Využití 3D modelování v experimentálním projektu ve štole Josef

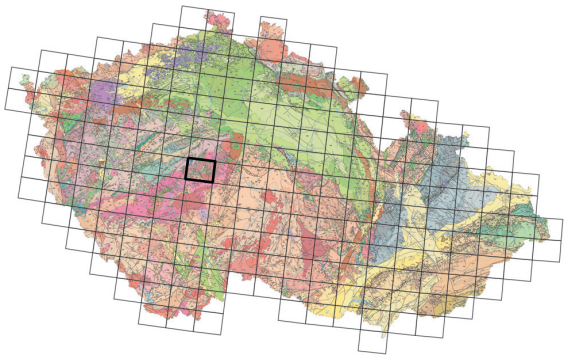
Utilization of the 3D modelling for the experimental project in the Josef Gallery

Jan Jelének – David Čížek – Jan Franěk – Lukáš Vondrovic

Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1;
jan.jelenek@geology.cz

Key words: *3D modelling, 3D geological structures, Josef Underground Laboratory*

Abstract: In the last two years the unique 3D software *Geo3D Visualization* was systematically developed at the Czech Geological Survey as a part of scientific project dedicated to the thermal stress of the granite rocks in the underground laboratory Josef. The software is built in the C# programming language on the ArcObjects SDK for the Microsoft.NET Framework platform and it is designed as an add-in tool for the ArcScene software. Because of wide accessibility of ArcScene within the Czech Geological Survey, the new software utilization was not only useful in the lead project, but it has also great potential as a general geological toolset. The newly developed software includes several useful tools for 3D visualization of underground geological structures as well as components of the experiment (sensors, boreholes). The development of the software is still in progress with targets in new tools and optimization of the source code.



(12-44 Týnec nad Sázavou)

V rámci projektu FR-TI3/325 „Výzkum termální zátěže hornin – perspektivy podzemního skladování tepelné energie“ bylo využito rozšířených možností geoinformatického softwaru společnosti ESRI – ArcMap a ArcScene – za účelem podpořit vlastní výzkumné práce technologicky pokročilou metodou vizualizace v trojrozměrném prostředí (3D). V minulých dvou letech proto v České geologické službě systematicky vznikal specializovaný software *Geo3D Visualization*, který umožňuje vynášet geologické vrty a struktury podle zadaných parametrů do prostředí softwaru ArcScene ve třech dimenzích. Aplikace ArcGIS for Desktop byla pro tento úkol zvolena díky širokému uživatelskému zázemí v rámci České geologické služby, díky jednoduchému a intuitivnímu uživatelskému prostředí a především díky jedinečnosti propojení prostorových dat s geologickými daty, možnosti vizualizace ve 3D, přímému propojení mapových dat s databázovými údaji a možnosti propojit vlastní 3D mapová data s libovolnými dalšími geografickými údaji z externích zdrojů.

Popis lokality a experimentu

Štola Josef vznikla v souvislosti s geologickým průzkumem ložisek Mokrsko a Čelina ve zlatorudním revíru Psí hory v 80. letech 20. století. Ložisko Mokrsko se dělí na východní a západní část. V současné době je zpřístupněna pouze západní část, kde se nachází experimentální pracoviště Podzemní laboratoř Josef, otevřené od června 2007 (Pacovská – Hausmannová – Levorová 2013). Česká geologická služba se zde spolupodílí na projektech využívajících rozrážek číslo SP-47 (obr. 1) a SP-51.

V rozrážce SP-47 probíhá čtyřletý projekt FR-TI3/325 zaměřený na výzkum šíření tepelné energie v horninovém prostředí granitoidů (Vaněček et al. 2013). Pokusná tepelná zátěž horniny je prováděna při in-situ experimentu v prostorách podzemní laboratoře Josef a jsou při ní zkoumány možné změny fyzikálních a chemických parametrů granitických hornin vlivem vysokých teplot (do 100 °C).

Úloha 3D modelování v experimentu

Hlavní úlohou 3D modelování v projektu je vytvořit technologicky vyspělou podporu vědeckého týmu, který provádí měření v hlavním experimentu. Při terénních pracích vzniká velké množství geologických dat, jež bylo nutné zpracovat. 3D model tak v sobě postupně zahrnul všechny součásti experimentu. Základním prvkem 3D modelu je povrch vytvořený z dat laserového skenování, pořízený firmou Arcadis, který zobrazuje detailní povrch rozrážky SP-47. Vedle povrchu štoly jde především o hlavní širokoprofilový vrt, všechny měřicí vrty v okolí hlavního vrtu a veškerá měřicí čidla, rozmístěná jak na povrchu hlavního vrtu, tak podél ostatních měřicích vrtů. Cílem však není pouze prosté zobrazení fyzických součástí experimentu, ale také zobrazení dalších informací, které mohou vědeckým pracovníkům pomoci při plánování prací na projektu. Výsledkem tak je komplexní nástroj pro vizualizaci geologických podzemních prací, jehož široké využití

umožňuje moderními geoinformatickými metodami zajistit pokročilé plánování podzemních vrtných a měřicích prací ve štole.

