném 3D tisku. Součástí práce je výběr dat, návrh modelů, volba úrovně a postupu zpracování. Práce obsahuje také popis postupu při tisku na 3D tiskárně Mcor IRIS HD.

Tvorba modelů včetně geometrického i grafického návrhu proběhla v programu SketchUp Make 2016. Pro aplikaci textury byl použit software Magics a Blender. V programu Magics se uskutečnila také oprava modelů tak, aby byly vhodné pro tisk. Nastavení tisku a rozřezání modelů na vrstvy proběhlo v programu dodávaném výrobcem tiskárny, nazvaném SliceIT. Pro grafické práce, úpravu nebo tvorbu textury, byl použit opensourcový program Inkscape.

Výstupem práce je postup při tvorbě i tisku modelů včetně návrhu řešení, nastavení tiskárny a postprocessingu. Práce také obsahuje pět digitálních barevných modelů, které je možné dále upravovat a používat. Posledním výstupem je pět reálných modelů, barevně vytisknutých na tiskárně Mcor IRIS HD, které mohou sloužit jako geovědní pomůcky nebo jako modely pro vysvětlení metod a principů 3D tisku.

KLÍČOVÁ SLOVA

3D tisk; geovědní pomůcky; Mcor IRIS HD; fyzická geografie; aplikace textury

Počet stran práce: 46

Počet příloh: 12

ANOTATION

The bachelor thesis is focused on testing of the possibility of 3D printing the geoscience tools and their subsequent printing. The work includes data selection, design models, choosing the level and method of processing. The work also contains a description of the procedure for printing on 3D printer MCor IRIS HD. The model was created in SketchUp Make 2016, including geometry and graphic design. For application texture was used Magics and Blender. The Magics was performed for correction of the model so that it is suitable for printing. Print settings and slicing model layers was made in the software SliceIT. For graphic design, editing or creating textures was used open source program Inkscape. The result of this bachelor thesis is tutorial for creating and printing models including the proposal of solution, printer settings and postprocessing. It also includes five digital color models, which can be modified and used. The final output is five real models, color-printed on the printer Mcor IRIS HD, which can be used as geoscience tools or models to explain the methods of 3D printing.

KEYWORDS

3D print; geoscience tools; Mcor IRIS HD; physical geography; texture aplication

Number of pages: 46
Number of appendixe: 12

Prohlašuji, že

- bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

- jsem si vědom, že na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo,

- beru na vědomí, že Univerzita Palackého v Olomouci (dále UP Olomouc) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou/diplomovou práci užívat (§ 35 odst. 3),

- souhlasím, aby jeden výtisk bakalářské/diplomové práce byl uložen v Knihovně UP k prezenčnímu nahlédnutí,

- souhlasím, že údaje o mé bakalářské/diplomové práci budou zveřejněny ve Studijním informačním systému UP,

- v případě zájmu UP Olomouc uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít výsledky a výstupy mé bakalářské/diplomové práce v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,

- použít výsledky a výstupy mé bakalářské/diplomové práce nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem UP Olomouc, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly UP Olomouc na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše)

V Olomouci dne Jan Opletal

Děkuji vedoucímu práce RNDr. Janu Brusovi, Ph.D. za podněty a připomínky při vypracování práce. Dále děkuji Lucii Králové za pomoc při rozhodování a závěrečných úpravách. Za poskytnuté rady a materiály děkuji 3D centru UPrint 3D.

Vevázaný originál **zadání** bakalářské/magisterské práce (s podpisem vedoucího katedry a razítkem katedry). Ve druhém výtisku práce je vevázána fotokopie zadání.

Zde je konec prvního oddílu, kde není číslování stránek. Následující strana patří již do druhého oddílu, který má nastaveno číslování stránek.

OBSAH

ÚVOD **8**
1 CÍLE PRÁCE **9**
2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ **10**
2.1 Použité metody 10
2.2 Použitá data 10
2.3 Použité programy 10
2.4 Postup zpracování 12
3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY **13**
3.1 Proces učení 13
3.2 Geovědní pomůcky 14
3.2.1 Nehmotné geovědní pomůcky 15
3.2.2 2D geovědní pomůcky 15
3.2.3 3D geovědní pomůcky 16
3.3 Výrobní technologie a 3D tisk 20
3.3.1 Technologie 3D tisku 20
3.3.2 3D tiskárna Mcor IRIS HD 22
3.4 Vybrané materiály používané v 3D tisku 23
3.4.1 3D tisk z papíru 23
3.4.2 Ostatní materiály 23
4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ **25**
4.1 Návrh barevných modelů 25
4.1.1 Příprava modelovacího prostředí 26
4.1.2 Modelování 27
4.1.3 Texturování 29
4.1.4 Oprava modelů pro tisk 32
4.2 Tisk barevných modelů 34
4.2.1 Nastavení tiskárny 35
4.2.2 Průběh tisku a komplikace 37
4.2.3 Postprocessing 38
5 VÝSLEDKY **40**
5.1 Postup práce 40
5.2 Digitální modely 40
5.3 Fyzické modely 40
6 DISKUZE **44**
7 ZÁVĚR **46**
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE
PŘÍLOHY

ÚVOD

Výukové pomůcky jsou nedílnou součástí moderního vzdělávání. Svojí názorností jsou ideálním doplněním předávaných informací pomocí textů a obrázků. Geovědní pomůcky jsou používány napříč všemi stupni vzdělávání. Dají se za ně považovat i atlasy, mapy nebo glóby, zvláště pokud mají i tematickou složku. Mezi oblíbené pomůcky patří model „živé“ sopky vyrobené z jedlé sody a saponátu, model sluneční soustavy nebo vzorky hornin. Nevýhodou může být jejich sériová výroba, což může zapříčinit jejich jednotvárnost a nevhodnost do všech oborů studia. Pomocí 3D tisku je možné vyrobit edukační pomůcky vhodné speciálně pro daný obor nebo zaměření.

Metoda 3D tisku je známá již téměř 30 let, přesto k jejímu masovému rozšíření do povědomí veřejnosti dochází až v několika posledních letech. Největším problémem bránícím jejich hromadnému využití běžnými uživateli je relativně náročná obsluha, nutnost porozumění principu 3D tisku, nízká spolehlivost a ochota uživatelů modelovat objekty v 3D prostoru (Barvíř, 2015).

Pomocí 3D tisku se nahrazuje klasické zobrazení trojrozměrných objektů, například pomocí pseudo-3D zobrazení jako je stínovaný reliéf nebo pravé 3D zobrazení pomocí polarizačních brýlí. Metodami 3D tisku je možné vysvětlit danou problematiku přesně a jasně pomocí reálného modelu.

U 3D tiskárny, která byla použita k tisku modelů pro tuto bakalářskou práci, se nejedná o klasický 3D tisk, který aditivní metodou po vrstvách přidává materiál a tím tvoří výsledný model. Aditivní metodou, na rozdíl od subtraktivních metod výroby jako je například soustružení, lze vyrobit tvary, které by jinak nebylo možné realizovat.

Tiskárna Mcor IRIS HD, pomocí níž je vyrobena většina tisků pro tuto práci, používá k výrobě modelu papír, který na sebe po vrstvách lepí a ořezává. Jedná se tedy také o subtraktivní způsob výroby. Listy papíru mohou být potištěné barvou. Díky tomu je možný plnobarevný 3D tisk.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je otestovat nové možnosti 3D tisku při tvorbě geovědních učebních pomůcek na různých druzích tiskáren. V následující části bylo nutné vyhledat vhodné datové sady, vhodné ztvárnění modelů a technický postup jak modely vytvořit. Praktická část bude zahrnovat práci s 3D tiskárnou nad reálnými daty. Výstupem práce bude několik 3D modelů a návrh optimalizace procesu tvorby modelů na použitých tiskárnách. V praktické části bude provedeno testování možnosti tvorby většího modelu složeného z částí za použití barevného tisku.

Mezi hlavní cíle tedy patří nalezení vhodné kombinace programů, která umožní tvorbu a zpracování barevných 3D modelů. Cílem práce je také vytvoření postupu práce, zpracování dat, přípravy modelů pro tisk a samotného tisku modelů formou komplexního návodu určeného zejména pro další studenty a členy Katedry geoinformatiky pracující s tiskárnou Mcor IRIS HD.

Cílem tisku je nejen samotný reálný výrobek, ale také nalezení nejefektivnějšího postupu a nastavení s důrazem na kvalitu a rychlost.

2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

2.1 Použité metody

Práce byla zahájena provedením rešerše k získání přehledu o současném stavu řešené problematiky. Z těchto informací bylo nutné vybrat vhodné podklady pro návrh geovědních pomůcek. Tato část probíhala srovnáváním a analyzováním obrázků a příloh v odborné literatuře i na internetu. Následovaly odborné konzultace s vedoucím práce i s tematickým odborníkem z Mendelovy univerzity v Brně, RNDr. Alešem Rudou, Ph.D. Dalším krokem byla volba vhodné úrovně zpracování modelů. Úroveň detailu u modelů byla zvolena menší, schematická, stejně jako u příkladů v odborné literatuře. Po vytvoření návrhů modelů bylo potřeba vybrat vhodný software pro jejich tvorbu a texturování. Kritérií pro výběr vhodného softwaru pro modelování bylo několik. Jedním z nejdůležitějších byla kompatibilita formátu s ovládacím softwarem tiskárny SliceIT a softwarem, ve kterém probíhalo nanášení textury. Dalšími kritérii byla možnost tvorby modelu s co nejmenším počtem chyb a přítomnost nástroje na jejich odstraňování. Z dostupných možností se nabízel například program Rhinoceros, 123 Design nebo SketchUp. Za nejvhodnější software k tvorbě modelů pro tuto bakalářskou práci byl vybrán SketchUp. Dalším potřebným druhem softwaru byl takový, který uměl vytvořený model naimportovat a obarvit. Základní práce s texturou lze provádět i v modelovacím programu SketchUp, ten ale nedostačoval všem potřebám k texturování modelů pro tuto bakalářskou práci. Proto byly vyzkoušeny programy Autodesk Maya, 3D-Coat, Magics a Blender. Jako nejvhodnější pro práci s jednoduššími modely byl vybrán software Magics od firmy Materialise. Práce s tímto programem byla jednoduchá a efektivní. Výsledný model byl ukládán ve formátu VRML (Virtual Reality Modeling Language) z důvodu následného importu do programu SliceIt.

Během praxe v 3D centru UPrint 3D proběhlo zaškolení v obsluze 3D tiskárny Mcor IRIS HD, která byla použita pro tisk většiny modelů. Z načerpaných znalostí byl poté sestaven návrh provedení tisku. Po nastavení tiskárny a provedení tisku, bylo potřeba model dokončit pomocí metod postprocessingu.

2.2 Použitá data

Často se ve spojitosti geografie a 3D tisku používají jako datové zdroje různé modely reliéfu nebo povrchu. Toto řešení se nabízelo například i při tvorbě modelu průřezu sopkou. Po provedení rešerše nebyla zvolena možnost zpracovávat modely z reálných dat. Důvodem pro toto rozhodnutí je snadnější předání požadované informace modelem, který je více jednoduchý, schematický. Při tvorbě modelů byla čerpána inspirace ze stránky http://www.thingiverse.com/. Například nebarevný základ modelu reliéfního glóbusu byl získán na této stránce od autora jménem Ben Diedrich. Dále se za data dají považovat použité textury. Volba konkrétní textury je velice subjektivní záležitost. Vhodným online zdrojem textur je webová stránka http://www.freepik.com/.

2.3 Použité programy

SketchUp

SketchUp Make 2016 byl vybrán jako ideální modelovací program a to z důvodu dřívější práce s tímto programem, kdy byla ověřena jeho bezproblémovost a plynulost ovládání. V tomto programu proběhla veškerá geometrická tvorba modelů včetně jejich návrhu

a úprav. SketchUp bylo nutné doplnit extenzemi. První z nich byl STL plugin, umožňující import a export modelů ve formátu STL. Dále program Solid Inspector 2, který velmi efektivně vyhledává chyby a pokud je to možné, automaticky je opravuje tak, aby jejich následné exportování, texturování a tisk byly co nejvíce bezproblémové. Současně byl v tomto programu vytvořen i grafický návrh provedení. Modely byly poté vyexportovány ve formátu VRML nebo STL (STereoLithography), a nahrány do vhodného softwaru pro grafické práce.

ColorIT

Software ColorIT je vyvíjen i distribuován firmou Mcor Technologies vyrábějící samotnou tiskárnu. Do tohoto programu se naimportoval již vytvořený model ve formátu STL nebo VRML. Práce s tímto softwarem byla rozdělena do dvou částí. První částí byla oprava modelu (REPAIR). Z důvodu ne příliš velké funkčnosti a deformaci modelů při opravách, byla tato část vynechána, opravy modelů byly řešeny pomocí programu SketchUp nebo pomocí programu Magics. Hlavní funkcionalitou programu ColorIT je texturování modelu. Na jednotlivé části modelu program umožňuje nanášet základní barvy i nahrané textury. A to tak, že je vybrána část modelu (trojúhelník, plocha nebo součástka), a na ni nanesena barva nebo tapeta. Nejmenší možná obarvená jednotka je plocha jednotlivých trojúhelníků. Tato vlastnost značně komplikuje tvorbu grafické stránky povrchu modelů v tomto softwaru.

SliceIT

SliceIT je software opět vytvořen stejnou společností jako samotná tiskárna. Jeho název je odvozen od způsobu výroby modelu. V tomto postupu byl použit k závěrečné fázi tvorby modelů. Samotné prostředí je podobné ColorIT. Základní účel tohoto programu je umožnit umístění modelů do prostoru o velikosti papíru formátu A4 s výškou patnáct centimetrů (256 x 169 x 150 mm). Dále je v tomto programu možné dodělat pomocné řezy, které později slouží ke snadnějšímu vyjmutí modelu z bloku papíru.

Magics

Software Magics je vyvíjený pro práci s modely určenými pro 3D tisk. Byl vyhodnocen jako nejvhodnější software pro opravu a texturování modelu. Oprava modelu probíhá nástrojem Repair Wizard, který sám vyhledá a opraví geometrické chyby modelu. Program podporuje texturování různých částí a segmentů pomocí barev nebo textur. Následný export barevných modelů probíhal ve formátu WRML.

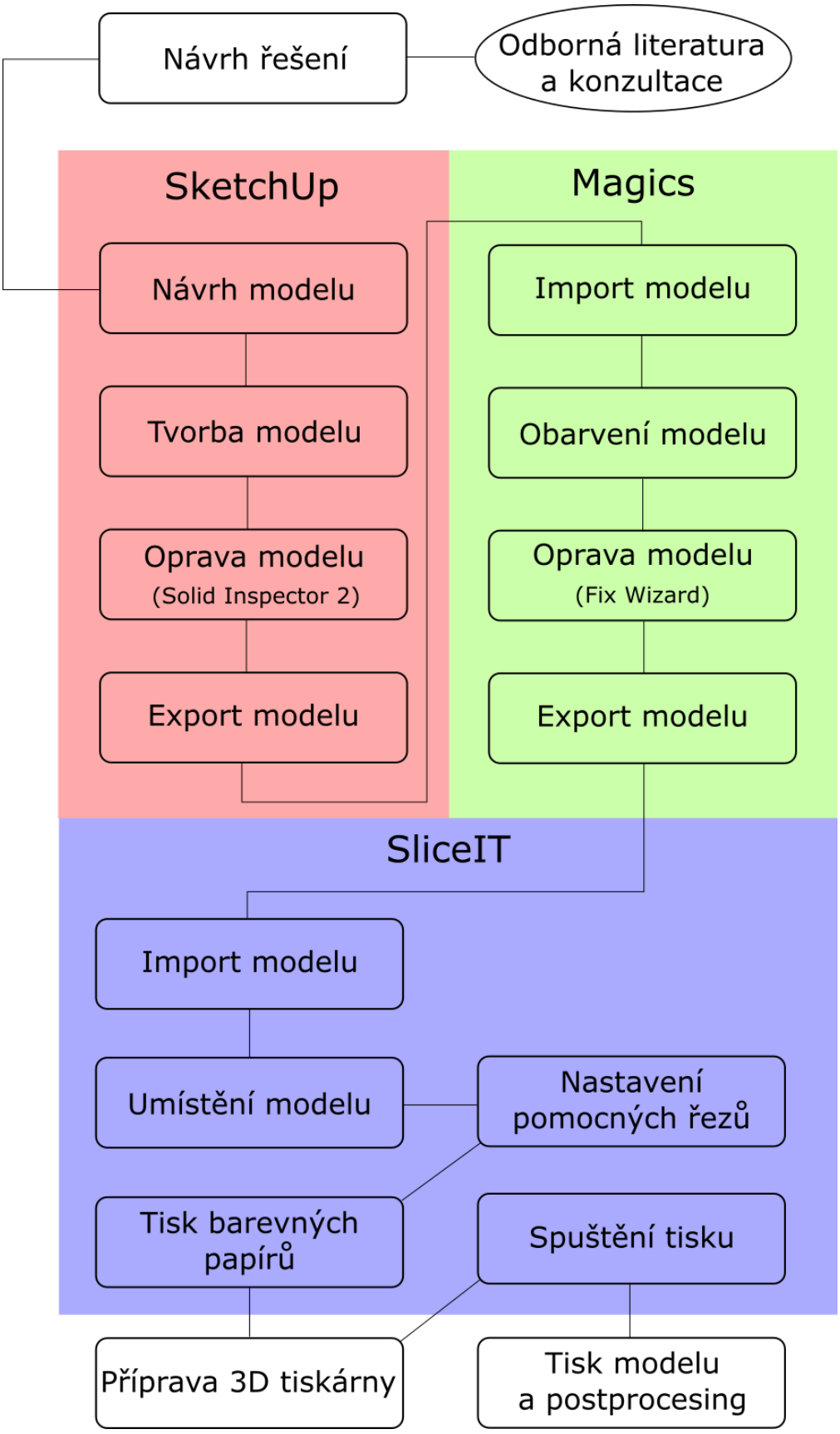
Blender

Program Blender zahrnuje velice obsáhlé možnosti pro práci v 3D prostředí včetně nastavení kamery a světla. Práce s ním je tedy z důvodu velké funkcionality mírně náročnější. V této práci byl použit pouze pro složitější práci s texturou pomocí procesu nazvaného UV Mapping.

