

# Vývoj aplikace pro automatické generování a vykreslování geologických řezů uhelným ložiskem

Jakub Jirka<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut geoinformatiky, HGF, VŠB-TU Ostrava, 17. Listopadu 15,  
708 33, Ostrava, ČR  
jakub.jirka@vsb.cz

**Abstrakt.** Nedílnou součástí geologické dokumentace jsou geologické řezy. V posledních letech klasická ruční tvorba geologických řezů ustoupila digitálnímu zpracování. Vývojem programů pro počítačové generování geologických řezů se zabývá řada firem. Nevýhodou použití těchto programů je problematická možnost jejich přizpůsobení konkrétním požadavkům řešené úlohy a specifickým vstupním datům. Proto byla jako součást systému IPSHUL (Interaktivní Programový Systém pro aplikaci moderních metod Hodnocení Uhelných Ložisek a jejich dílčích částí v komplikovaných podmínkách) vytvořena aplikace automatického generování geologických řezů uhelným ložiskem. Tuto aplikaci je možné použít ke zpracování dat ze všech typů uhelných ložisek v České republice. Primárně je testována na datech z jihomoravského lignitového revíru.

Řezy jsou generovány na základě modelů vrstevních ploch, tedy modelů báze a stropu jednotlivých vrstev (celých uhelných slojí a dílčích uhelných lávek a proplátek). Ty jsou uloženy v pravidelné síti bodů – gridech, které jsou vytvářeny v dalších částech systému IPSHUL. Při výpočtu řezu i při jeho následném vykreslení využívá aplikace předprogramovaných objektů programu Surfer 8.0. Výhodou je také možnost ruční editace výsledného řezu, protože při modelování geologických objektů mohou nastat situace, které není možné automatizovaně zpracovat. Aplikace byla doplněna o možnost zobrazení hodnot chemicko-technologických ukazatelů: obsahu popela, výhřevnosti, obsahu síry, obsahu arzenu, spalného tepla a obsahu prchavé hořlaviny v jednotlivých vrstvách řezu. Výstupy aplikace poskytují komplexní informace o morfologii vrstev ložiska a jejich vlastnostech v místě řezu.

**Klíčová slova:** geologické řezy, Surfer 8.0, Visual Basic.

**Abstract.** Geological cross-sections are indivisible part of geological documentation. The classical manual creation of geological cross-sections gave way to digital processing in recent years. A number of companies deal with development of computer programs for generation of geological cross-sections. The disadvantage of these programs is problematic possibility of their adaptation to actual aims of a task to be solved as well as to specific input data. Therefore, as a part of the system IPSHUL (Interactive program system for application of modern methods of evaluation of coal deposits and their parts in complicated conditions), an application for automatic generation of geological cross-sections of coal deposit was created. This application can be used for processing data from all types of coal deposits in the Czech Republic, although it is primary tested on data from Southmoravian lignit coal field.

Cross-sections are created on basis of grid models of floor and roof surfaces of each layer within coal seam. These models are generated by the previous parts of IPSHUL system. The application uses preprogrammed Surfer 8 objects for calculation and subsequent depiction of the cross-section. This brings also an advantage of manual editing of resulting cross-section, because by the geological modeling a situation can arise which can't be automatically processed. Described application allows also visualization of chemical-technological parameters: ash content, calorific value, sulphur content, arsenic content, total heating value and volatile combustible content. The output provides therefore complex information of coal deposit layers morphology and their characteristics in location of the cross-section.

**Keywords:** geological cross-section, Visual Basic, Surfer 8.0.

## 1 Úvod

Geologickou stavbu uhelného ložiska je možné znázornit strukturní mapou sloje a geologickým řezem. Zatímco strukturní mapa představuje průmět sloje do vodorovné roviny, geologický řez znázorňuje situaci v průmětu do svislé roviny. Geologickým řezem je myšlena svislá rovina vedená přes ložisko ve směru předem zvolené linie. Tato linie obvykle prochází vrty, ve kterých je nejlépe znám vrstevní sled v daném místě ložiska [4].