Stávající dostupná softwarová řešení

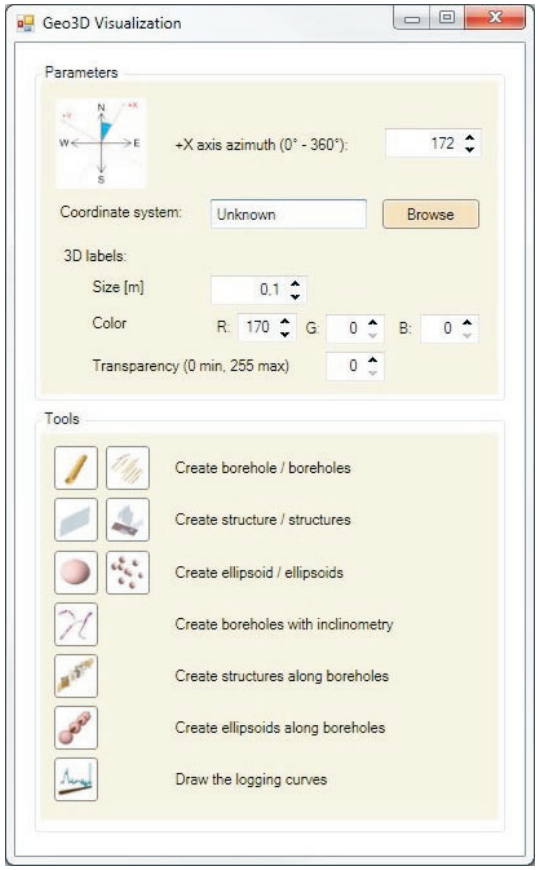
Potřeba tvorby vlastního softwaru vznikla na základě chybějící dostupné technologie, která by vhodně dokázala splnit nároky kladené výzkumným týmem v projektu výzkumu termální zátěže hornin. Vzhledem k vysokým cenám komerčních softwarů (např. Target), zaměřujících se především na 3D studie středního měřítka, bylo nutné vyvinout takový systém, který bude dostupný a využitelný na pracovištích České geologické služby. Proto bylo využito platformy softwaru ArcScene od společnosti ESRI, který splňuje většinu předpokladů. Doposud byla na této platformě představena extenze 3D Borehole Tools, vyvinutá v roce 2007 v geologické službě státu Illinois (DeMeritt 2012). Tato extenze, vytvořená v jazyce Visual Basic, se zaměřuje především na generování geologických profilů a geologických vrtů v makroměřítku. Podobným softwarem v jazyce Visual Basic je BoreIS (Borehole Information System), který je vytvořen taktéž na platformě ArcGIS a je schopen generovat vrtná jádra a jejich stratigrafii v trojrozměrném prostoru (McCarthy – Graniero 2006). Program je nicméně omezený na generování vertikálních vrtů a bodových vrstev v rovině. Výhodou programu je spolupráce s analytickými funkcemi ArcGIS, a proto je možné vytvářet prostorové interpolace.

Popis vyvinutého nástroje

Na rozdíl od zmíněných existujících aplikací je nástroj *Geo3D Visualization* programován v jazyce C#, který nabízí oproti dříve hojně využívanému Visual Basic rozšířené výhody objektově orientovaného programování. Vývoj probíhá s využitím robustní vývojové platformy *ArcObjects SDK for the Microsoft.NET Framework*, která je součástí softwarového balíku ArcGIS od společnosti ESRI. Knihovna nástrojů ArcObjects je stěžejním prvkem pro vývojáře v prostředí ArcGIS. Vyvinutý software je koncipován jako tzv. add-in aplikace do 3D softwaru ArcScene. Uživatel proto musí před samotným použitím vybrat ze seznamu rozšiřujících nástrojů tuto aplikaci a přidat její spouštěcí tlačítko na nástrojovou lištu. Po zapnutí je k dispozici uživatelské rozhraní nabízející řadu nástrojů (obr. 2).