Inkscape

Tato open-source alternativa k programům jako Adobe Ilustrator nebo Corel Draw byla použita ke všem grafickým pracím.

2.4 Postup zpracování



3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Výukové pomůcky jsou nedílnou součástí moderního vzdělávání. Svojí názorností jsou ideálním doplněním předávaných informací pomocí textů a obrázků. Geovědní pomůcky jsou používány napříč všemi stupni vzdělávání. Základní a nejrozšířenější geovědní pomůckou je mapa. Důvodů je více, mapu je možné vytisknout na papír a bez další technologie ji dále používat. Do mapy je možné vložit mnoho informací na poměrně malém prostoru. Tematickou složkou je možné mapu zařadit do mnoha oborů studia. Podobně jsou na tom atlasy a glóby. Nejstarší zachovaný nebeský glóbus je součást sochy Apollóna Farnéského z 2. století, což je římská kopie starší řecké předlohy (Otto, 1890). Původně se glóby tvořily lepením poledníkových pásů na kouli, v současnosti se i tímto způsobem výroby několik firem zabývá, výroba je ale velmi nákladná. V dnešní době se glóby nejčastěji vytvářejí sériově ve velkovýrobě. Tato metoda znemožňuje specifičnost glóbů. Další geovědní pomůcky se od sebe liší v závislosti na oboru využití. Může se jednat o vzorky hornin, model „živé“ sopky, modely různých zemských tvarů nebo model sluneční soustavy. Jejich nevýhoda je stejně jako u glóbů sériová výroba a malá individualita. Pomocí metod 3D tisku je možné vyrobit model přímo určený pro daný obor studia.

Poprvé se 3D tiskové technologie objevily na konci osmdesátých let minulého století, kdy byla první žádost o patent na 3D tiskové technologie podána v Japonsku v květnu 1980. Zpočátku se 3D tisk primárně označoval jako Rapid Prototyping (rychlá výroba prototypů) a dodnes se s tímto označením můžeme setkat. Před příchodem dostupných tiskáren se totiž výlučně používal pro výrobu prototypů (3dwiser.com, 2016).

Metoda 3D tisku je proces, při kterém se z digitální předlohy (3D model) vytváří fyzický model (Průša a kolektiv, 2014).

Na rozdíl od rozšířenějších metod výroby, jako je například obrábění, 3D tisk využívá aditivní technologie namísto subtraktivní. Rozdíl je v tom, že u subtraktivní metody je materiál odebírán, u aditivní přidáván. 3D tisk je odlišná výrobní metoda založená na pokročilé technologii, která vytváří třírozměrné objekty přidáváním jednotlivých vrstev materiálu po velmi malých krocích. A právě tím se liší od jakékoliv jiné stávající tradiční výrobní metody (3d-tisk.cz,2014). V posledních letech 3D tisk už překročil hranice průmyslového prototypování a technologie aditivní výroby se stala dostupnější pro malé podniky i pro jednotlivce. Nejlevnější 3D tiskárnu už lze získat za cenu lehce přesahující 10 tisíc korun. To otevřelo tuto technologii mnohem širšímu publiku, využití 3D tiskových technologií neustále roste a objevují se stále nové materiály, aplikace, možnosti využití a služby.

3.1 Proces učení

Geovědní pomůcky jsou dlouhodobě využívány k edukačním účelům. Mají za úkol usnadnit a zatraktivnit proces výuky. „Lidské učení není v žádném případě pouhou adaptací, ale tvořivým poznávacím procesem, který plní důležitou úlohu v řešení složitých vztahů mezi člověkem a jeho prostředím. Člověk jakožto otevřený činný systém stále vstupuje do nových vztahů k okolnímu světu. V těchto vztazích se ve smyslu zákonů dialektiky neustále obnovuje rozpor mezi člověkem a okolní situací. Rozpor může mít povahu překážky, bariéry v prováděné činnosti jeho vzniku i prostředky k jeho řešení. Jde o složitý poznávací proces, který člověk prožívá různě intenzívně jako konflikt podle povahy rozporu nebo podle subjektivního postoje“ (Albrechtová, 2014).

Proces učení se v průběhu času přesunul od předávání informací mezi jedinci, například z otce na syna, na výuku vedenou učiteli ve třídách, kde se informace předávají efektivněji a více lidem zároveň.

Vyučování je pedagogický proces, v němž vystupují učitel, žák a obsah vzdělávání neboli učivo za účelem splnění výchovně vzdělávacích cílů. Probíhá za nějakých podmínek, kde subjekty vstupují do vzájemných vztahů. Učitel musí vycházet z obsahu vzdělání, ale musí se také přizpůsobit zpracování učiva tak, aby to bylo vhodné pro žáky. Žáci přijímají učivo a zpracují si ho v mozku do podoby, které rozumí v souvislosti s jejich osobní zkušeností.

V didaktickém pojetí má tento pojem jiné vymezení. Didaktika vymezuje vyučování jako druh lidské činnosti, která spočívá v interakci učitele a žáků. Základem takové interakce je záměrné působení na žáky tak, aby u nich došlo k procesu učení.

3.2 Geovědní pomůcky

Učební pomůcky jsou takové předměty a písemné nebo grafické záznamy, které jsou samy nositelem obsahu. Používají se proto, aby se vytvořily podmínky pro intenzivnější vnímání učební látky. Učební pomůcky mají za úkol při výuce zapojovat více receptorů a využívat princip názornosti. To má příznivý vliv nejen na trvalejší zapamatování, ale i na udržení pozornosti a atraktivnost výuky (Schwarz, 2016).

V historii pedagogiky proběhlo mnoho výzkumů, které se problematikou vnímání informací zabývaly. Dle jejich výsledků je známo, že si člověk zapamatuje přibližně 10% čtených informací, 20% slyšených informací a 30% viděných informací. Kombinací více smyslů lze docílit zvýšeného množství zapamatovatelných informací. Při kombinaci výkladu (slyšená informace) a vhodné pomůcky (viděná informace) a následné diskuze je to až 70% (Schwarz, 2016).

Za geovědní pomůcky se mohou souhrnně označit veškeré hmotné i nehmotné objekty pomáhající studentům na základních, středních i vysokých školách v oblasti geografie. Můžou být jak nehmotné, jako například výukový software, virtuální modely nebo realita, tak hmotné, například mapa, model jeskyně nebo sbírka minerálů. Pomocí výpočetní techniky se možnosti výukových pomůcek, včetně těch geovědních, rozrostly o modely a příklady ve virtuálním, digitálním prostředí. Výhodou je jednoznačně snadná tvorba, úschova a přenos informací. Nevýhodou je nutnost techniky, například zobrazovacího zařízení. Také předání informace zobrazením na displeji není ideální. Tuto vlastnost možná změní příchod virtuální reality do oblasti vzdělávání.

Tato bakalářská práce je zaměřená na tvorbu hmotných, reálných geovědních pomůcek vytisknutých na 3D tiskárně. Tomu samozřejmě předchází digitální model, určený pro tisk. Účelem fyzických geovědních pomůcek je přiblížit danou problematiku tou nejjednodušší a nejjasnější formou - pomocí zmenšeného modelu nebo vzorku. Díky této edukační metodě se student lépe seznámí s probíranou látkou a šance na pochopení a zapamatování se zvýší. V geografii se jedná v první řadě o zmenšené modely reliéfu. Z výškopisných dat se vytvoří model a ten se poté vytiskne. Může se jednat o modely měst, hor nebo také budov a historických památek. Zde je třeba mít k dispozici dostatečné množství kvalitních dat. Další možností je modely vytvářet. Například různé objekty vzniklé tektonickou, krasovou, vulkanickou nebo jinou přírodní činností.

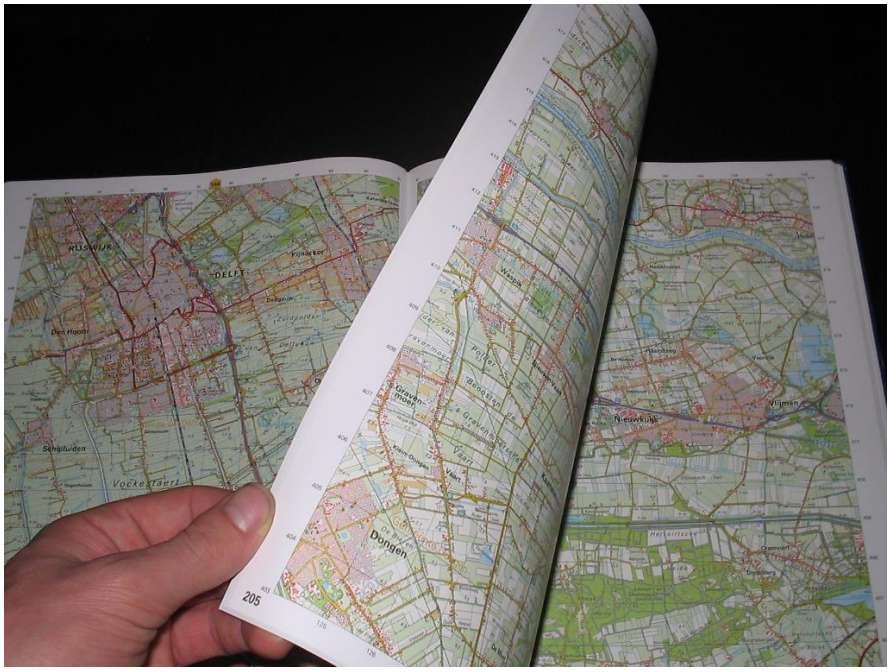
3.2.1 Nehmotné geovědní pomůcky

Do této kategorie se mohou řadit vizuální pomůcky, auditivní pomůcky, audiovizuální pomůcky, literární pomůcky, počítačové programy a tematické materiály na Internetu. S rostoucí silou a dostupností výpočetní techniky se učební pomůcky v počítačovém prostředí stále rozrůstají. V geovědním prostředí se může jednat o vizualizační programy simulující fungování vesmíru, digitální mapy, naučná videa, zvukové podklady a doplňky nebo literatura v digitální formě. Jako příklad lze uvést vzdělávací video o sopečné činnosti pro předškolní a základní stupeň vzdělávání (Obrázek 1). Video je dostupné na serveru Youtube.

Obrázek 1: Video s geovědní tematikou (zdroj: https://www.youtube.com/watch?v=lAmqsMQG3RM)

3.2.2 2D geovědní pomůcky

V tomto případě se jedná o vizuální a literární pomůcky. Jedná se především o pomůcky vytisknuté na papíře. Díky své nenáročnosti na technologie a pořizovací cenu se jedná o nejrozšířenější pomůcky v učebnách. Konkrétně tyto pomůcky mohou být nástěnné mapy, atlasy, ilustrace v knihách nebo informativní plakáty. Základní geovědní pomůckou je mapa. Jakožto zevšeobecněné a zmenšené zobrazení objektů na zemi je možné do ní uložit mnohem více informací o zobrazovaném území, než by tomu tak bylo textovou formou (Voženílek, 1999). Soubor map spojených účelem, tematikou nebo měřítkem se nazývá atlas. Jednotností díla, znázorněnou na obrázku 2, se atlas odlišuje od prostého souboru map.



Obrázek 2: příklad 2D geovědní pomůcky – atlas (zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/Atlas_(kartografie)#/media/File:Atlas_-_book.jpg)

3.2.3 3D geovědní pomůcky

3D geovědní pomůcky je možné rozdělit do dvou kategorií. Jsou to kolekce a modely. Kolekce je soubor nebo sbírka materiálů nebo objektů vyskytujících se v přírodě. Například kolekce hornin a minerálů. Oproti tomu modely jsou člověkem vyrobené a mají za úkol zpřítomnit, co je minulé, zvětšit, co je nepatrné, zmenšit to, co je příliš velké a podobně (Lužíková, 2009). Tato bakalářská práce je zaměřena na tvorbu reálných 3D výukových pomůcek, spadajících pouze do této kategorie.

Modely povrchů

Různé modely povrchů byly dříve používány zvláště pro vojenské účely, navigaci nebo správu majetku. Dnes je jejich hlavní využití hlavně v architektuře, vzdělávání nebo vizualizaci turisticky atraktivních míst.

Pro tvorbu reálného, fyzického modelu povrchu určitého území, je nejprve nutné vytvořit jeho digitální model. To je možné z digitálních výškopisných dat. V České republice se jedná například o data DMR 4G a DMR 5G pro digitální model reliéfu nebo DMP 1G pro digitální model povrchu. Tyto data poskytuje ČÚZK (Český úřad zeměměřičský a katastrální). Pro konverzi výškopisných dat na model povrchu existuje extenze pro QGIS DEMto3D. Další možností je použít webovou aplikaci Terrain2STL na adrese http://jthatch.com/Terrain2STL/. V této aplikaci je možné vybrat oblast na Google maps a vygenerovat digitální model povrchu přímo do formátu STL, který podporuje většina 3D tiskáren.

Příklady 3D geovědních pomůcek

Průřez zeměkoulí

Výukový model průřezu zeměkouli je výuková pomůcka pro základní až střední školy. Model názorně ukazuje zeměkouli a oceán. Po rozdělení na dvě poloviny znázorňuje vrstvy planety Země až k jejímu jádru. Model je k sehnání v obchodech s výukovými pomůckami (skolamarket.cz, 2016).

Obrázek 3: Geovědní pomůcka, průřez zeměkoulí (zdroj: http://www.skolamarket.cz/Prurez-zemekouli-d383.htm)

Sluneční soustava

Model ukazuje základní princip a rozložení naší sluneční soustavy. Na otočných ramenech se pohybují planety sluneční soustavy okolo ve středu umístěného svítícího slunce. Model sluneční soustavy je vhodný pro výuku zeměpisu, popřípadě přírodopisu, na základních nebo středních školách. Model je k sehnání v obchodech s výukovými pomůckami. (skolamarket.cz, 2016)

Obrázek 4: Geovědní pomůcka, model sluneční soustavy (zdroj: http://www.skolamarket.cz/Slunecni-soustava-d381.htm)

Erupce na hoře St. Helens

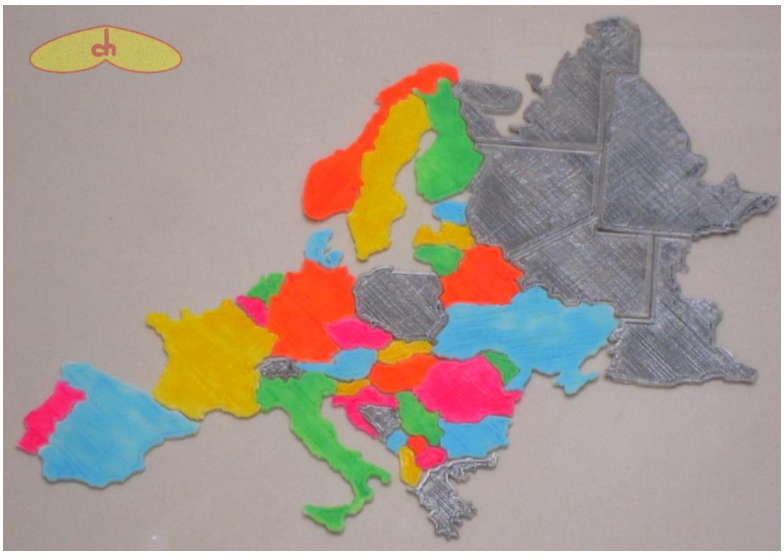
Dne 18. května 1980 došlo na symetrickém kuželu sopky k nejlépe dokumentované erupci v historii lidstva. Během jediného výbuchu bylo zničeno 400 metrů sopky. Horní část kužele se zhroutila z důvodu nadměrné akumulace magmatu pod severním svahem sopky, což vedlo k jeho postupnému vyklenutí až následnému sesuvu.

V roce 2014 Drew Thompson využil historická data USGS Historic Digital Elevation Model database a pomocí programu ArcGIS a programovacího jazyka Python vytvořil model hory v současném stavu s doplňující části povrchu před erupcí.

Obrázek 5: Geovědní pomůcka, sopečná erupce (Zdroj: http://3dprint.com/)

Mapové puzzle

Mapové puzzle představuje možnost využití geografie a 3D tisku pro vzdělávání. Výhodou této pomůcky je, že může dosahovat větších rozměrů, než jsou stavební rozměry tiskárny. Pro největší rozměr poskládaného modelu je nutné určit velikost největšího dílu podle stavebních rozměrů tiskárny.