Aplikace umožňující automatizovanou tvorbu geologických řezů se postupně vyvíjela jako součást systému IPSHUL [1]. Ve starší verzi umožňovala pouze vygenerování morfologického řezu, tedy výpočet průběhu jednotlivých lávek a proplástek, ze kterých se ložisko skládá a jejich vykreslení. Nyní aplikace umožňuje také výpočet hodnot chemicko-technologických parametrů v místě řezu a jejich zobrazení. Těmito chemicko-technologickými ukazateli jsou obsah popela v bezvodém stavu paliva -  $A^d$  [%], výhřevnost v původním stavu paliva (přepočtená na jednotný stav veškeré vody  $W_t^r = 45$  %) -  $Q_i^r$  [MJ.kg<sup>-1</sup>], obsah veškeré síry v bezvodém stavu paliva -  $S_t^d$  [%], obsah arsenu v bezvodém stavu paliva -  $As^d$  [g.t<sup>-1</sup>], spalné teplo hořlaviny (v bezvodém a bezpopelovém stavu paliva) -  $Q_s^{daf}$  [MJ.kg<sup>-1</sup>], obsah prchavé hořlaviny v hořlavině (v bezvodém a bezpopelovém stavu paliva) -  $V^{daf}$  [MJ.kg<sup>-1</sup>]). Vstupní data, potřebná pro výpočet, jsou produkována předchozími moduly systému IPSHUL. Aplikace tedy nemůže fungovat samostatně, ale pouze jako součást tohoto systému.

Programovacím jazykem byl zvolen MS Visual Basic ve verzi 6.0 [2]. Jedná se jednoduchý programovací jazyk sloužící k rychlému vytváření aplikací v operačním systému MS Windows. Výhodou tohoto jazyka je rychlá a snadná tvorba uživatelského rozhraní a vytváření jednoduchých databázových aplikací. Jeho použitím je také zajištěna návaznost na ostatní moduly systému IPSHUL. Samotné funkce Visual Basicu pro zjištění průběhu řezu nestačí. Aplikace tedy využívá přeprogramované objekty programu Surfer 8.0 [3]. Protože aplikace získává vstupní data mimo jiné i z ložiskové databáze uložené ve formátu MS Acces, je třeba pro úspěšné spuštění aplikace mít na počítači nainstalovaný i program MS Acces. Při startu aplikace je prováděna kontrola, která neumožní její spuštění, pokud nejsou v systému přítomny potřebné knihovny.

## 2 Vstupní data

Vstupní data lze rozdělit do dvou skupin. První skupinu tvoří plochy vytvořené předchozími částmi systému IPSHUL ve formě gridů. Údaje v jednotlivých buňkách gridu jsou buď hodnoty nadmožské výšky nebo hodnoty chemicko-technologických parametrů.

Základ tvoří modely nadmožské výšky báze a stropu sloje. Další vrstevní plochy jednotlivých lávek a proplástek ve sloji je nutné dopočítat za běhu aplikace. Pro každou vrstvu jsou vygenerované gridy mocnosti a příslušných chemicko-technologických ukazatelů. V některých místech sloje není možné hodnoty těchto parametrů zjistit, protože v nich chybí potřebné analýzy a není tedy možné hodnoty těchto parametrů v daném místě vykreslit v řezu. Jedná se oblasti, ve kterých došlo k erozi, oblastí vytěžených zásob a zlomových pásem.

Gridy jsou uloženy na disku počítače v pevně dané adresářové struktuře zajištěné právě moduly systému, které data generují. Aplikace s touto strukturou počítá a v případě jejího porušení není výpočet řezu možný. Vzhledem k velkému množství gridů, není možné každý grid vybírat prostřednictvím grafického uživatelského rozhraní.

Druhou skupinu vstupních dat tvoří dvě databáze MS Access. Z ložiskové databáze čerpá aplikace především informace o umístění a průběhu vrtů, přes které je řez veden. Druhou databází je tzv. inicializační databáze. Obsahuje vstupní údaje pro výpočet řezu. Uživatel připraví tuto databázi ještě před vlastním spuštěním aplikace a údaje v ní uložené se po ukončení běhu aplikace neztratí.

Inicializační databáze obsahuje dvě tabulky. V tabulce initalab jsou uložena označení všech vrstev v řezu a umístění gridu báze sloje na disku počítače. Na základě těchto informací jsou následně za běhu aplikace vypočteny gridy nadmožských výšek stropu a báze jednotlivých vrstev ve sloji. Tabulka rezy obsahuje definice linií řezů. Tyto linie jsou definovány lomovými body, které se mohou nacházet v místě vrtu nebo obecně v rámci sloje. Pokud lomový bod linie řezu leží ve vrtu, je možné do tabulky vložit identifikátor vrtu z ložiskové databáze. V opačném případě uživatel zadá souřadnice lomového bodu v souřadnicovém systému S-JTSK.