Uživatel nejprve musí zadat azimut osy *x* v modelu oproti zemskému severu, který je určen souřadnicovým systémem, v němž uživatel aktuálně pracuje. Všechny nabízené nástroje jsou programovány tak, aby uživatel mohl vkládat vstupní data v prosté tabulce MS Excel. Tabulka musí vždy obsahovat povinné sloupce s proměnnými, které jsou vyžadovány u jednotlivých nástrojů. Většinou jde o základní rozměry daných struktur, souřadnice a další proměnné určující polohu v prostoru: sklon a azimut. Výstupem je vždy soubor ve formátu shapefile, ve kterém jsou jednotlivé ge-

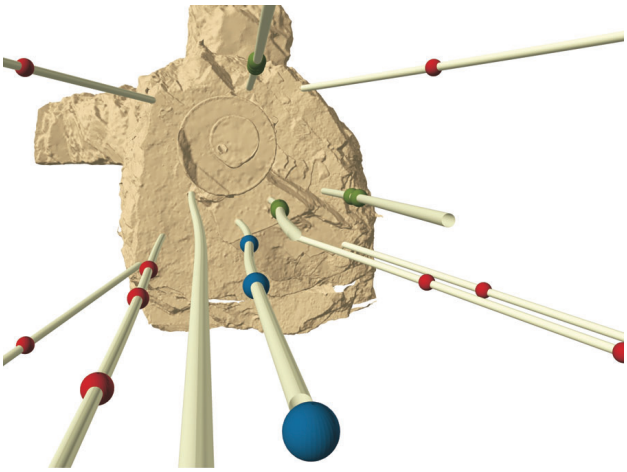
Obr. 1. Pohled do rozrážky SP-47.



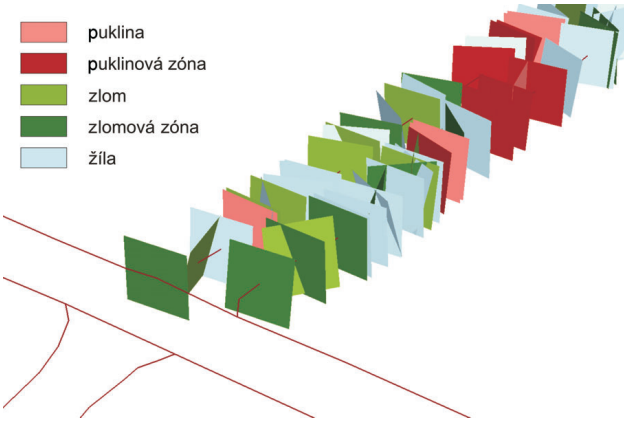
Obr. 2. Uživatelské rozhraní nástroje Geo3D Visualization.

nerované objekty geometrického typu multipatch. Tento shapefile přitom nese všechny údaje ze vstupní tabulky. Jedná se o údaje, které nejsou přímo nutné pro vykreslení 3D objektů, jako rozměry a pozice v prostoru, ale o popisné atributy. Tyto atributy pak hrají důležitou roli při následných vizualizacích a analýzách, kdy je možné vykreslovat jednotlivé tvary podle daných parametrů.

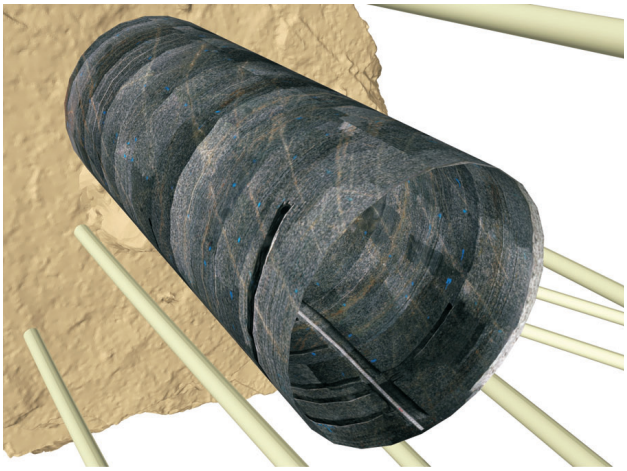
Kvůli potřebě aproximovat jednotlivé součásti experimentu ve štole byly vytvořeny nástroje pro generování základních geometrických tvarů v prostoru – válce (za účelem tvorby 3D vrtů), plochy (tvorba 3D geologických



Obr. 3. Model experimentu v rozrážce SP-47, přesný průběh vrtů podle inklinometrie a rozložení měřicích čidel.



Obr. 4. Vynesené geologické struktury pomocí sestaveného add-in nástroje.



Obr. 5. Fototextura natažená na 3D válec, představující hlavní vrt experimentu.

struktur) a elipsoidy (např. pro vynášení čidel). Kromě těchto základních nástrojů obsahuje software také doplňkové nástroje, umožňující pokročilou práci s 3D modelem. Mezi ně patří generování vrtů s inklinací, nástroje pro vynášení geologických struktur a elipsoidů podél vrtů a nástroj pro vykreslení křivek naměřených hodnot podél vrtů. Posledně jmenované nástroje vynikají svou praktičností především v současném experimentu v rozrážce SP-47, kdy je možné jednoduše generovat polohy čidel podél měřicích vrtů. Tyto vrty navíc zohledňují svoji inklinaci (obr. 3).