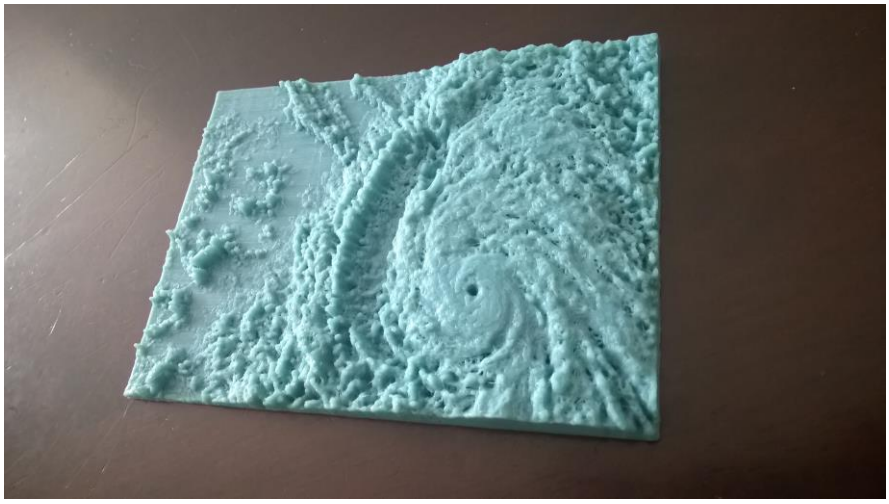
Obrázek 6: Geovědní pomůcka, puzzle Evropy (zdroj: http://www.thingiverse.com/thing:11216)

Hurikán Patricie

Hurikán Patricie byla nejintenzivnější tropická cyklóna, jaká kdy byla na Západní hemisféře zaznamenána podle barometrického tlaku a obecně nejsilnější ve smyslu

zaznamenání maximální rychlosti větru. Vznikla uprostřed října 2015 v blízkosti Mexického zálivu.

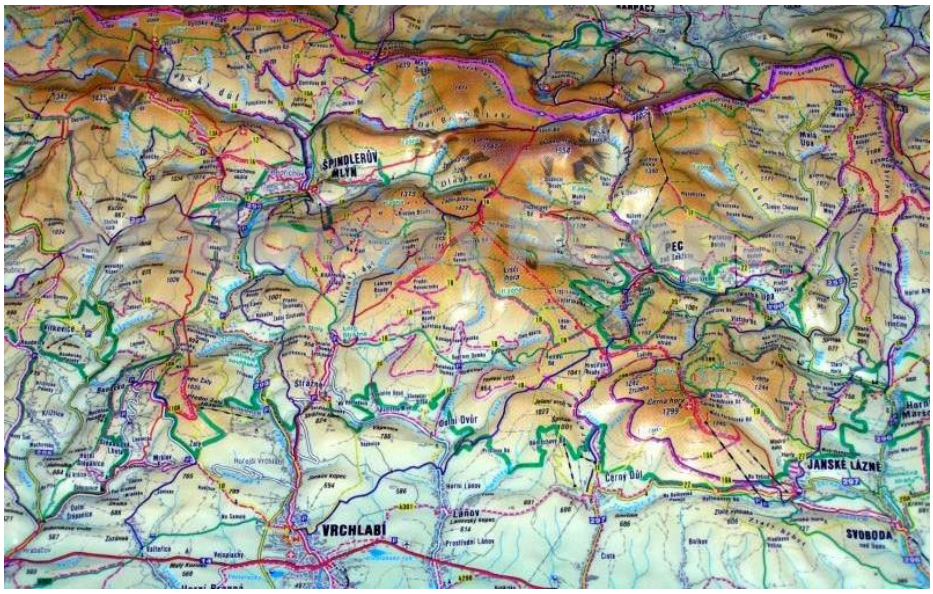
Model hurikánu je vyroben firmou TechMind v Mexickém městě Guadalajara pomocí tiskárny Tinkerine DittoPro.



Obrázek 7 Geovědní pomůcka hurikánu Patricia (zdroj: https://3dprint.com/102330/techmind-hurricane-patricia/)

Plastická mapa

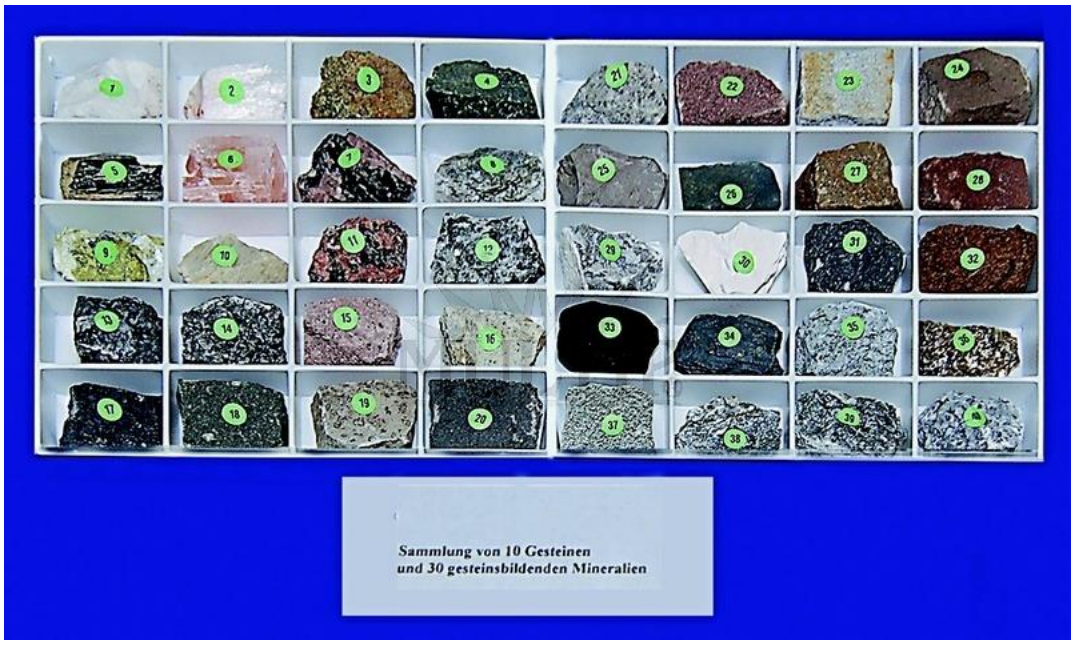
Plastické mapy poskytují mnohem větší přehled o výškovém profilu území. Jsou vhodné jako výukový předmět či doplněk pro turisty. Většinou se jedná o obecně zeměpisné mapy s turistickým značením, jak je možné vidět na obrázku 8. Výroba probíhá následovně. Za využití digitálního modelu terénu je vytvořen předpis pro vyfrézování přesné formy a následným tvarováním plastové desky s natištěnou mapou je vytvořena plastická mapa. Použitím sítotiskových barev je zajištěna odolnost potisku vůči otěru i povětrnostním podmínkám (kartografiehp.cz, 2016).



Obrázek 8: Geovědní pomůcka, plastická mapa (zdroj: http://www.kralovstvimap.cz/krkonose-nastenna-plasticka-mapa/d-72214/)

Kolekce

Tato geovědní pomůcka se od ostatních liší v tom, že není kompletně vyrobená člověkem. Jedná se o nashromážděné a seskupené vzorky materiálů, vyskytujících se v přírodě běžně, či více ojediněle. Může se jednat o kolekce hornin, minerálů nebo kovů. Samotnou kolekci vytváří člověk. Dalším příkladem jsou sbírky zemřelých živočichů, například fosilií. Kolekci minerálů a hornin je zobrazená na obrázku 9.



Obrázek 9: Geovědní pomůcka, kolekce hornin (zdroj: http://www.multip.cz/kolekce-mineralu-a-hornin)

3.3 Výrobní technologie a 3D tisk

Velké množství výukových a tedy i geovědních pomůcek má tu nevýhodu, že jsou vytvářeny sériovou výrobou. To znamená výrobu velkého množství stejných kusů se snahou minimalizovat náklady. Díky tomu se stávají výrobky dostupnější. V oblasti vzdělávání je ale vyžadována jistá jedinečnost těchto pomůcek. Například glóbus pro výuku zeměpisu na automobilové a zdravotní střední škole by měl mít jiné tematické zaměření. To je možné provést pomocí metod 3D tisku. Tato nová výrobní technologie je malonákladová, vhodná k vytváření prototypů a jedinečných modelů. 3D tiskem je tedy možné vytvářet jedinečné učební pomůcky určené přímo pro daný druh studia.

3.3.1 Technologie 3D tisku

„První technologií používanou pro metody 3D tisku byla Stereolitografie (SLA). Tato technologie vytváří objekty pomocí postupného vytvrzování fotopolymerů díky působení laserových paprsků. Jedná se o složitý proces, ale jednoduše řečeno, fotopolymer je uložen v nádobě s pohyblivou platformou uvnitř. Laserový paprsek je směrován v osách X a Y přičemž pryskyřice ztvrdne přesně tam, kde se laser dotkne povrchu. Jakmile je vrstva dokončena, platforma ve vaně se zvedne o výši vrstvy (v ose Z) a následná vrstva je zase vytvrzována laserem. Celý proces se opakuje, dokud není celý objekt dokončen a platforma může být vysunuta z kádě pro odstranění finálního objektu. Pokud jde o další postprodukci, mnoho objektů je třeba vyčistit a vytvrdit. Vytvrzování spočívá ve

vystavení objektu intenzivnímu světlu ve stroji připomínající pec pro plné vytvrzení pryskyřice. Stereolitografie je obecně vnímána jako jedena z nejvíce přesných 3D tiskových procesů s výbornou povrchovou úpravou“ (3dwiser.com, 2016).

„Jednou z nejvíce využívaných technologií 3D tisku je FDM (Fused Deposition Modeling), neboli FFF (Fused Filament Fabrication). Zkratka FDM je registrovanou značkou společnosti Stratasys, proto se často používá zkratka FFF pro prakticky identický proces tvorby výrobků a prototypů. Základním principem technologie FDM/FFF je vytlačování termoplastického materiálu po jednotlivých vrstvách. Tento proces se podobá způsobu, kdy pistole na taveninové lepidlo vytlačuje roztavené částice lepidla. Hlava 3D tiskárny je zásobena termoplastickým materiálem (nejčastěji ve formě struny), který se ohřívá do částečně kapalného stavu. Hlava následně přesně vytlačuje a nanáší materiál v tenkých vrstvách. Výsledkem vrstvení ztuhlého materiálu na předchozí vrstvu je plastický 3D model. Proces FDM/FFF vyžaduje použití podpůrných struktur pro většinu modelů s převislou geometrií - nelze tisknout „do vzduchu“. Většinou to znamená použití druhého, ve vodě rozpustného materiálu, který umožňuje relativně lehce odstranit podpůrné struktury, jakmile tisk je hotový. Výhodou technologie FDM/FFF je jeho cenová dostupnost a obrovské množství materiálů, které lze pro výrobu 3D modelů použít“ (3dwiser.com, 2016).

„DLP je podobný proces, jako stereolitografie, také pracuje s fotopolymerem a hlavní rozdíl spočívá ve zdroji světla. DLP využívá konvenční světelný zdroj, jako jsou obloukové lampy nebo displeje z tekutých krystalů, který je aplikován na celý povrch nádoby s fotopolymerem v jednom průchodu, takže je zpravidla rychlejší než SLA. Tak jako SLA i DLP vyrábí vysoce přesné výrobky ve vysokém detailu. Výhodu technologie DLP oproti SLA je zejména v tom, že stačí mělká vana pro pryskyřici, a tak DLP obvykle vede k menšímu odpadu a k nižším provozním nákladům“ (3dwiser.com, 2016).

„Další metodou je Continuous Liquid Interface Production (CLIP), vytvořená firmou Carbon 3D. Modely se kontinuálně vynořují nebo rostou z lázně s kapalnou pryskyřicí. Výrobky zde ovšem nebyly pomalu tvarovány pomocí tiskové hlavice. Tvar modelu byl místo toho do kapalné pryskyřice vtištěn pomocí prostorově přesného vzorce osvitu ultrafialovými paprsky. Projektor ultrafialového záření je přitom umístěn pod nádobkou kapalné pryskyřice s průhledným dnem. Kapalná pryskyřice reaguje na lokální, prostorově a časově proměnlivý osvit průběžným tuhnutím, které odpovídá procesu tzv. fotopolymerizace. Celý model je průběžně jakoby vytahován z nádobky s kapalnou pryskyřicí pomocí pohyblivé základny, na níž byla jedna strana pohyblivého modelu na začátku přichycena“ (rozhlas.cz, 2015).

Laminated Object Manufacturing (LOM). Tato metoda se od ostatních principů rapid prototypingu na první pohled odlišuje používaným polotovarem. Tím je nejčastěji papír z jedné strany potažený polyetylenem (polyetylen slouží jako pojivo při zažehlení), ale existují i varianty zpracovávající plastové nebo kovové folie. Tato folie je v každém kroku navinuta přes celý pracovní prostor, zažehlena válcem k už hotové části a poté je z ní laserem nebo nožem vyříznut obrys vrstvy. Zařízení je také vybaveno čidlem přítlačné síly a teploty válce pro kontrolu podmínek výroby. Mezi největší výhody této technologie patří schopnost vyrábět i velké součásti a možnost zpracovat různé druhy materiálu jako je například papír, různé polymery nebo kovy. Další předností je rychlost výroby daná tím, že laser pouze vyřezává obrys a celá vrstva je zažehlena najednou zažehlovacím válcem (14220.cz, 2013).

Poslední metodou je Selective Deposition Lamination (SDL). Jiná technologie na bázi papíru byla patentována společností Mcor Technologies v roce 2003. Tato metoda je podobná předchozí metodě LOM ale, zatímco technologií LOM je na řezání využíván

laser a stavební podpěry jsou s objektem spojeny pojivovým materiálem z fólie, u metody SDL je na řezání použit pouze nůž a jako stavební materiál klasický kancelářský papír. Následně je pojivový materiál ve formě lepidla nanášen pouze na přesně určená místa. Tím bylo výrazně usnadněno odstraňování stavebních podpěr po dokončení výrobního procesu. Samotným výrobcem je technologie definována jako bezpečná (při výrobním procesu se nepoužívají potencionálně nebezpečné látky), uživatelsky přívětivá a dokonce ekologicky šetrná. U této technologie je také možné využít schopnost plnobarevného tisku (Vik, 2015).

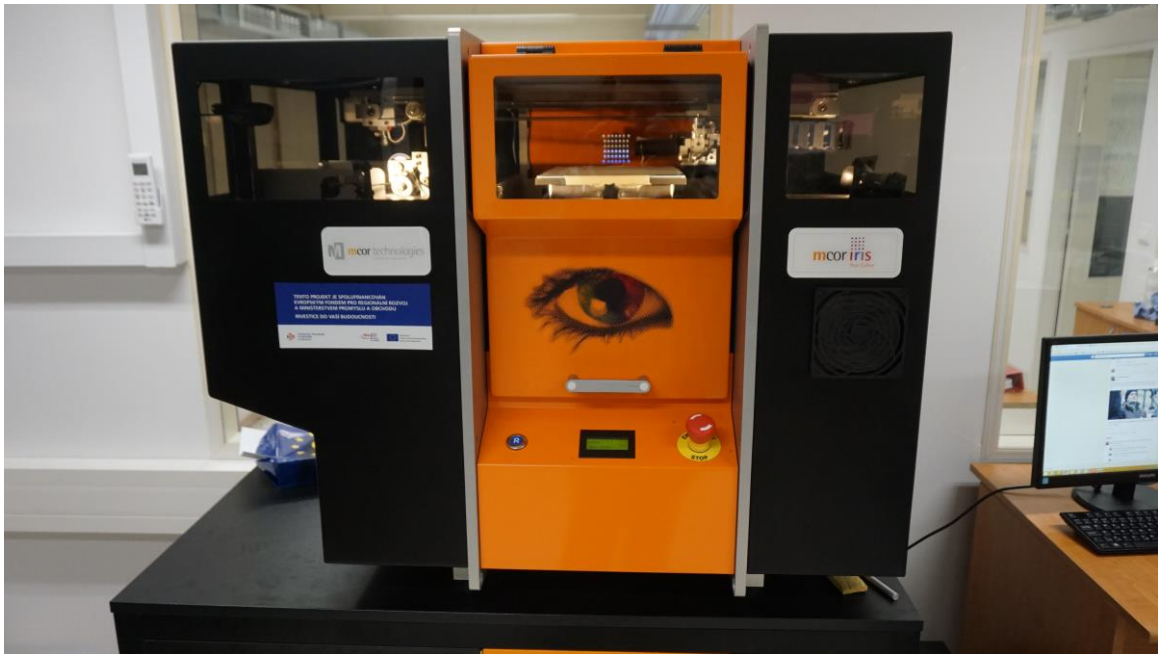
3.3.2 3D tiskárna Mcor IRIS HD

Technologie 3D tisku, používající papír jako stavební materiál, není nijak nová. Už v počátku vývoje nových aditivních technologií byla snaha najít vstupní materiál pro tvorbu 3D objektů, který by byl běžně dostupný a tím i levný. Samotný princip aditivních technologií, kdy je 3D objekt tvořen jednotlivými vrstvami stejné tloušťky, pomohl tvůrcům využít tloušťku papíru jako přirozený základ pro definování jedné vrstvy. Maximální stavební velikost výrobku je 256 x 169 x 150 mm, což znamená o 21 mm méně na každé straně papíru A4. Jako zdroj materiálu se používá klasický kancelářský papír 80g/m^{-2}. (mcortechnologies.com, 2016,cad.cz, 2016)

Tiskárna je zobrazena na obrázku 10. Tiskárna funguje na principu lepení papírů na sebe a jejich následného ořezání. Lepené papíry je možné potisknout přesně vrstvu po vrstvě, tedy papír po papíře, barvou na dodávané inkoustové tiskárně. Touto metodou je možné dosáhnout plnobarevného 3D tisku. Po dokončení stavby je nutné model vyjmout z papírové krychle a využít metod postprocessingu. Vyjmutí modelu je činnost náročná na trpělivost z důvodu odlepování nebo ulamování menších částí modelu. Model se následně potře dodávaným lepidlem a to z důvodu zvýraznění barev, pevnosti modelu a odolnosti vůči vlhkosti.

V tomto případě se nejedná o klasickou metodu 3D tisku. Ta se vyznačuje aditivní výrobou, tj. přidáváním materiálu namísto jeho ubírání. V tomto případě se sice papíry na sebe vrství, ale následně se ořezávají a vznikají zbytky papíru.