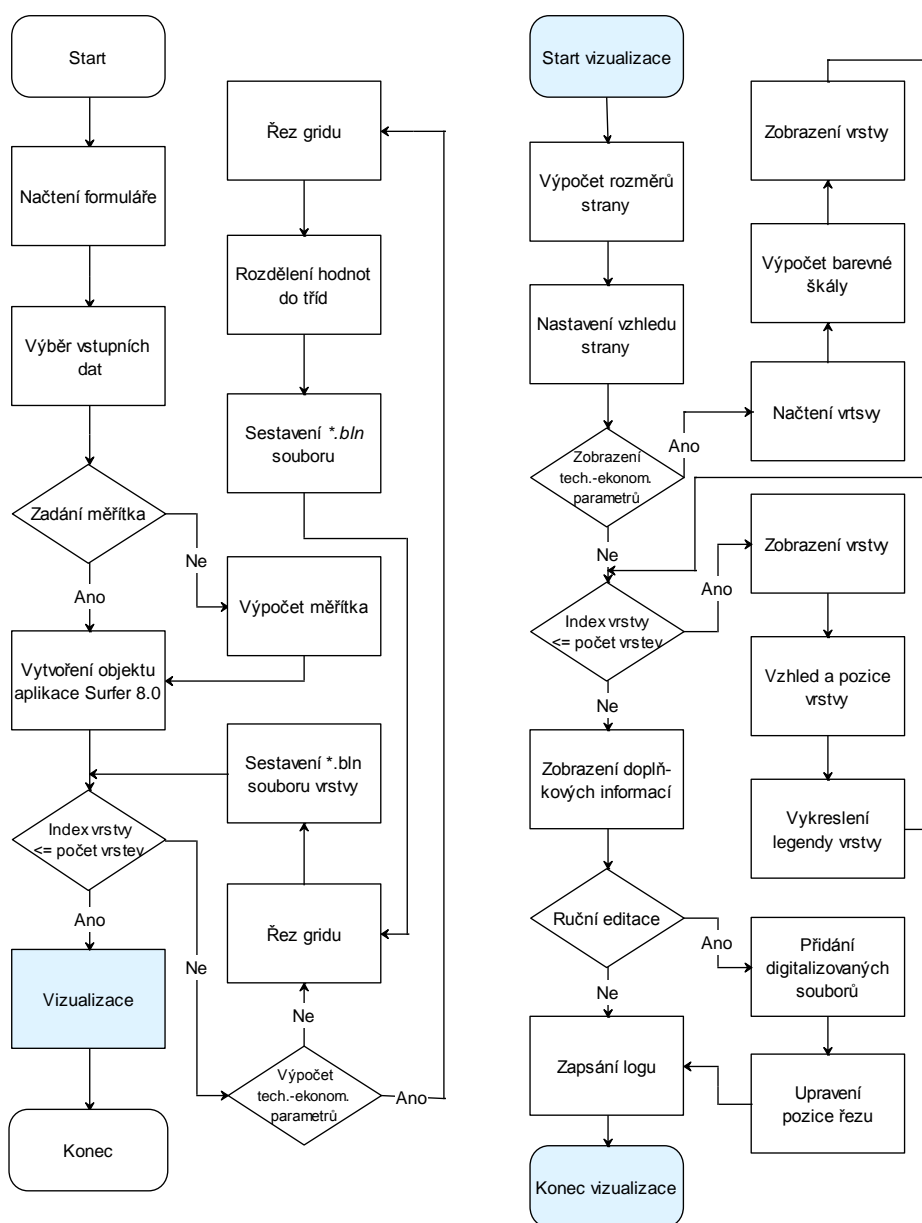
**Tabulka 1:** Barvy pro vykreslení jednotlivých vrstev