Nástroj pro generování křivek (grafů) podél vrtů, např. magnetickou susceptibilitu, umožňuje praktickou vizualizaci naměřených hodnot veličin a následně tak i lepší interpretaci konkrétní situace. Na základě nástrojů, které umožňují generovat struktury podél vrtů, byl vytvořen také separátní nástroj pro generování geologických struktur podél stěn štoly a rozrážek. Tento nástroj byl využit v průběhu projektu k 3D vizualizaci rozsáhlého datasetu terénních měření. Nástroj využívá taktéž vstupní tabulku MS Excel, kde jsou jednotlivé struktury (žíly, pukliny, žilné zóny a puklinové zóny) označeny číslem rozrážky a metráží od počátku rozrážky. Nástroj následně vygeneruje všechny struktury v podobě čtvercových ploch a umístí je podél stěn příslušných rozrážek (obr. 4).

Dílčím úspěchem modelovacích prací v projektu FR-TI3/325 byla praktická realizace technologického postupu pro umístění fototextury na 3D válcový model hlavního vrtu v experimentu, který dokáže uživatelům přiblížit geologické poměry v místě experimentu. Aplikace fototextury na složité prostorové objekty typu multipatch v prostředí ArcScene není v zásadě možná. S tímto formátem je však v 3D modelu standardně pracováno, protože je to právě tento datový typ, který umožňuje vytváření téměř libovolných 3D geometrických objektů. Byla proto hledána alternativní cesta, jak vytvořit 3D objekt s fototexturou. Výsledkem práce je použití postupu, který využívá možností Trimble SketchUp, velmi intuitivního a jednoduchého softwaru určeného primárně pro architekty. Snadno zde lze vytvářet jakékoliv jednoduché i složité geometrické tvary v trojrozměrném prostoru. Zároveň je však vyřešen problém natažení fototextur na geometrické tvary. Výsledný model vrtu s aplikovanou texturou ve SketchUp byl vyexportován do formátu Collada (soubor s příponou *dae). Tento formát byl použit z důvodu možnosti importu do softwaru ArcScene.

V případě, že je model ve SketchUp vytvořen v měřítku a ve správné orientaci, uchová si tyto vlastnosti též ve formátu Collada. Při následném importu do 3D prostředí ArcScene jsou zachovány jak zmíněné parametry, tak fototextura, která je na válec nanesena. Import takového objektu je umožněn pouze pomocí konkrétního postupu, který zahrnuje tvorbu prázdné geodatabáze a prázdného prvku typu multipatch. Při editaci tohoto prvku je následně vybrán importovaný soubor a ten je pak manuálně umístěn na libovolné místo v 3D modelu pomocí ovladačů (obr. 5).

Nejen nový softwarový nástroj, ale také samotný 3D model rozrážky SP-47 je neustále rozvíjen, vylepšován a dále doplňován o další prvky a struktury. Vedle fyzického rozšiřování modelu bylo cílem také jeho další zatraktivnění pro uživatele, a to jak z řad geologů, tak z řad geoinformatiků.

Závěr

Zde prezentovaný inovativní software, vytvořený jako podpora projektu FR-TI3/325, umožňuje výrazným způsobem vylepšit dosavadní vědeckou práci geologů na konkrétních úkolech v podzemní laboratoři Josef a při obdobných projektech. Software obsahuje řadu technologicky pokročilých nástrojů, které byly vyvinuty v návaznosti na aktuální potřeby projektu a snesou srovnání v mezinárodním měřítku. Software je využitelný na většině pracovišť České geologické služby díky implementaci do všeobecně rozšířeného softwaru ArcGIS. Vývoj softwaru dále pokračuje s cílem vytvořit univerzální knihovnu nástrojů, pokrývající široké spektrum geologických úloh v trojrozměrném prostoru.

Poděkování. Tento projekt byl realizován za finanční podpory z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky. Za připomínky k textu autoři děkují editorce V. Štědré a recenzentům J. Lysákovi a K. Sosnovi.

Literatura

McCarthy, J. D. – Graniero, P. A. (2006): a GIS-based borehole data management and 3D visualization system. – Computers & Geosciences 32, 10, 1699–1708

DeMeritt, M. (2012): Modelling the terrain below. – ArcUser. 16, 2, 28–31

Pacovská, D. – Hausmannová, L. – Levorová, M. (2013): The Josef regional underground centre (JOSEF URC). – Rudarsko Geol. Naftni Zbor. 24, 1, 87–93

Vaněček, M. et al. (2013): Výzkum efektivního skladování přebytečné energie v horninách. – Konference OZE, Kouty nad Desnou 2013.