„Tiskárna je ideální například pro architekty nebo geografy. Uplatnění nalezne i ve školách. Při využití dotačních programů nemusí být problém ani vysoké pořizovací náklady na tiskárnu, které činí 47 000 dolarů (956 600 korun)“ (technet.idnes.cz, 2014).



Obrázek 10 Tiskárna Mcor IRIS HD

3.4 Vybrané materiály používané v 3D tisku

3.4.1 3D tisk z papíru

Papír jako materiál pro 3D tisk je poměrně nová záležitost. Vznikl z důvodu hledání běžného a hlavně levného materiálu vhodného pro 3D tisk. Tuto technologii používá firma Mcor a to u dvou svých strojů. Jedná se o tiskárnu Mcor IRIS HD, která je používaná pro tisk modelů v rámci této bakalářské práce. Tato 3D tiskárna používá jako výrobní materiál papír formátu A4. V případě barevného tisku je nutné papíry předem potisknout. K tomuto účelu je dodávána inkoustová tiskárna Epson. Nevýhodou je složitá příprava barevného tisku, kdy je zapotřebí natisknout barevné papíry. Tento proces je zdlouhavý a z důvodu malých zásobníků na papír je nutná neustálá přítomnost obsluhy. Druhou tiskárnou je Mcor Arke. Tato tiskárna nepoužívá kancelářské papíry ale papírové role, které se celé vloží do tiskárny. Rozdíl je v tom, že barva se na papír nanáší přímo ve 3D tiskárně. Není tedy nutné papíry předtisknout na inkoustové tiskárně.

3.4.2 Ostatní materiály

Nejpoužívanější materiál pro 3D tisk metodou FFF je jednoznačně ABS. Jedná se o amorfní termoplastický kopolymer. Výhodou materiálu je především zdravotní nezávadnost, odolnost vůči vysokým i nízkým teplotám a mechanickému poškození. Neupravený ABS má bílou až krémovou barvu a může se obarvit různými barvivy a pigmenty. Nevýhodou je, že při ochlazování může dojít k narušení povrchu. Vzhledem ke svým vlastnostem je nejvíce využívaným technickým plastem vhodným pro výrobu široké škály produktů od domácích potřeb, hraček či hudebních nástrojů až po díly v automobilovém průmyslu.

Další často využívaný materiál je PLA (Polylactid acid). Ten se od klasických plastů odlišuje tím, že je vyroben z obnovitelných zdrojů. Hlavní surovinou pro jeho výrobu jsou přírodní látky např. celulóza a rostlinná biomasa (kukuřičný škrob). Je zdravotně

nezávadný a dá ekologicky likvidovat bez zátěže životního prostředí. Zachovává si pružnost, tvrdost a odolnost jako jiné plasty. Je považován za univerzální materiál pro 3D tisk, který je jednoduše předvídatelný - při zahřátí roztaje, při ochlazení ztuhne. Je vhodný pro tisk modelů se složitým povrchem. Nevýhodou zůstává, že v hodně vlhkém prostředí materiál pohlcuje vlhkost, což se projevuje bublinkami na povrchu předmětu. Proto je náročnější na podmínky skladování. PLA je rozpustný v hydroxidu sodném (futur3d.net, 2016).

4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ

Součástí řešení této bakalářské práce bylo vytvořit několik modelů, které budou sloužit jako geovědní pomůcky. Nejprve bylo nutné určit jaké pomůcky a ze kterých oborů. Takto vybrané pomůcky byly po konzultacích navrženy a vymodelovány. Na modely byla nanesena textura a byly opravené tak, aby byly vhodné pro tisk. Následoval samotný tisk modelů. Poté byl proveden postprocessing, díky kterému modely získaly finální podobu. Ke každému modelu byl vytvořen plakát s dodatečnými informacemi.

4.1 Návrh barevných modelů

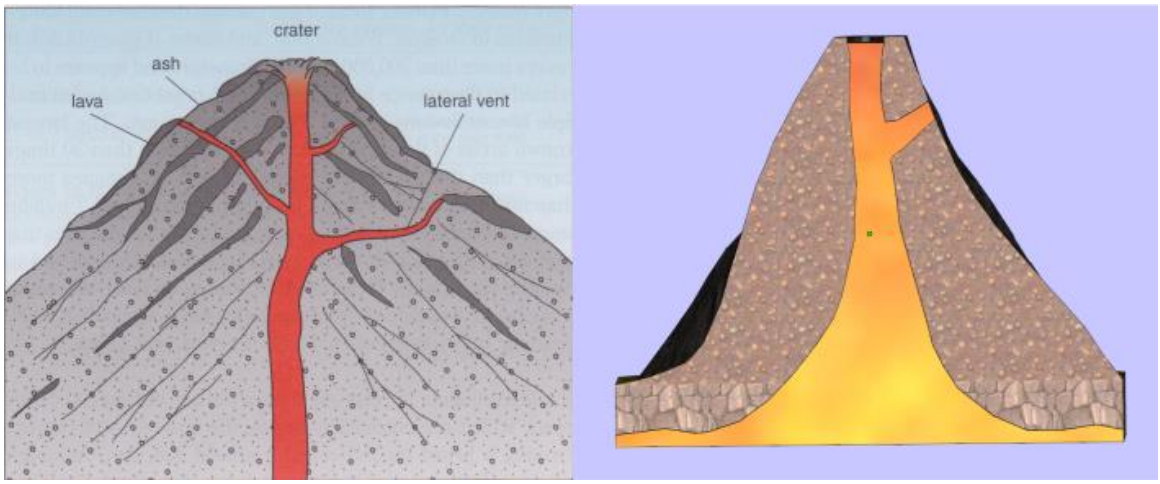
Před tvorbou modelů byly důkladně prostudovány knihy a prohlédnuty materiály týkající se geovědních témat. Hlavním důvodem bylo nalezení dostatečného množství vhodného materiálu pro tvorbu geovědních modelů. Jako nejvhodnější zdroj grafických podkladů byly vybrány publikace zaměřené na fyzickou geografii. První z nich byla Physical Geography – Great Systems and Global Enviroments od autorů W. M. Marshe a M. M. Kaufmana (Marsh a Kaufmann, 2012). Kniha je zaměřená na popis a vysvětlení velkých systémů fungujících na planetě Zemi. Konkrétně se v knize nachází informace o zemské energii, klimatu, koloběhu vody a skalních, horských nebo vulkanických systémech.

Druhou volbou pro čerpání inspirace k tvorbě modelů byla kniha Physical Geography od autorů J. F. Petersena, Dorothy Sack a R. E. Gablera (Petersen, Sack a Gabler, 2012). Tato kniha více popisuje vztahy mezi jednotlivými jevy než jevy samotné. Obě publikace zaměřené na fyzickou geografii byly ideálním zdrojem podkladů a informací k návrhu tvorby geovědních pomůcek.

Takto načerpané informace byly doplněny a upřesněny při odborných konzultacích. Kromě pravidelných konzultací s vedoucím práce, probíhaly konzultace i s odborným asistentem, RNDr. Alešem Rudou, Ph.D., z Mendelovy univerzity v Brně. Po konzultacích byly modely mírně upraveny, také vznikla legenda k přílohám 1b a 2b, k modelům sopečné a krasové činnosti.

Výsledné návrhy modelů byly zjednodušeny na schematickou úroveň z důvodu snadnějšího předání informace a tím i lepší pochopení komplexnosti problematiky. Příloha 1b, model sopečné činnosti byl navrhnut tak, aby názorně představil jednotlivé děje uvnitř sopky při sopečné erupci. Byl vytvořen tak, že na podstavě znázorňující zatravněné okolí sopky byl postaven sopečný kužel, který byl vertikálně rozříznut. V tomto řezu se nachází hlavní části sopky, zvýrazněné kontrastní žluto-oranžovou barvou. Ve spodní části se nachází magmatický krb, který se směrem vzhůru zužuje na sopouch, v horní části modelu se nachází kráter a napravo pod ním je druhý, parazitický kráter. V řezu sopečným kuželem je možné vidět změnu geologického podloží a povrch kužele tvoří sopečný prach.

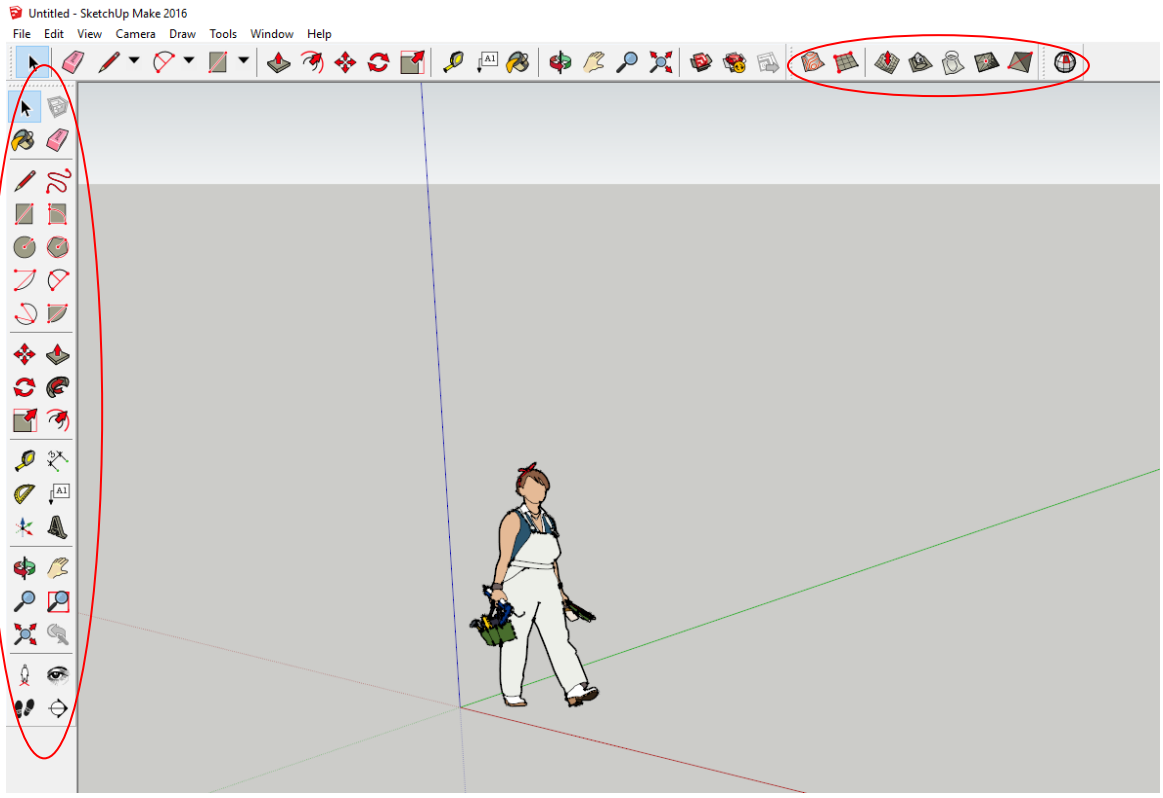
Podobnost mezi podklady z knihy Physical Geography – Great Systems and Global Enviroments a přílohou 1b, modelem sopečné činnosti, je ukázána na obrázku 11.



Obrázek 11: Porovnání příkladu z odborné literatury s modelem

4.1.1 Příprava modelovacího prostředí

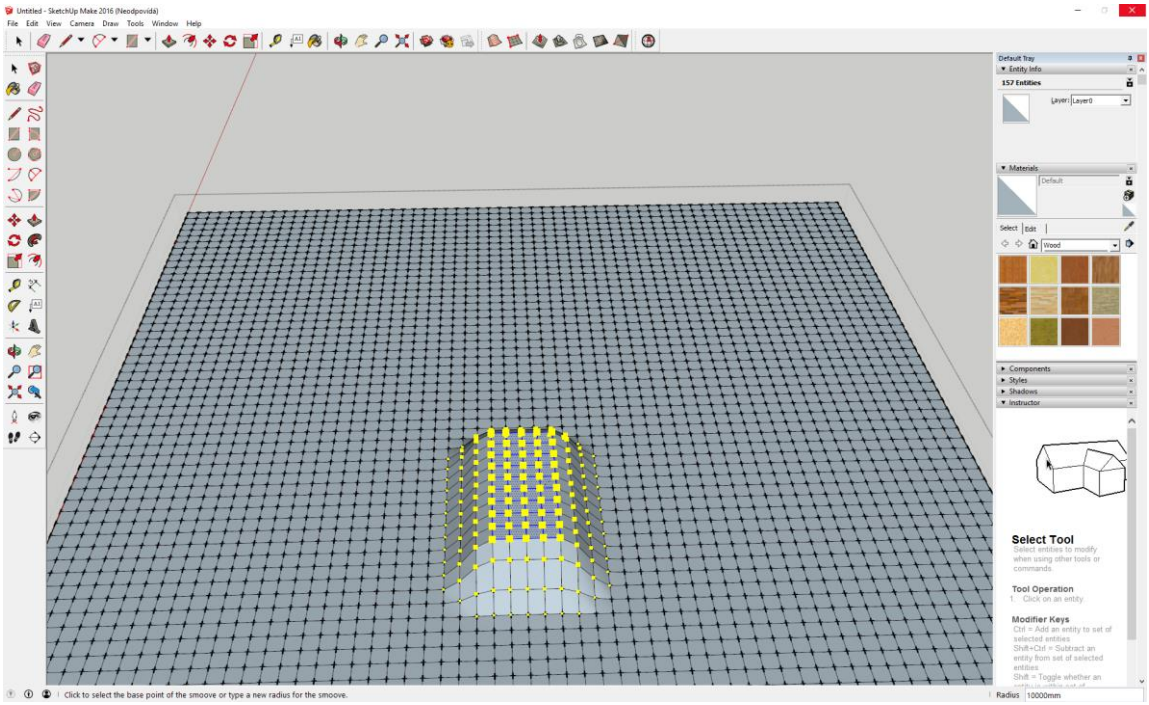
Jak již bylo zmíněno na začátku páté kapitoly, pro tvorbu modelů byl použit software SketchUp Make 2016 (dále jen SketchUp). Bylo možné použít i jiné programy, například 123Design od firmy Autodesk nebo Rhinoceros, nicméně veškeré postupy v této bakalářské práci byly prováděny v programu SketchUp. Tvorba v tomto programu je velmi intuitivní a uživatelsky přívětivá. Příprava prostředí byla zahájena spuštěním programu SketchUp, kde byl zobrazen prostor, ve kterém jsou vytvářeny modely. Nejprve bylo potřeba doinstalovat veškeré nutné extenze, které byly využity pro účely bakalářské práce. V programovém menu byla zvolena záložka Window a v ní Extension Warehouse. Do vyhledávacího pole byl napsán název vybrané extenze, po vyhledání byla vybrána příslušná extenze a zobrazeny její detaily. V pravém horním rohu okna byl zvolen odkaz k instalaci. Pro účely bakalářské práce byly použity extenze Solid Inspector 2, Sandbox Tools a STL Plugin. Dále byla v menu v záložce View vybrána položka Toolbars. Zde bylo nastaveno, které extenze budou viditelné přímo v rozhraní programu. Všechny stažené extenze a Large Tool Set byly zaškrtnuty a následně umístěny do levé části rozhraní pro snadnější přístup k nim, jak je ukázáno na obrázku 12. Dále byly zvoleny jednotky v modelovacím prostředí, což bylo provedeno v záložce Window, Preferences, Template. Zde byl zvolen typ prostředí a jednotky. Ke tvorbě menších modelů, jako jsou geovědní pomůcky, byl vybrán Architectural Design – Milimeters. Výběr templatu byl proveden i v okně po spuštění Sketchupu, před načtením prostředí.



Obrázek 12: Vybrané extenze pro SketchUp Make 2016

4.1.2 Modelování

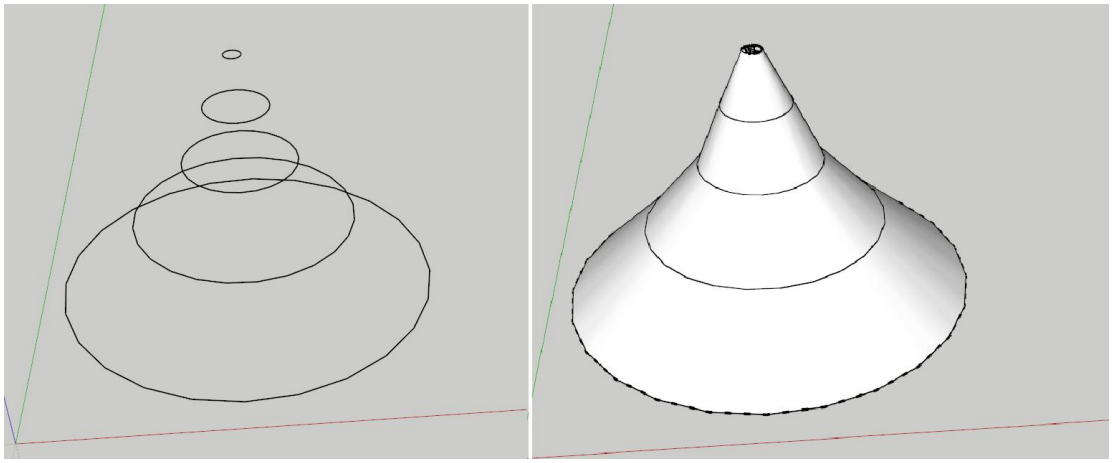
Prostředí k efektivnímu modelování bylo připraveno a popsáno v předcházející podkapitole. Základním principem modelování v softwaru SketchUp je kresba ve 2D pomocí nástrojů jako Rectangle, Circle, Line nebo Freehand. Tyto 2D kresby byly následně převedeny na 3D pomocí nástroje Push/Pull. Takto vytvořené objekty byly vytvářeny spojováním, rozdělováním nebo odečítáním jeden od druhého, dokud nevznikl požadovaný model. Speciálním případem byla tvorba terénu. K tomuto účelu byla – jak je uvedeno v předcházející podkapitole, nainstalována extenze Sandbox Tools, která umožnuje práci s terénem dvěma způsoby. Prvním způsobem byla tvorba za pomoci rovnostranné mřížky. Nástrojem z extenze From Scratch byla vytvořena pravidelná mřížka libovolné velikosti, čím větší, tím jemnější detail půjde modelovat. Po dvojkliku na vytvořenou mřížku byl vybrán polygon nebo skupina polygonů podržením klávesy Shift a za pomocí nástroje z extenze nazvaným Smoove bylo možné pohybovat vybranými plochami. Pohybuje se pouze ve směru na plochu kolmém, čímž je možné vytvořit prohlubeň nebo kopec, jak je zobrazeno na obrázku 13. Tento proces je možné opakovat také s už upraveným terénem a dosáhnout tak nerovností a větší realističnosti terénu. Druhou možností této extenze byla tvorba terénu z vrstevnic. Pro tuto variantu bylo vytvořeno několik spojených linií v různé výšce.