Lávka lignitu	šedá (50% black)
Proplástek	žlutá (deep yellow)
Obsah popela $A^d$	modrá (blue)
Výhřevnost $Q_i^r$	hnědá (dark brown)
Obsah síry $S_t^d$	zelená (forest green)
Obsah arsenu $As^d$	zelená (sea green)
Spalné teplo $Q_s^{daf}$	fialová (purple)
Obsah prchavé hořlaviny $V^{daf}$	fialová (magenta)

### 3 Programové řešení

Aplikace je tvořena jedním spustitelným souborem. Ihned po spuštění dochází ke kontrole, zda jsou v systému nainstalovány potřebné aplikace a zda uživatel má nastavený jako desetinný oddělovač tečku, jak to vyžaduje program Surfer 8.0. Pro uživatele používající systém Windows s českým prostředím je ale obvyklým desetinným oddělovačem čárka. Aby uživatel nemusel nastavení desetinného oddělovače neustále měnit, popisovaná aplikace s využitím Windows API funkcí (Application Programming Interface) [5] provádí toto nastavení automaticky. Po spuštění aplikace je pomocí API funkcí zjištěno nastavení desetinného oddělovače a uloženo do globální proměnné. V případě, že je to nutné, je desetinný oddělovač nastaven na tečku. Po skončení běhu aplikace, i kdyby k ukončení došlo následkem chyby, je desetinný oddělovač opět nastaven na původní hodnotu.

Aplikace je strukturována do několika modulů, které na sebe navazují. Výstupy předchozího modulu jsou použity jako vstupy modulu následujícího. Toto strukturování umožňuje snadnější úpravu jednotlivých částí a zajišťuje lepší přehlednost zdrojového kódu, což je výhodou pro další rozšiřování funkčnosti aplikace. Struktura aplikace je naznačena ve vývojovém diagramu na obrázku 1.



Obr. 1. Vývojový diagram aplikace

## 4 Výběr dat

Pokud systém splňuje všechny požadavky, dojde k zobrazení formuláře, ve kterém uživatel vybírá vstupní data a zadává údaje potřebné pro výpočet řezu a jeho následné grafické zobrazení. Jednotlivé položky formuláře se aktivují postupně, protože jsou na sobě závislé. Je tedy nutné nejdříve zadat umístění ložiskové databáze, následně inicializační databáze. Obě databáze mají pevnou strukturu, která je při výběru kontrolována. V případě nesprávné struktury databáze je uživatel na tuto chybu upozorněn a má možnost výběr opakovat. Po výběru inicializační databáze uživatel vybere řez z nabídky předem definovaných řezů a určí odkládací adresář, ve kterém budou uloženy soubory vzniklé při výpočtu.

Důležitou součástí vstupního formuláře je určení měřítek, ve kterých bude řez zobrazen. Uživatel má na výběr dvě možnosti. Pokud chystá tisknutelný výstup, může zadat rozměr papíru, na který bude řez vykreslen a na základě tohoto rozměru je spočítáno měřítko v horizontálním a vertikálním směru. Pokud požaduje pouze výstup v digitální podobě, může zadat konkrétní měřítko, na základě kterých bude spočten rozměr papíru. Řezy jsou převýšené, měřítko v horizontálním a vertikálním směru se tedy mohou lišit.

Následně je z inicializační databáze zjištěn počet tektonických ker, kterými řez prochází. Počet tektonických ker je určen počtem řádků v tabulce initalizační databáze a samozřejmě linií řezu. Tento údaj určuje počet opakování všech následujících operací, které se provádí pro každou tektonickou kru zvlášť. Z inicializační databáze je načten název gridu báze sloje a označení jednotlivých vrstev sloje. Na základě těchto informací jsou dopočteny gridy stropu a báze všech vrstev. Tyto gridy jsou uloženy v odkládacím adresáři.

Formulář je rozšířen o nastavení výpočtu chemicko-technologických parametrů. Je možné zvolit, které parametry budou spočteny a následně zobrazeny v řezu a počet intervalů – odstínů příslušné barvy, které budou použity pro vykreslení.

## 5 Výpočet řezu

Pro každou vrstvu v rámci jedné tektonické kry je vypočten průnik linie řezu s gridem báze a gridem stropu dané vrstvy. Při výpočtu je použita funkce programu Surfer 8.0, jejíž výstupní soubor je uložen do odkládacího adresáře. Tento soubor obsahuje více informací, než které využívá popisovaná aplikace. Z tohoto textového souboru jsou pro další zpracování načteny pouze body průniku linie řezu s gridem. Pro každou vrstvu je sestaven samostatný výstupní soubor, který obsahuje body obvodového polygonu vrstvy v řezu (body báze i stropu vrstvy) a je uložen v odkládacím adresáři.

Stejný postup se opakuje pro každý chemicko-technologický ukazatel, jehož výpočet si uživatel zvolil ve vstupním formuláři. Je vypočten průnik linie řezu s příslušným gridem, který obsahuje hodnoty chemicko-technologického ukazatele. Ve výsledném souboru jsou tedy uloženy body obvodového polygonu vrstvy a zároveň hodnoty tohoto zvoleného ukazatele. Vrstvy jsou navíc rozděleny podle počtu intervalů zvolených pro vykreslení ukazatele. Všechny výstupní soubory jsou uloženy v odkládacím adresáři a jsou připraveny na vykreslení.

## 6 Vizualizace řezu

Zobrazení řezu probíhá přímo v programu Surfer 8.0. Okno Surferu je v průběhu vizualizace skryto. Vizualizační plocha je rozdělena na dvě části. Vlevo je zobrazena legenda a vpravo samotný řez. Vykreslení probíhá v několika krocích. Nejdříve jsou načteny a zobrazeny vrstvy morfologického řezu ložiskem. Každá přidaná vrstva je sloučena se všemi předchozími, aby bylo možné nastavit správné měřítko a pozici řezu na stránce.

Pro každý chemicko-technologický ukazatel je vytvořen nový datový rámeček, který se zobrazí přes všechny předchozí. Postup je podobný zobrazení morfologického řezu. S tím rozdílem, že před zobrazením příslušných souborů je načtena barevná škála v příslušné barvě a ta je použita pro zobrazení souborů s hodnotami daného ukazatele. Řezy zobrazující hodnoty parametrů jsou tedy zobrazeny přes sebe a uživatel může vybírat zobrazení konkrétního řezu v tabulce obsahu v okně programu Surfer. Pro vykreslení řezu jsou použity symboly a barvy použité u jiných částech systému IPSHUL a uživatel už nemá možnost toto nastavení měnit. Lávky a proplásky jsou vykresleny konstantní barvou a chemicko-technologické parametry vždy stupněmi příslušné barvy. Barvy použité pro vykreslení jsou uvedeny v tabulce 1.

Na závěr jsou vykresleny doplňující informace. Pokud řez prochází vrtem, je vstup vrtu do sloje zobrazen bodovým a průběh vrtu ve sloji liniovým symbolem. Dochází také k vykreslení os, legendy a měřítek v obou osách. Celý řez je poté převeden do předem vypočteného měřítka a okno programu Surfer 8.0 vystoupí do popředí.

V řezu ložiskem může dojít k situacím, které není možné automaticky zobrazit. Uživateli je proto umožněno řez ručně doplnit přímo v programu Surfer 8.0. Po skončení ruční digitalizace je zobrazen dialog, který umožní vybrat zdigitalizované soubory. Protože se během přidávání dalších vrstev mění umístění řezu na stránce, je na závěr ruční digitalizace opět nastaveno správné umístění řezu.

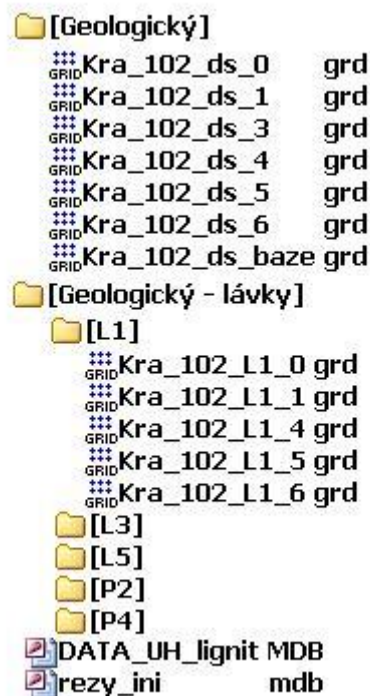
V odkládacím adresáři je vytvořen log soubor rez\_[datum]\_[cas].log. Jedná se o textový soubor, ve kterém jsou uloženy informace o umístění souborů jednotlivých vrstev na pevném disku a informace o umístění řezu na stránce. Je tedy možné v řezu provádět dodatečné změny a po sloučení vrstev znovu nastavit požadovanou polohu na stránce.