Obrázek 13: Tvorba terénu v programu SketchUp Make 2016 nástrojem Smoove

Jednalo se o několik polygonů rozmístěných v různé výšce nad sebou, ze kterých byla odstraněna plocha a ponechán pouze obrys. Všechny tyto linie byly označeny a pomocí nástroje From Contours se z nich vytvořil objekt spojující všechny linie, viz obrázek 14. U toho postupu platí pravidlo, že čím více linií v různé výšce je použito, tím bude výsledný model jemnější a přirozenější. Takto vytvořené modely terénu byly bez spodní vrstvy, která jim byla následně domodelována. Umístění terénu na podstavec se ukázalo jako nejvhodnější řešení. Nejprve byl vymodelován samotný podstavec, který musel být přirozeně větší než model terénu. V dalším kroku byly tyto dva objekty umístěny na sebe pomocí nástroje Move tak, aby každá část povrchu terénu byla pod vrchní plochou podstavce. Pravým kliknutím na model terénu byla otevřena nabídka možností, ve které byla zvolena jako první možnost Intersect Faces, konkrétně With Model. V tomto kroku byly nařezány veškeré sebou procházející plochy v modelu. Odděleny byly tedy části, které se nacházely nad i pod vrchní plochou podstavce. Části pod podstavcem bylo potřeba odstranit, čehož bylo docíleno skrytím vrchní plochy podstavce. To bylo provedeno pravým kliknutím a zvolením možnosti Hide. Po odstranění oddělených částí byla opět zobrazena vrchní plocha podstavce a to tak, že v menu v záložce View se zaškrtne položka Hidden Geometry. Plocha podstavce byla zobrazena průhledně a tím se zpřístupnila možnost na ni opět kliknout pravým tlačítkem myši a zvolit Unhide.

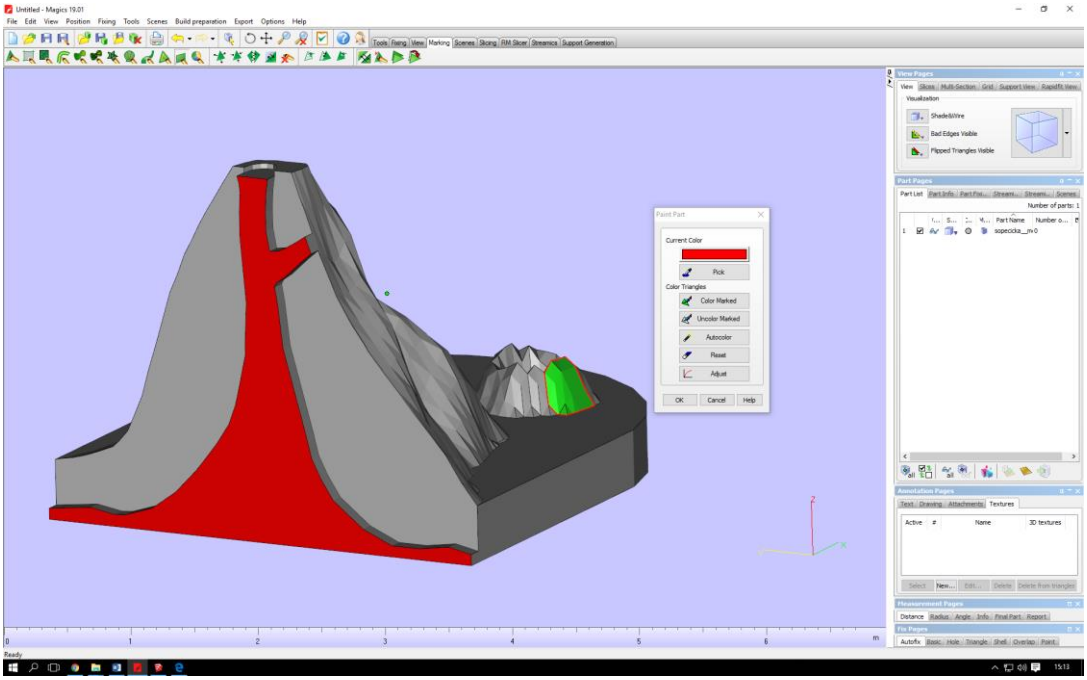
Dalším důležitým nástrojem, zvláště pro tvorbu 3D Puzzle byl nástroj Offset. Tímto nástrojem byla vytvořena druhá okrajová linie uvnitř nebo vně polygonu. U modelu Puzzle států EU byl použit Offset 0,2 mm. Vzdálenější linie byla odstraněna ještě při přípravě 2D modelu. Bylo důležité, aby každý dílek puzzle měl nastavený stejný offset.



Obrázek 14: Tvorba modelu pomocí nástroje From Contours

4.1.3 Texturování

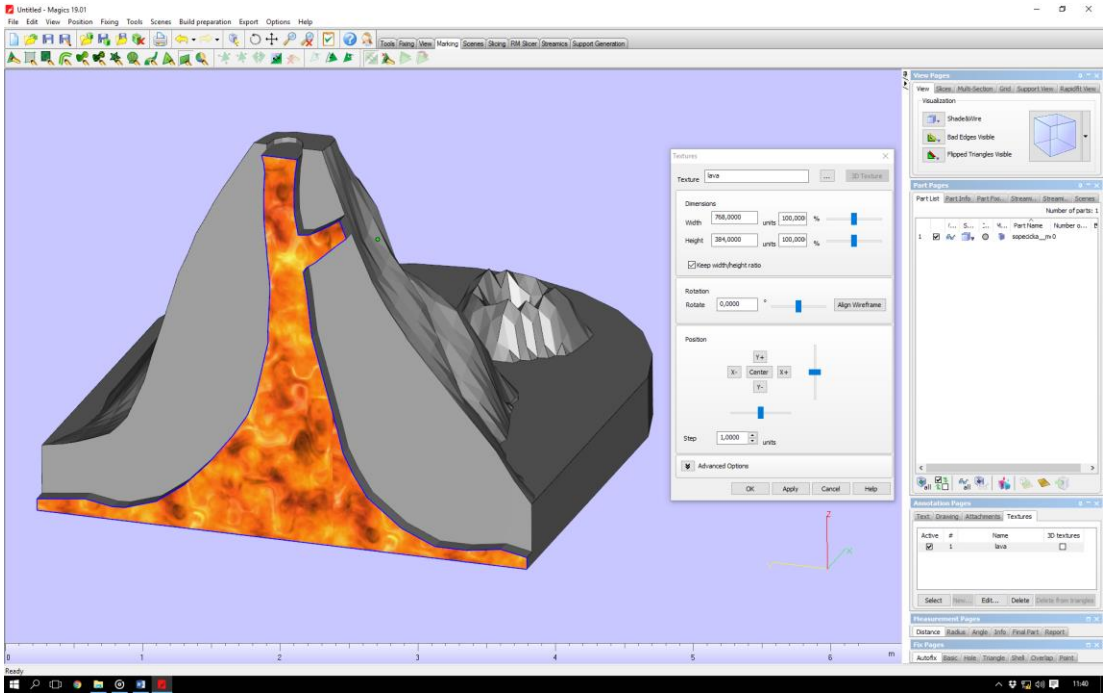
Texturování modelů pro účely této bakalářské práce bylo testováno ve čtyřech softwarech a to v SketchUp, Magics, ColourIT a Blender. Nanášení textury v prvních třech jmenovaných programech funguje na podobném principu. Zvolená plocha byla pokryta základní barvou nebo na ni byla nanesena textura. Jako nejvhodnější program pro základní práci s texturou byl zvolen Magics. Po spuštění programu bylo zobrazeno uživatelské rozhraní s modelovacím prostorem. V menu, v záložce File, byla zvolena možnost Import Part a byl naimportován model určený k texturování. V menu pro výběr nástrojů spodní lišty byla místo defaultně nastavených Tools zvolena možnost Marking. Pomocí této nástrojové lišty byly označeny části modelu od nejmenších stavebních částí (Mark Triangl) až po díly (Mark plane), plochy (Mark Surface) a celky (Mark Shell). Na takto označenou část modelu byla nanesena textura případně jednolitá barva. Pro nanesení barvy byla v menu, v záložce Tools, vybrána položka Paint Part. Po otevření nástroje v sekci Current Color byla buď vybrána barva z přednastavených, nadefinována vlastní barva nebo použito kapátko, jak je vidět na obrázku 15.



Obrázek 15: Nanášení barvy na model v programu Magics

Označenou část bylo možné obarvit vybranou barvou kliknutím na Color Marked, možností Uncolor Marked bylo pak možné barvu z vrstvy odstranit.

Textura byla nanesena obdobným způsobem, kdy prvním krokem bylo získání textury. Tu je možné si vytvořit nebo získat na Internetovém uložišti. Dále přes nabídku Marking byla označena požadovaná plocha, na kterou byla nanesena textura. V pravém dolním rohu, jak je zobrazeno na obrázku 16, se nachází okno s názvem Annotation Pages. V tomto okně byla z nabídky nástrojů vybrána položka Textures. Dále byla tlačítkem New vybrána textura, která byla aplikována na vybranou plochu. Potvrzením výběru byla aplikována textura na plochu modelu, zároveň bylo otevřeno okno pro možnou úpravu a pohyb textury, jak je vidět na obrázku 16.

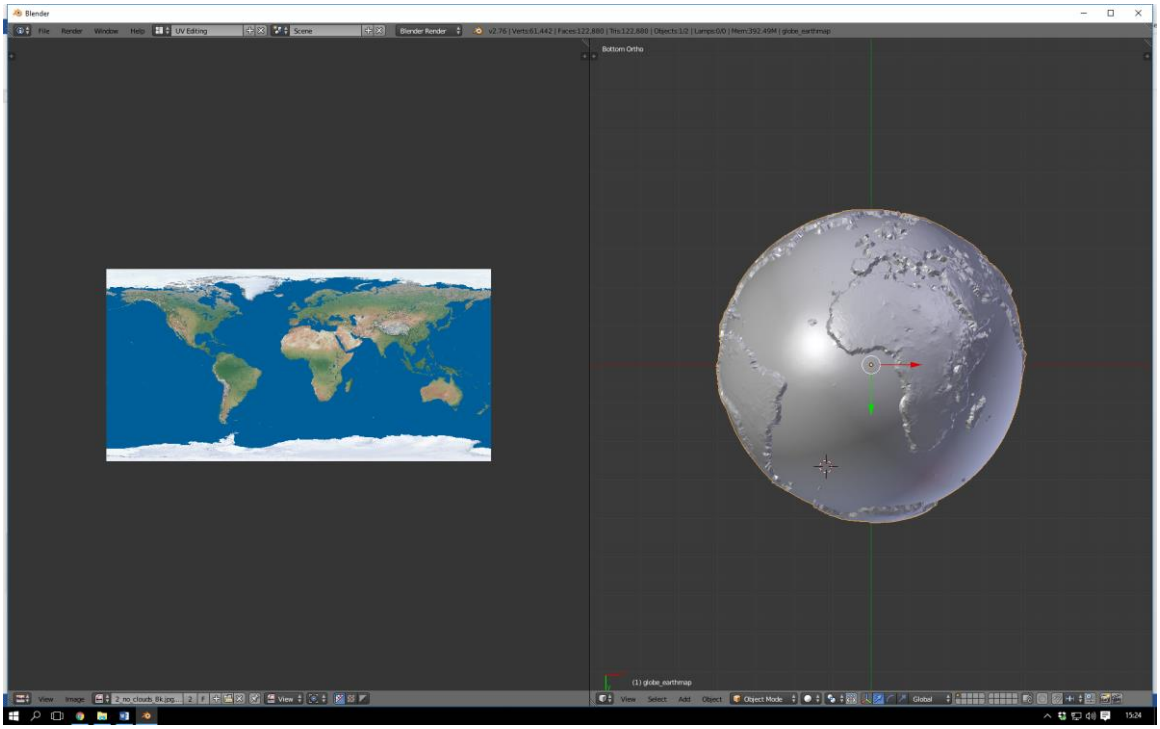


Obrázek 16: Nanášení textury na model v programu Magics

V poli Dimensions byla upravena velikost textury a to ve dvou osách, které byly defaultně uzamčené, z důvodu rovnoměrné úpravy velikosti. Pomocí pole Rotation bylo možno s texturou rotovat. Třetí, poslední pole, umožňovalo s texturou pohybovat po ose x a y. Další nastavení se zobrazilo po rozkliknutí nabídky Advanced Options. Zde byla zvolena možnost změnit projekci z Přímé (Straight) na Kuželovou (Cylindrical). Projekce byla ponechána nastavená na Straight. Poslední možností nastavení bylo pole s názvem Tile. Zaškrtnutím tohoto pole bylo dosaženo bezešvého pokrytí modelu texturou. Těmito nástroji byla textura upravena na požadovanou pozici a po potvrzení byla aplikována na vybranou plochu. V poli Textures lze vidět všechny použité textury, znovu je upravit, deaktivovat nebo smazat. Po nanesení všech textur byl model exportován. V tomto případě byl pro export modelu zvolen formát VRML, který je možné naimportovat do programu dodávaného k tiskárně Mcor.

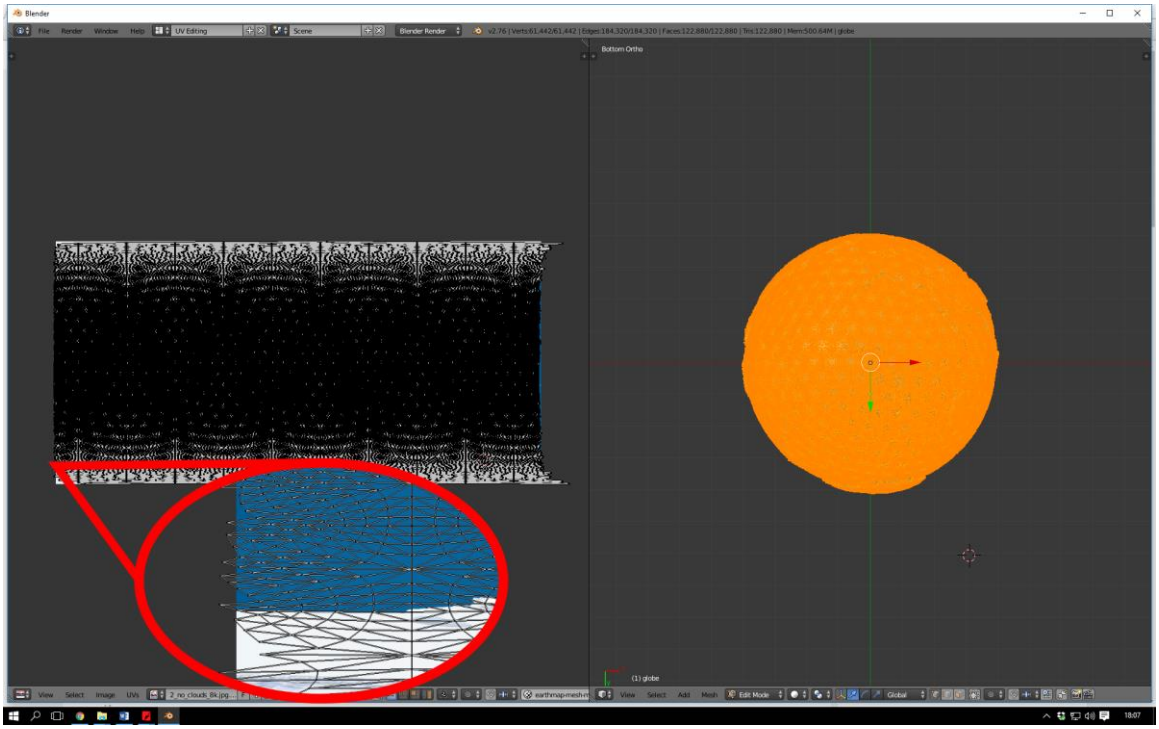
Zvláštním případem v texturování modelů bylo nanášení textury na reliéfní glóbus. Pro tento účel bylo nutné si nainstalovat software Blender, který umožňuje rozložení modelu na 2D síť a na ni následně nanesení textury. Po spuštění Blenderu byla v pravém horním rohu v okně All Scenes odstraněna kamera (Camera), vymodelovaná krychle (Cube) i světlo (Lamp). V horní liště byl jako styl zobrazení rozhraní zvolen UV editing, rozhraní bylo rozděleno na dvě okna. Do pravého okna byl nahrán model přes

File a Import. Model bylo nutné zobrazit ze správného úhlu, čehož bylo docíleno pomocí View – View Persp/Ortho a View – Bottom. Tento postup byl nutný z toho důvodu, že střed modelu, ze kterého se začne rozkládat síť, musí mít být na stejném místě jako střed textury, v tomto případě pod západním výběžkem Afriky. Do levého okna byla pomocí tlačítka Open (Open Image) v levém dolním rohu vložena textura. Obrázek 17 ukazuje Blender připravený pro práci s texturou. V dolní liště byl zvolen Edit Mode místo původního Object Mode. Hrany modelu byly obarveny oranžově a přes texturu v levém okně byla zobrazena síť rozloženého modelu. V záložce Mesh, v pravém okně bylo zvoleno UV Unwrap – Sphere Projection. V levém okně se musela textura s rozloženým modelem překrývat, čehož se docílí pomocí klávesy S (Size). Nyní bylo možné měnit velikost modelu.



Obrázek 17: Modelovací prostředí programu Blender pro nanesení textury na reliéfní globus

Pomocí klávesy G (Grab) bylo možno pohybovat s modelem. Obě tyto funkce lze uzamknout jen na osu X nebo Y stisknutím totožných písmen. Když se obě vrstvy překrývají, tak jak na obrázku 18, je potřeba se vrátit zpět do Defaultního zobrazení - lišta vlevo nahoře Default. Ve spodní liště lze Viewport Shading změnit ze Solid na Texture, což způsobí zobrazení modelu pokrytého texturou. Nyní byla k modelu připojena textura a model byl exportován.

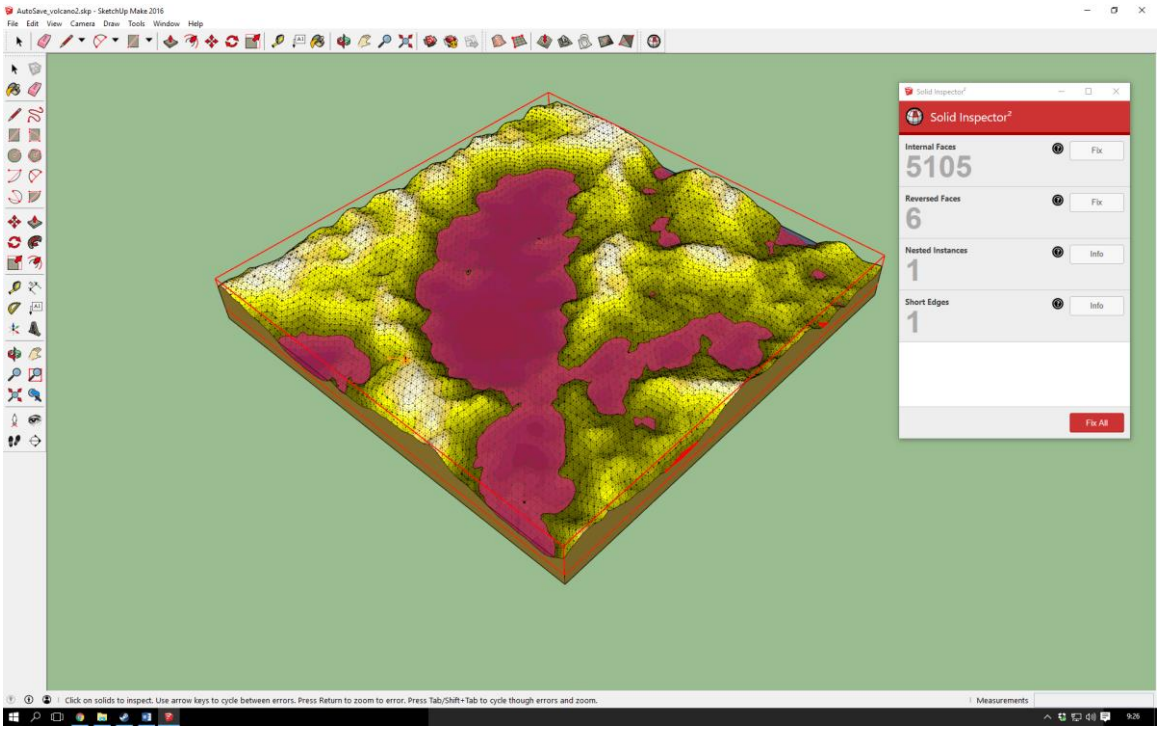


Obrázek 18: Překryv rozloženého modelu a textury

Textura byla k modelu připevněna tak, že byla v pravém sloupci zvolena záložka Material (koule se čtverci), v ní vybrána textura, se kterou se pracovalo dříve. Tlačítkem plus byla textura použita jako materiál modelu. V položce Textures (šachovnice) byla pomocí tlačítka plus přidána textura do seznamu. V Type byla nastavena možnost Image or Movie a do položky Coordinates vybrána možnost UV. Zde byla zvolena ikona krabičky vedle cesty k umístění obrázku, která zajistila, že textura zůstane uvnitř uloženého projektu v Blenderu (.blend). Posledním krokem byl export barevného modelu (File-Export). V tomto programu se nejvíce osvědčilo exportovat ve formátu Wavefront (.obj).

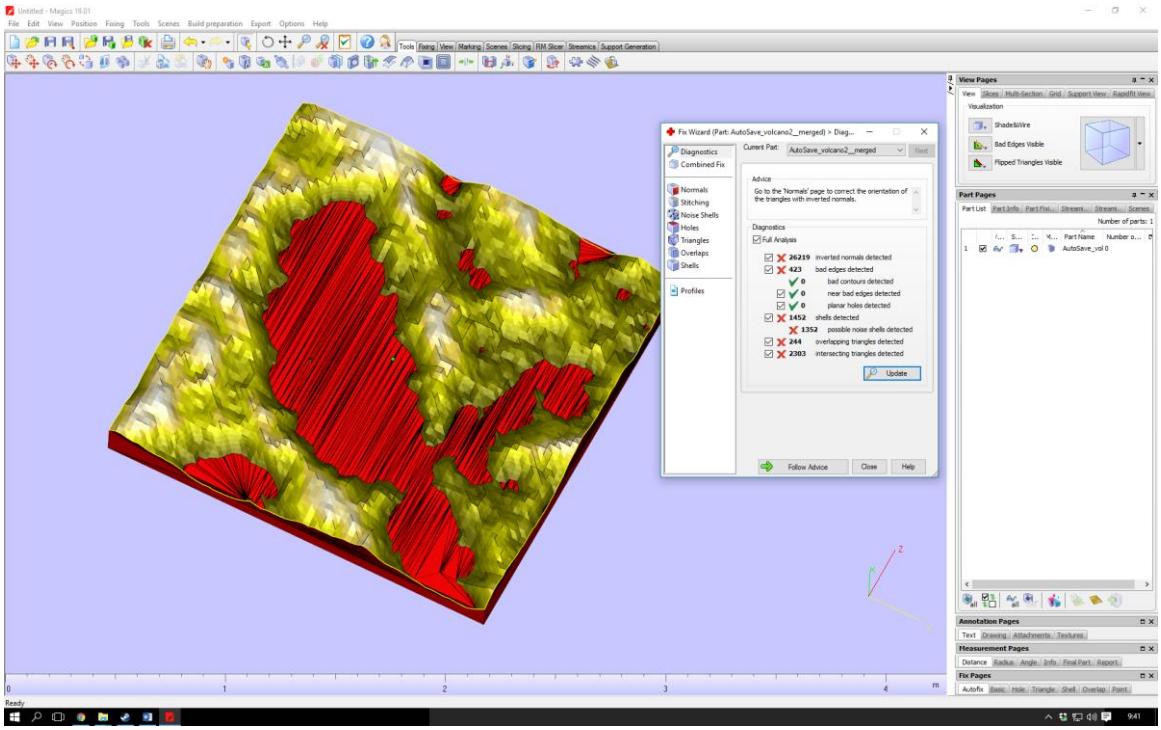
4.1.4 Oprava modelů pro tisk

Do ovládacího softwaru tiskárny, pojmenovaného SliceIT, musí model vstupovat bez chyb. To znamená, že je nutné odstranit veškeré překryvy, vnitřní stěny a volné polygony. K tomuto účelu byly použity následující metody včetně jejich kombinací. První metodou byla nainstalovaná extenze Solid Inspector 2. Tento způsob byl primárně určený pro základní opravu modelů vytvořených ve SketchUp. Po spuštění extenze bylo zobrazeno okno, ve kterém je ukázáno, jaké chyby se nacházely v modelu, viz obrázek 19. U každého druhu chyby je vysvětlení o jakou chybu se jedná a jak ji odstranit. Pokud to typ chyby umožňuje, je k dispozici tlačítko Fix, nebo Fix All. Tato volba automaticky opraví daný druh chyb v celém modelu.



Obrázek 19: Oprava modelu pomocí extenze Solid Inspector 2 v programu SketchUp Make 2016

Další možností opravy modelu bylo použití Fix Wizard v programu Magics. Opravy tímto způsobem jsou nejspolehlivější a nejvíce účinné. V menu, v záložce Fixing, byl spuštěn průvodce opravami Fix Wizard. V levém sloupci bylo zvoleno Diagnostics a tlačítkem Update provedeno vyhledání všech chyb v modelu, viz obrázek 20. V záložce Combined Fix lze pomocí nástroje Automatic Fixing spustit opravu všech chyb zároveň. U případů s více chybami byla tato možnost méně vhodná z důvodu možné deformace modelu. V takovém případě bylo nutné pomocí zbylých položek v levém menu Fix Wizardu opravit všechny typy chyb jednotlivě. Při deformaci u opravy jednoho typu chyby bylo nutné se o krok vrátit a začít opravu u jiného typu, tak aby model nebyl deformován a přitom byly opraveny všechny chyby.



Obrázek 20: Oprava modelu pomocí nástroje Fix Wizard v programu Magics

Poslední, třetí způsob opravy chyb v modelu, byla internetová služba Model Repair, na adrese https://modelrepair.azurewebsites.net/. K využití této služby bylo nutné se přihlásit na Microsoft účet, popřípadě si ho založit. Princip opravy spočíval v tom, že byl nahrán model, který byl opraven a poté opravený stažen s příponou _fixed. Tato služba je implementací nástrojů programu NetFabb.

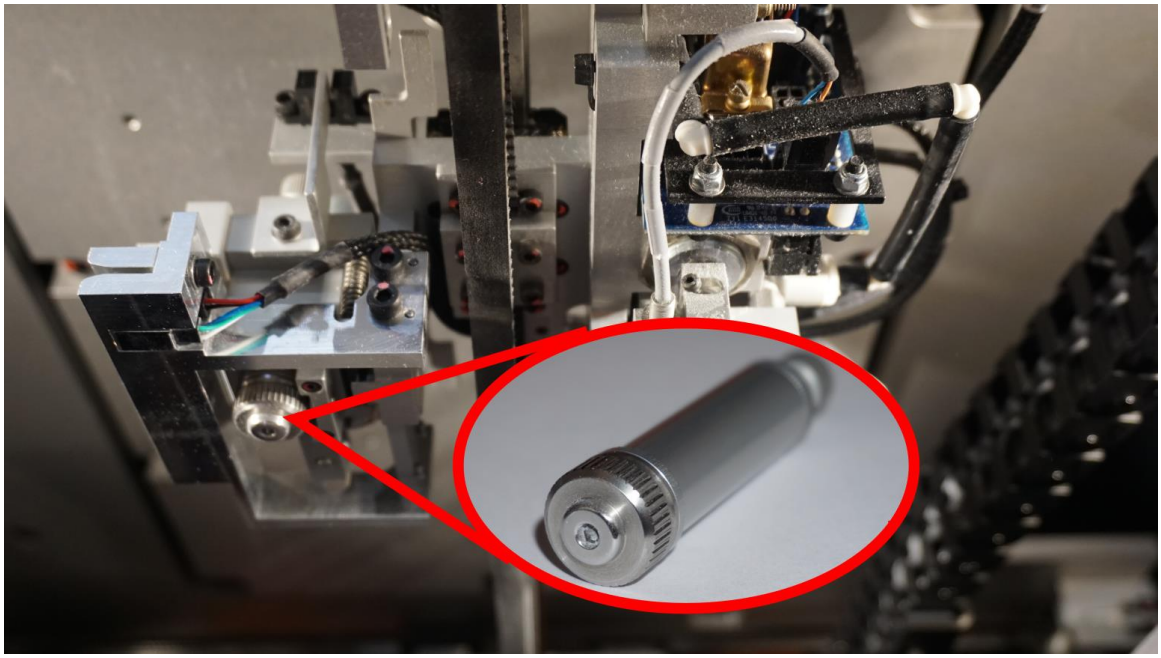
4.2 Tisk barevných modelů

Tiskárna Mcor IRIS HD používá pro výrobu modelů papír, který ořezává a vrství na sebe. Pokud má být výsledný model barevný, je potřeba nejprve na papír nanést barvu. K tomuto účelu je k 3D tiskárně dodávána inkoustová tiskárna značky Epson. Nastavení tisku probíhalo v programu SliceIT, který byl dodán výrobcem tiskárny Mcor. Po spuštění programu SliceIT byl v menu, v záložce File, vytvořen nový projekt (New Project). Poté byl do projektu přidán model určený k vytisknutí (File – Add 3D Project To File) a následně mu byla nastavena jeho pozice, úhel a velikost pomocí přepisování hodnot v levém sloupci. Model byl umístěn tak, aby každý řez pokrýval co největší část papíru a zároveň tak, aby výsledný model byl v menších částech spojen celistvostí papíru, ne lepidlem. Po zahájení tisku barevných papírů a následného tisku modelu již nelze tyto hodnoty měnit. Dále bylo nutné přidat pomocné řezy, aby bylo později možné model vytáhnout z papírového bloku. To lze provést dvěma způsoby. První možnost bylo nechat zapnuté Support Lines ve spodní části levého sloupce. S tímto nastavením se papír, tam kde není model, rozřezával do pravidelné mřížky. Toto nastavení nebylo ideální z důvodu příliš detailního rozřezání modelu, což má vliv na prodloužení doby stavby a velké opotřebení nože. Vhodnější možností bylo tyto pravidelné pomocné řezy vypnout a to pomocí kliknutí pravým tlačítkem myši na Support Lines a zvolením možnosti Disable u obou řezů. Druhou možností bylo nastavení vlastních pomocných

řezů. Ty byly přidávány v záložce File pomocí Add Y-Z plane a Add X-Z plane. Umístění řezů bylo nutné nastavit opět pomocí hodnot v levé části, tak aby procházely všemi částmi modelu. Je důležité, aby řezy vedly i místy, které budou komplikované na vyjmutí z papírového kvádru, jako jsou například vrcholy nebo kolmé sníženiny. Po vhodném umístění byly vygenerovány vrstvy, pomocí ikony ozubených kol (Generate Layers). Po vygenerování vrstev bylo zobrazeno okno s informacemi o tisku. Například počet papírů (vrstev), vzdálenost, kterou najede nůž nebo doba tisku. V takto nastaveném projektu bylo možné spustit tisk papírů na tiskárně Epson. Kliknutím na ikonu tiskárny, úplně nalevo v horní liště, bylo zobrazeno okno pro tisk papírů. Po vybrání správné tiskárny byl spuštěn tisk všech stran nebo jen části z nich. Z důvodu nutné čitelnosti čárových kódů na boku každého papíru, čtecí hlavou v 3D tiskárně, bylo nutné po celou dobu tisku hlídat, jestli se nezačaly ucpávat trysky v tiskové hlavě. Pokud se na čárovém kódu objevovaly vynechané, nevytisknuté pruhy, je potřeba tisk zastavit. V ovládacím programu tiskárny v počítači bylo nutné spustit čistění trysek. Proces bylo nutné opakovat, dokud se vzorek pro kontrolu čistění nerovnal vzorku pro bezchybný tisk. Celým tímto procesem prováděl čistící program tiskárny. Vytisknuté papíry bylo nutné udržovat seřazené, z důvodu následného vkládání do zásobníku papíru v 3D tiskárně.

4.2.1 Nastavení tiskárny

Před samotným tiskem bylo nutné nastavit 3D tiskárnu. Na displeji 3D tiskárny byla zvolena možnost Setup Build, potvrzena tlačítkem OK a počká se, než se zobrazí Press OK When Done. Nyní jsou odemčeny přední i boční dvířka 3D tiskárny. Poté byly do zásobníku, který je umístěn na levém boku 3D tiskárny, vloženy natisknuté papíry. Je nutné vkládat papíry v pořadí od posledního po první vytisknutý list. To znamená, že papír s číslem jedna bude nahoře. Papíry musí být zarovnané a přesně naskládané, aby nedošlo k problémům s tiskem. Po zkontrolování dostatečného množství lepidla v nádržce se dvířka na levé straně mohou zavřít. V dalším kroku bylo vyčištěno kolečko, které nanáší lepidlo a nastaven nůž. Po otevření předních dvířek byl z pohyblivé hlavy, na které jsou umístěny všechny hlavní součásti tiskárny, vytažen řezací nůž, viz obrázek 21.

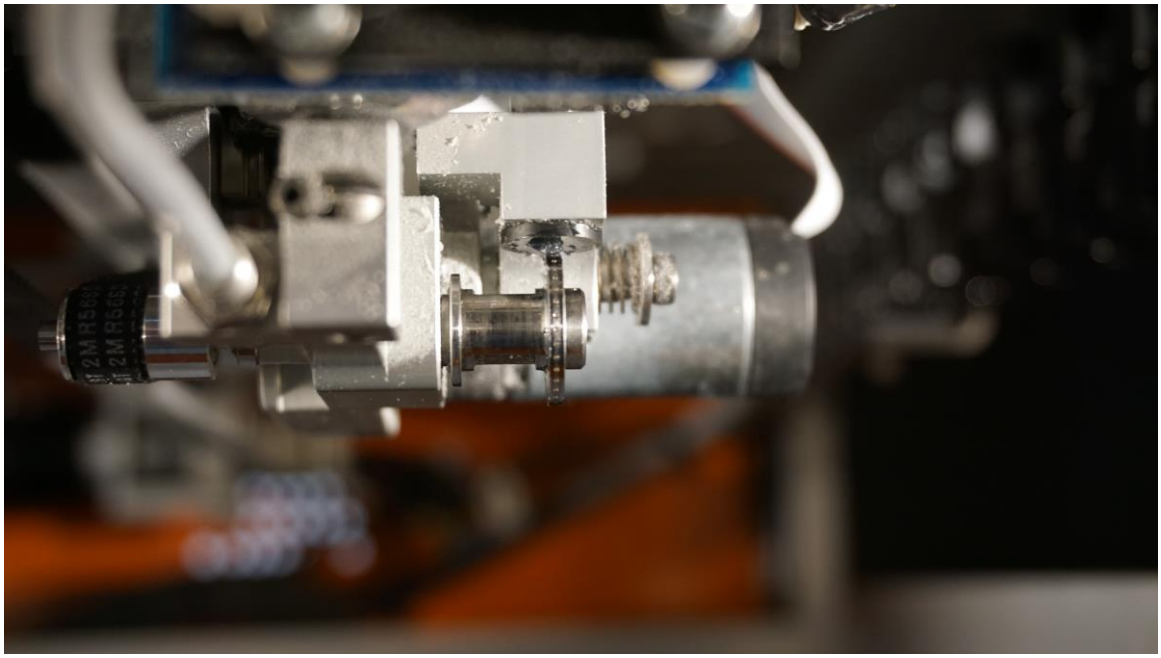


Obrázek 21: Nůž určený k průřezu papíru

Z nože byla vyjmuta čepel, která byla opatrně očištěna. U šroubovací části nože byla potřesením vyzkoušena volnost malé kuličky uvnitř. Pokud se neozývaly nárazy kuličky o stěnu nože, bylo nutné touto částí jemně poklepat. Čepel byla vrácena zpět do hlavní části nože, šroubováním druhé části byl nůž posunován tak dlouho, dokud špička čepele nebyla těsně pod úrovní výstupu z nože. Nyní bylo nutné nastavit nůž tak, aby prořezal 1,5 listu papíru A4. Toho bylo dosaženo postupným vysouváním čepele po malých krocích a následným otestováním na přeloženém papíru. Testovací řezy byly provedeny do tvaru vlny kolmo na papír pod mírným tlakem a plynulým pohybem. Pokud nůž prořezal více než 1,5 listu, bylo nutné čepel vytáhnout a začít nastavení nože od začátku.

Poslední nutnou údržbou bylo očištění kolečka nanášejícího lepidlo, viz obrázek 22. Pomocí dodané houbičky a tyčinky byly odstraněny zbytky lepidla. Zároveň bylo vyčištěno okolí kolečka od zaschlých kousků lepidla. Pootočením kolečka bylo vyzkoušeno, jestli správně nabírá lepidlo.

Před samotným tiskem bylo nutné ručně nalepit první papír. Z tiskárny byla odšroubována platforma, na které se bude model stavět a ručně se nalepil první papír doprostřed platformy tak, aby byl uchycen papírovou páskou pouze na okrajích platformy. Poté byla uzavřena dvířka a na displeji stisknuta možnost OK. Následně po zobrazení nápisu Ready to Print na displeji bylo možné v softwaru SliceIT spustit tisk modelu.



Obrázek 22: Disk nanášející vrstvy lepidla na papír

4.2.2 Průběh tisku a komplikace

Po spuštění tisku, se spodní platforma posune do výšky vhodné pro nanesení prvního listu papíru. Na papír ručně nalepený na platformu se v pravidelných rozestupech nanáší lepidlo pomocí nanášecího kolečka. Podavač papíru ze zásobníku vysunuje papír do takové úrovně, aby čtecí hlava byla schopná přečíst čárový kód na okraji stránky a tím ověřit správnost pořadí barevně natisknutých papírů. Po ověření pořadí nanášeč uchopí papír a nanese jej na ručně nalepenou stránku s vrstvou lepidla. Platforma vyjede nahoru a stlačí papíry k sobě. Poté platforma sjede opět dolů a na papír se začne nanášet lepidlo. Tento postup se opakuje třikrát. Důvodem je stavba základny, která zabraňuje otupení nože o platformu při řezu prvních vrstev. Následující kroky jsou totožné s předchozími s tím rozdílem, že po nanesení stránky a před jejím polepením se stránka pomocí čepele v noži nařeže dle půdorysu jednotlivých vrstev. Řez by měl probíhat uprostřed vytisknutého pásu textury. Tento postup se opakuje, dokud není model kompletní.

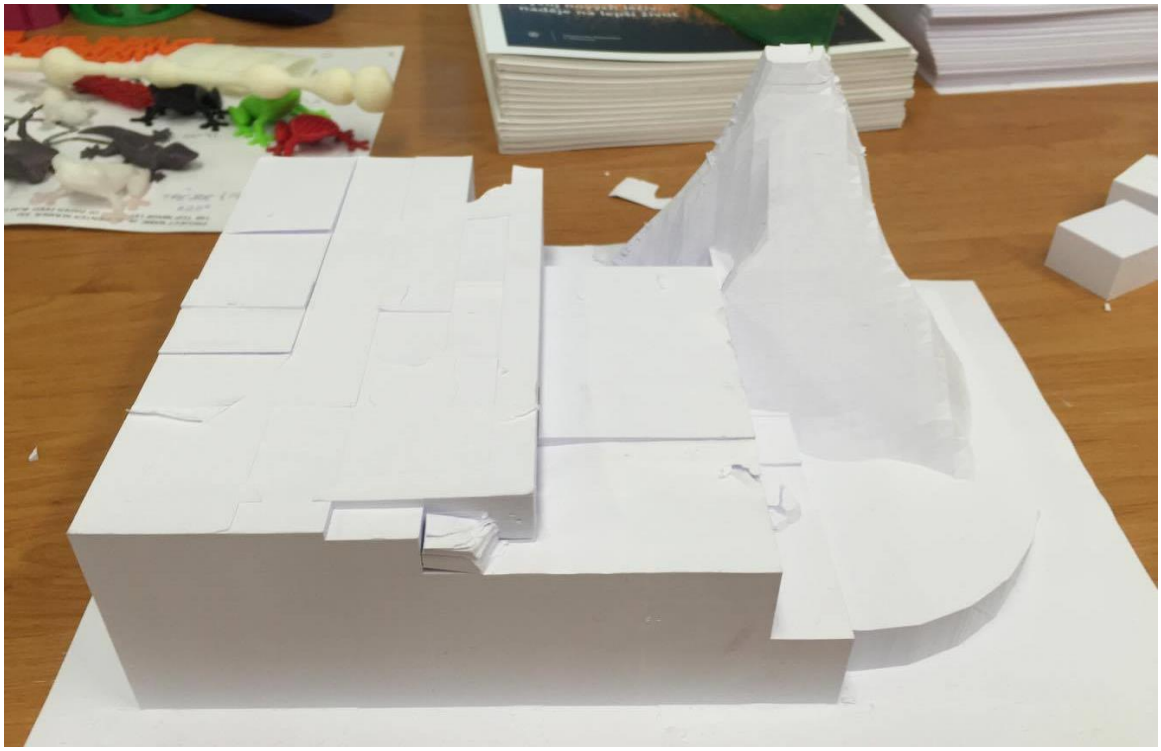
V průběhu tisku mohou nastat komplikace. Například při odlepení části papíru a následném špatném nanesení dalšího. Tato chyba může vyústit v neočekávaný konec tisku, viz obr 23.

Obrázek 23: Přerušená stavba

Pokud je stavba takto poškozená, ale model je v pořádku, může se vytisknout zbytek modelu v další stavbě. Poškozená stavba se vytáhne, platforma se připraví na další tisk a vloží do 3D tiskárny. Před tiskem se nechá postavit základní vrstva, tato možnost se nachází v okně dotazu, který zobrazí SliceIT po zadání stavby modelu od určité vrstvy. Po postavení základní vrstvy se spustí tisk modelu od poslední nepoškozené vrstvy modelu. Výsledné části modelu se slepí k sobě a po dobu schnutí lepidla se zatíží.

4.2.3 Postprocessing

Po skončení tisku byla vyjmuta z tiskárny platforma s papírovým kvádrem, ve kterém je výsledný model. Kvádr byl oddělen od platformy, na kterou byl přilepen nový papír. Platforma byla poté vrácena zpět do tiskárny. Následný postup vyžadoval trpělivost a opatrné zacházení, aby se předešlo poškození modelu. Bylo zapotřebí vyjmout model z papírového kvádru. Odřezané části kvádru, které přímo nesousedí s modelem, bylo možné odlamovat po blocích tak, jak byly nastaveny pomocné řezy v programu SliceIT. Vyjímání modelu je možné vidět na obrázku 24. Odřezaný papír sousedící s modelem bylo potřeba pomocí pinzety, kleští a jehly odstranit tak, aby části modelu s texturou zůstaly u modelu. Po vytažení modelu bylo nutné model potřít speciálním lepidlem dodaným výrobcem tiskárny přímo k tomuto účelu. Lepidlo je ve dvou variantách. Na pevné modely (Seal) a na ohebné modely (Flex). Lepidlo se nanášelo štětcem a pomocí krouživých pohybů byla roztírána barva tam, kde se odloupla při minulém kroku. Nátěr lepidlem se provádí z důvodu zvýraznění barvy jejím vytažením na okraj papíru a také pro celkové zpevnění modelu. Po zaschnutí se na model nanesla druhá vrstva lepidla.



Obrázek 24: Vyjmutí modelu ze stavby

5 VÝSLEDKY

Výsledky bakalářské práce se dají rozdělit do tří kategorií, první je postup práce, kde v kapitolách 4 a 5 je popsán kompletní postup pro tvorbu reálných 3D výukových geovědních pomůcek. Druhou kategorií jsou modely ve formátu VRML, které jsou k dispozici a je možné je dále upravovat. Do poslední kategorie spadají reálné, vytisknuté modely a jejich textové části.

5.1 Postup práce

V kapitolách 4 a 5 je sepsán kompletní postup práce pro tvorbu modelů a jejich následný tisk. Kapitoly obsahují informace pro seznámení se s používaným softwarem, včetně všech postupů. Čtvrtá kapitola nabízí postup práce začínající návrhem a tvorbou modelů v programu SketchUp. Následné opravy modelů jsou rozděleny mezi zmiňovaný program a program Magics. Magics byl také vybrán jako nejvhodnější software pro práci s texturou na 3D modelu. Pátá kapitola je zaměřena na postup práce při tisku modelů na 3D tiskárně Mcor IRIS HD. První část kapitoly se věnuje přípravě modelů k tisku v programu SliceIT. Nastavení tiskárny je popsáno důkladně, přesto je vhodné, aby s tiskárnou operoval člověk vyškolený od výrobce nebo distributora tiskárny. V této kapitole je také popsán průběh tisku a možné komplikace. Poslední částí je popis metod postprocessingu, které jsou u tohoto typu tisku velmi náročné a zdlouhavé. Dohromady by tyto kapitoly měly podat kompletní informace od tvorby po tisk modelů.

5.2 Digitální modely

Součástí práce bylo vytvořit modely, které byly navrženy na základě vypracované rešerše. Pro tento účel byla použita kombinace programů SketchUp a Magics. Postup tvorby modelů je popsán v kapitole 4. Vytvořena byla asi desítka modelů, ze kterých bylo vybráno pět finálních, z důvodu vysokých nákladů při plnobarevném 3D tisku. Modely byly vybrány tak, aby zasahovaly do více geovědních oblastí, a přitom prověřily možnosti 3D tiskárny Mcor IRIS HD. Modely jsou barevné, bez chyb a připraveny k tisku ve formátu VRML.

5.3 Fyzické modely

Vytisknuto bylo pět velikostně i tvarově odlišných modelů (přílohy B). Jedná se o geovědní pomůcky z různých oborů geografie nebo kartografie. Součástí každého modelu je textová část (příloha A), která obsahuje informace o modelu i o jevu, který zobrazuje, případně legendu. Přílohy A jsou vytisknuté na formátu A4 v případě, že se jedná o model vyžadující legendu, v opačném případě je papír formátu A5. Informace o tisku jednotlivých modelů jsou v tabulce 1.

Tabulka 1: Vytisknuté modely

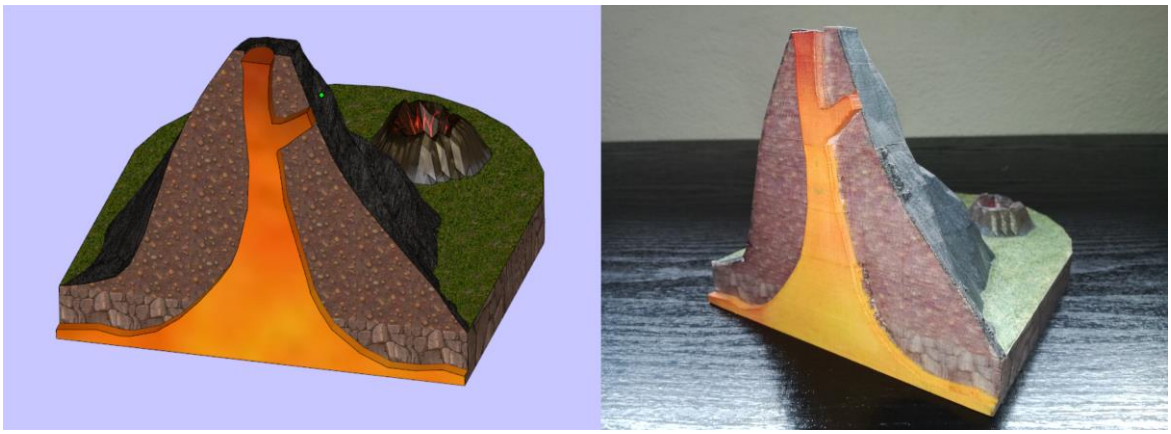
Příloha	Model	Velikost (mm)	Počet vrstev	Doba tisku (h)	Legenda
1b	Sopečná činnost *	135 x 155 x 114	1060	43	ANO
2b	Krasová jeskyně *	164 x 68 x 94	1060	43	ANO
3b	Názorné vrstevnice **	142 x 139 x 8	980	30	NE
4b	Puzzle států EU	-	74	7	NE
5b	Reliéfní glóbus **	100 x 100 x 150	980	30	NE

* společný tisk

** společný tisk

Sopečná činnost

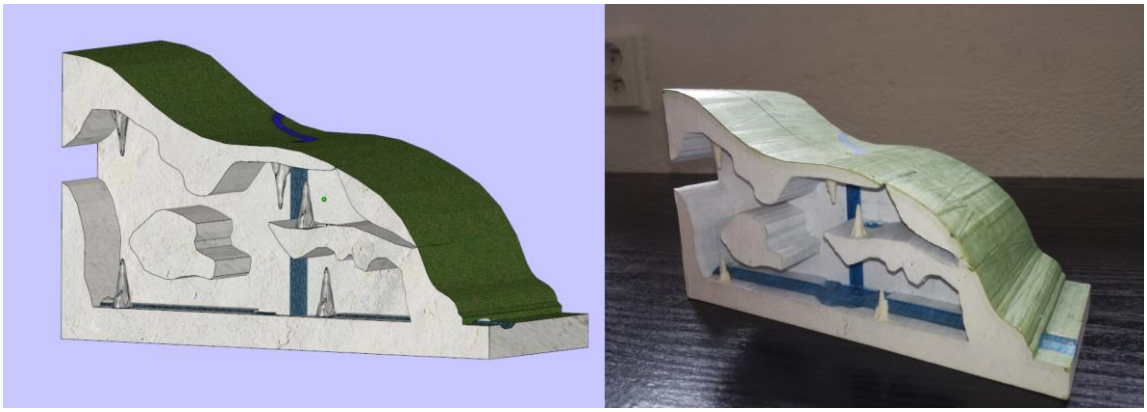
Tento model, příloha 1b, na obrázku 25, byl vybrán z důvodu testování tisku modelu s větším výškovým členěním. Také je jasným a vhodným příkladem z fyzické geografie. Zobrazuje sopku, která je v jejím středu rozdělena a je vidět její průřez. Model tematicky zapadající do fyzické geografie má rozměry 135 x 155 x 114 mm. Spodní část modelu tvoří podstava znázorňující zatravněné okolí sopky. Nad ní se poté nachází hlavní část, sopka, která je ve svém středu vertikálně rozdělena. V řezu je možné vidět hlavní části sopky jako magmatický krb, sopouch a krátery. Tento model je vhodný pro základní a střední školy.



Obrázek 25: Příloha 1b - Sopečná činnost (vlevo návrh, napravo reálný model)

Krasová jeskyně

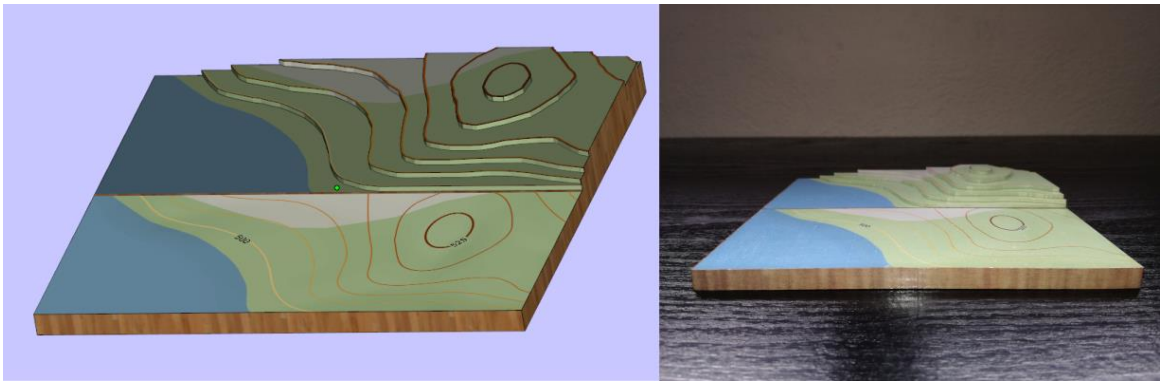
Model krasové jeskyně, příloha 2b, zobrazuje podzemní struktury vytvořené krasověním a krasovou činností. K tisku byl přiřazen z důvodu jeho složité struktury. Tímto modelem byl otestován tisk a postprocessing u modelu s velmi složitými tvary a nevyplněnou vnitřní strukturou. Spodní část modelu znázorňuje protékající podzemní řeku a do ní, přes ponor, vlévající se potok a tvořící podzemní jezírko. Směrem vzhůru model poskytuje přehled o jeskyních, dómech a krápnících. Krápníky jsou přichyceny magnety, je tedy možné krápník oddělit. Model je vhodný pro studenty středních a vysokých škol.



Obrázek 26: Příloha 2b – Krasová jeskyně (vlevo návrh, napravo reálný model)

Názorné vrstevnice

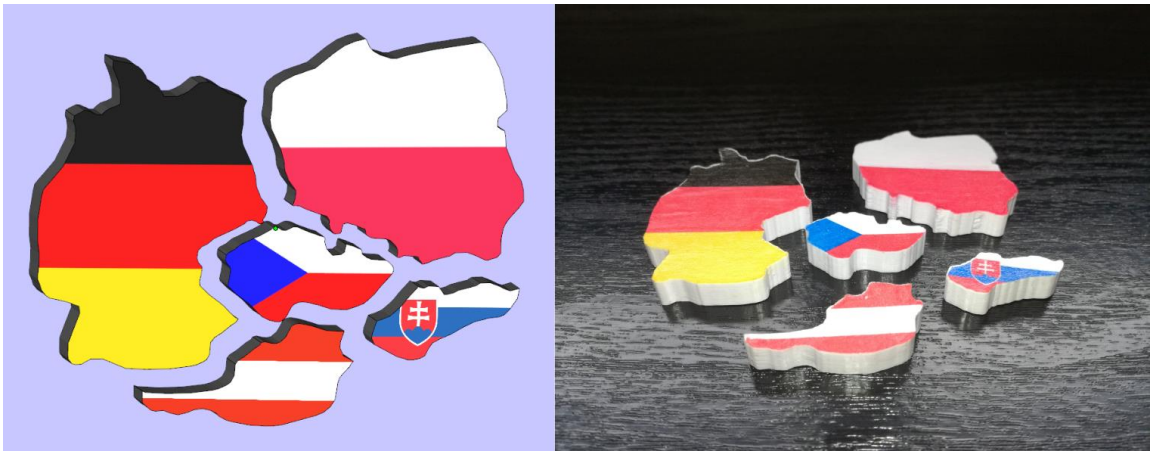
Tento jednoduchý model, příloha 3b, byl vyroben po konzultaci s pracovníky Pevnosti poznání Olomouc. Vysvětluje a názorně ukazuje, jakým způsobem v mapách se používají vrstevnice. Model je složen ze dvou polovin s totožným potiskem. V první části modelu se jedná pouze o potisk části mapy. U druhé části modelu je, ale podél vrstevnic terén vysunut podél osy Z. Takto model jednoduše znázorňuje princip vrstevnic. Model je vhodný pro předškolní vzdělávání, žáky základních škol a různé turistické kroužky a podobně.



Obrázek 27: Příloha 3b - Názorné vrstevnice (vlevo návrh, napravo reálný model)

Puzzle států EU

Důvodem pro tvorbu tohoto modelu, přílohy 4b, bylo otestovat možnosti a přesnost 3D tisku na tiskárně Mcor IRIS HD. Části modelu do sebe musí zapadat stejně jako v normálním puzzle. 3D puzzle států Evropské unie je učební pomůcka, která má za úkol zvýšit povědomí o členských státech Evropské unie, o jejich pozici nebo velikosti. Model je složen z 26 dílů. Některé státy jsou z důvodu velikosti sloučeny do jednoho dílu. Puzzle je plně funkční a jde složit. Tato učební pomůcka je vhodná na všechny stupně vzdělávání.



Obrázek 28: příloha 4b - Puzzle států EU (vlevo návrh, napravo reálný model)

Reliefní globus

Příloha 5b, model reliéfního glóbusu, byl zařazen k tisku z důvodu otestování tisku kulových objektů. Také z důvodu otestování přesnosti a kooperace více tiskáren pro tisk jednoho modelu.

Model je složen ze dvou částí. První z nich je reliéfní glóbus vytisknutý na tiskárně Mcor IRIS HD. Druhou částí je podstava pro tento glóbus, ta je vytisknutá z materiálu ABS na tiskárně Fortus 250MC. Stejně jako zemská osa je podstava nakloněna o 23,5°. Účel tohoto modelu je ukázat možnosti barevného 3D tisku v praxi. Pro výuku zeměpisu je vhodnější glóbus větších rozměrů. Přesto je možné použít jako edukační pomůcku na středních a vysokých školách. Nebo jako naučnou dekoraci v nižších stupních vzdělávání.

Obrázek 29: Příloha 5b - Reliéfní glóbus (vlevo návrh, napravo reálný model)

6 DISKUZE

Práce byla zaměřena na tvorbu geovědních pomůcek a předcházelo jí provedení rešerše. Z načerpaných informací proběhl návrh modelů a výběr úrovně zpracování. Inspirací pro tvorbu geovědních pomůcek byla odborná literatura, konzultace s vedoucím práce, odborníky v daných tématech, pracovníky Pevnosti poznání Olomouc a lidí pracujícími s dětmi, například ve skautu. Určitou roli při návrhu pomůcek samozřejmě hrála i vlastní zkušenost a úsudek.

Všeobecnou výhodou 3D tisku je možnost vytvořit modely, které není možné vyrobit žádným jiným způsobem zpracování materiálu. Přesto byla zvolena schematická úroveň modelů, u kterých je méně složitějších tvarů a modely by bylo možné vyrobit i jinak, než za pomocí 3D tisku. Příloha 2B – model krasové jeskyně možnosti tisku prověřuje, je ale možné vytvořit složitější model, který lépe prověří stavební možnosti tiskárny Mcor IRIS HD i následný postprocessing. Je ale nutné podotknout, že menší problémy s tiskem nebo následným vyjímáním modelů a postprocessingem nastávaly i u takto jednoduše provedených modelů.

První z problémů nastal při neočekávané chybě a přerušení probíhajícího tisku z důvodu odlepeného papíru, kdy následovala série chybných nalepení, která skončila nuceným přerušením procesu tisku modelu. Možným důvodem pro tuto chybu tisku mohlo být umístění modelu v modelovacím prostoru. Přílišná blízkost modelu u kraje modelovacího prostoru mohla způsobit uvolnění boční papírové stěny a tak spustit sérii chybných kroků.

Další dva problémy se objevily u postprocessingu. Prvním z nich bylo nedokonalé prořezávání stránek v některých částech modelů. Tento problém by mohl mít řešení v přesnějším nastavení nože. Druhý problém se týkal finálního natírání modelů lepidlem. Daný postup zahrnuje aplikaci barvy a její transport pomocí štětce. Tento efekt je žádaný při retušování velkých ploch se stejnou texturou. Je-li na povrchu modelu například vlajka, tak jako u modelu Puzzle států Evropské unie, je rozmazání barvy nepříjemnou komplikací. Předejít tomuto problému se dá pomocí velké zručnosti a rychlých, neopakovaných tahů štětcem přes místa, kde hrozí rozpití textury.

K bakalářské práci je vytisknuto pět modelů. Modelů mohlo být více, například jeden strukturně velmi složitý model, který by naplno otestoval možnosti tiskárny. Nebyly ale vytisknuty z důvodu velmi nákladného plnobarevného tisku. I při jednodušších modelech byly menší problémy s tiskem a postprocessingem. Modely, které nejvíc testují možnosti tiskárny, jsou přílohy 2b a 5b, model krasové jeskyně a reliéfní glóbus. Vymodelovat a vytisknout by šlo prakticky vše. Každý útvar na zemi, každá konkrétní sopka nebo hora, by mohla sloužit jako geovědní pomůcka. To samozřejmě nebylo možné, proto bylo vybráno pět různorodých modelů zasahujících do více geovědních odvětví.

Na začátku tvorby práce nastala také řada problémů okolo použitých softwarů. Mezi největší problémy patřil výběr programu pro práci s texturou. Na tento software byly kladeny nároky na velkou variabilitu vstupních i výstupních formátů a také samozřejmě na možnosti náročnější práce s texturou. Po testování barvení modelů v programech SketchUp, Maya, 3D-Coat a Magics, byl za nejvhodnější vybrán poslední jmenovaný. Zvláštním případem v nanášení textury na stěny modelu byl reliéfní glóbus. Při nanášení textury na tento model musel být využit opensourcový program pro práci s 3D prostředím Blender. Po rozložení modelu na síť trojúhelníků byla textura zarovnána s rozloženým modelem a aplikována. Po opětovném složení rozložené sítě na model byla textura přesně umístěna.

O 3D tisku z papíru by se dalo říci, že má své nedostatky. Náročnost přípravy i postprocessingu je větší než u většiny běžných tiskáren. Tyto vlastnosti si tiskárna vykupuje možností tisku plnobarevných modelů. Toto řešení je funkční, nicméně cesta k 3D tisku plnobarevných modelů povede určitě i jinými směry, které by mohly být účinnější a efektivnější než tento způsob.

U modelu krasové jeskyně se vyskytl problém ohledně velikosti krápníků. Původně měly být krápníky vyrobené z papíru s magnetem v podstavě a měly se přichytávat k magnetům v modelu. Z důvodu vysokých nákladů byl model krasové jeskyně vytisknut společně s modelem sopečné činnosti. Výsledná velikost znemožňuje použití krápníků s magnety. Krápníky byly vytisknuty na tiskárně MakerBot Replicator 2x a vlepeny do modelu.

7 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo otestovat nové možnosti 3D tisku při tvorbě geovědních učebních pomůcek na různých druzích tiskáren včetně vyhledání vhodných datových sad, vhodného ztvárnění modelů a technického postupu jak modely vytvořit. Všechny cíle byly otestovány a splněny a doba pro jejich řešení se odvíjela od jejich náročnosti. Postupy práce se odvíjely od informací načerpaných při tvorbě rešerše. V roce 2015 proběhlo školení pro obsluhu tiskárny Mcor IRIS HD, což usnadnilo následnou práci s touto 3D tiskárnou.

Výsledky práce, nereálné i hmotné, ukazují nové možnosti v oblasti 3D tisku, stejně jako postupy práce a problémy, které mohou při tisku nastat. Čtenář by po přečtení této bakalářské práce měl být schopný navrhnout jakýkoliv model a samostatně jej vypracovat. Nováčkům v oblasti modelování bude tato fáze trvat pochopitelně déle než těm, kteří s modelováním v 3D prostoru mají nějaké zkušenosti. Čtenář by dále měl být schopen na model aplikovat texturu, bez ohledu na složitost modelu i textury. Poslední nabytou znalostí ohledně tvorby modelů je jeho úprava do úrovně, aby byl vhodný pro 3D tisk. V druhé části vlastního řešení se čtenář dozví, jak pracovat s Tiskárnou Mcor IRIS HD a co všechno je nutné před tiskem udělat.

Tyto informace nabízejí ucelený výklad pro pochopení principů a postupů práce s tiskárnou. Ovládání 3D tiskárny by měl mít vždy na starosti vyškolený zaměstnanec, který s tiskárnou pracuje.

Pět výsledných modelů může být použito k doplnění výuky ve školách nebo mohou sloužit jako příklad pro doplnění výkladu o možnostech 3D tisku.

Během praxe v březnu 2016 byly otestovány 3D tiskárny různých výrobců, které tisknou z nejrůznějších materiálů jako je plast, papír nebo kov. I přes neustálé zdokonalování technologie nových materiálů a postupů zůstává 3D tisk v současné době využitelný pouze v komerční sféře. K masivnímu rozšíření 3D tiskáren do domácností ale nedochází, důvodem není cena, jak tomu bylo dříve, ale nedokonalost výrobní technologie a vysoké nároky na bezchybnost modelů.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

SKOLAMARKET E-SHOP [online]. 2016 [cit. 2016-02-11]. Průřez zeměkoulí. Dostupné z WWW: <http://www.skolamarket.cz/Prurez-zemekouli-d383.htm>.

SKOLAMARKET E-SHOP [online]. 2016 [cit. 2016-02-11]. Sluneční soustava. Dostupné z WWW: <http://www.skolamarket.cz/Slunecni-soustava-d381.htm>.

Kartografie HP [online]. 2016 [cit. 2016-07-01]. Plastické mapy. Dostupné z WWW: <http://www.kartografiehp.cz/plasticke-mapy/>.

3DWiser: World of 3D printing [online]. 2016 [cit. 2016-02-11]. O 3D tisku. Dostupné z WWW: <http://www.futur3d.net/materialy-pro-3d-tisk.3dwiser.com/o-3d-tisku/>

FUTUR3D: [online]. 2016 [cit. 2016-07-01]. Materiály pro 3D tisk. Dostupné z WWW: <http://www.futur3d.net/materialy-pro-3d-tisk>

ALBRECHTOVÁ, Martina [online]. 2014 [cit. 2016-02-11]. Styly učení žáků/studentů při učení se cizím jazykům na gymnáziu**.** Dostupné z WWW: <https://is.muni.cz/th/175574/ff_m/DP.txt>.

SCHWARZ, Filip [online]. 2016 [cit. 2016-07-01]. Vytvoření učební pomůcky pro výuku prakticky a technicky orientovaných předmětů na základní škole**.** Dostupné z WWW: < https://is.muni.cz/th/406930/pedf_b/Filip_Schwarz_-_Bakalarska_prace_-_Vytvoreni_ucebni_pomucky_pro_vyuku_prakticky_a_technicky_orientovanych_predmetu_na_zakladni_skole.txt>.

CAD [online]. 2016 [cit. 2016-02-10]. 3D tisk modelů z běžného kancelářského papíru A4. Dostupné z WWW: <http://www.cad.cz/hardware/78-hardware/4719-3d-tiskmodelu-z-bezneho-kancelarskeho-papiru-a4.html>.

Mcor Technologies [online]. 2016 [cit. 2016-04-30]. Mcor IRIS HD. Dostupné z WWW: <http://mcortechnologies.com/3d-printers/iris/>.

OTTO, J., 1890. Ottův slovník naučný: illustrovaná encyklopaedie obecných vědomostí. Praha

VOŽENÍLEK, V., 1999. Aplikovaná kartografie I.: Tematické mapy. 1. vyd. Olomouc. Univerzita Palackého v Olomouci

LUŽÍKOVÁ, S. [online]. 2009 [cit. 2016-07-29]. Učební pomůcky a didaktická technika v odborném vzdělávání na středních odborných školách. Dostupné z WWW: <https://is.muni.cz/th/208876/pedf_b/Bakalarska_prace.txt>

JAMES F. PETERSEN, DOROTHY SACK, ROBERT E. GABLER., 2012. Physical geography. 10th ed. Belmont, CA: Brooks/Cole Cengage Learning

MARSH, William M., Martin M. KAUFMAN, 2013. Physical geography: great systems and global environments. New York: Cambridge University Press

PRŮŠA, J. and PRŮŠA, M., 2014. Základy 3D tisku. Prusa Research s. r. o.

3D tisk [online]. 2014 [cit. 2016-02-10]. 3D tisk. Dostupné z WWW: <http://www.3d-tisk.cz/3d-tisk>.¨

Český rozhlas [online]. 2015 [cit. 2016-02-10]. 3D tiskárna nového typu tiskne "z kapaliny". Dostupné z WWW: <http://www.rozhlas.cz/leonardo/technologie/_zprava/3d-tiskarna-noveho-typu-tiskne-z-kapaliny--1469733>.

14220 [online]. 2013 [cit. 2016-04-30]. 3D tisk-metody. Dostupné z WWW: <http://www.14220.cz/technologie/3d-tisk-metody/>.

VIK, Miroslav. [online]. 2015 [cit. 2016-04-30]. 3D technologie v rámci muzejní praxe. Dostupné z WWW: <https://theses.cz/id/dvlmok/STAG83097.pdf>.

Technet [online]. 2014 [cit. 2016-02-10]. Nejlevnější 3D tisk: toto bylo vytisknuto z obyčejného papíru. Dostupné z WWW: <http://technet.idnes.cz/iris-3d-tisk-mcor-z-papiru-0h8-/hardware.aspx?c=A140129_193400_hardware_kuz>.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Volné přílohy

Příloha 1a – informační poster k modelu sopečné činnosti
Příloha 1b – model sopečné činnosti
Příloha 2a – informační poster k modelu krasové jeskyně
Příloha 2b – model krasové jeskyně
Příloha 3a – informační poster k modelu názorných vrstevnic
Příloha 3b – model názorných vrstevnic
Příloha 4a – informační poster k modelu puzzle států EU
Příloha 4b – model puzzle států EU
Příloha 5a – informační poster k modelu reliéfního glóbu
Příloha 5b – model reliéfní glóbus
Příloha 6 – Poster
Příloha 7 – DVD

Popis struktury DVD

Adresáře:

- Text_Prace
- Vystupni_Data
- WEB