## 7 Oblast testování

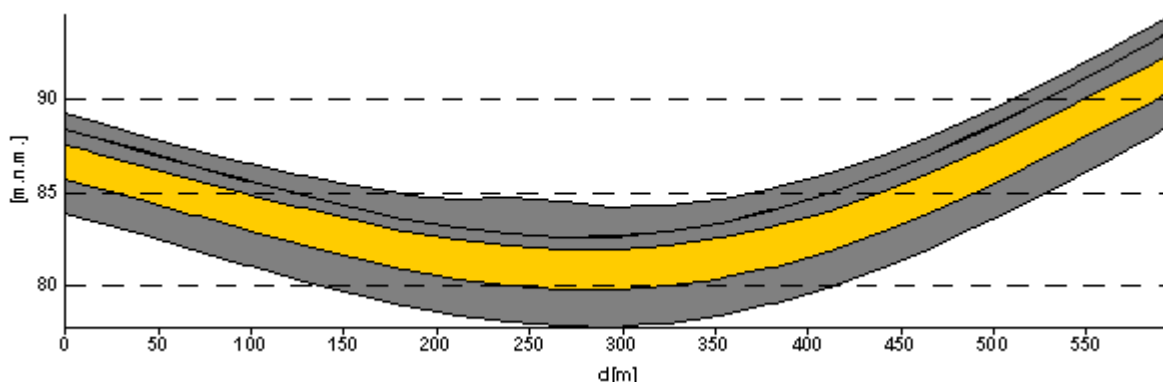
Aplikaci je možné přizpůsobit pro data libovolného uhelného ložiska České republiky. Primárně je ale vyvíjena pro data z Jihomoravského lignitového revíru. Sloj je v oblasti Bzenecka, ze které testovací data pocházejí, rozdělena do pěti vrstev: tří uhelných lávek a dvou propláštěk. Struktura umístění dat na disku je uvedena na obrázku 2. Velikost buňky u vstupních gridů je 20 x 20 metrů.

## 8 Zkušební příklad

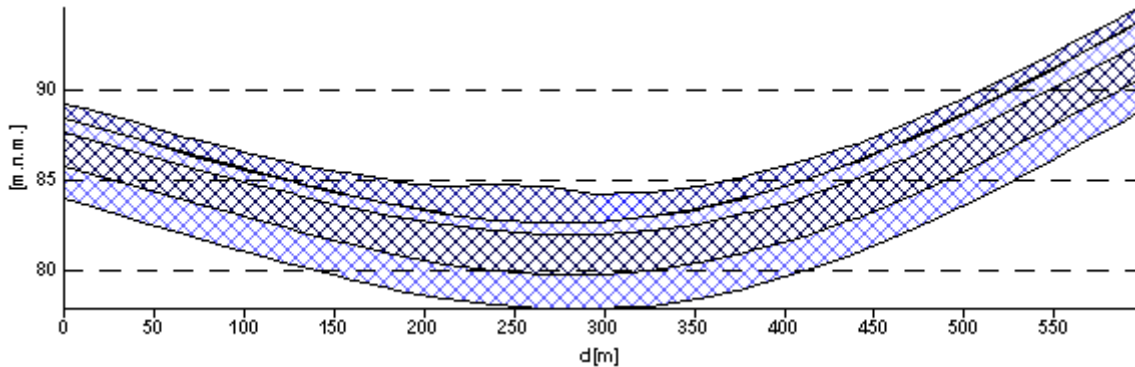
V testované oblasti bylo definováno několik přibližně rovnoběžných řezů. Protože průzkum v dané oblasti probíhal v liniích, jsou tyto řezy definovány v průzkumných liniích. Obrázek 3 zobrazuje genetický řez a obrázek 4 vykreslení hodnot obsahu popela v jednotlivých vrstvách řezu.



Obr. 2. Struktura vstupních dat



Obr. 3. Řez A-A' – genetický model



Obr. 4. Řez A-A' – obsah popela Ad

## 9 Závěr

Aplikace je průběžně vyvíjena a přizpůsobována dalším požadavkům, které plynou z rozšiřování funkcionality celého systému IPSHUL. Ve stávající verzi poskytuje aplikace komplexní informace o morfologii vrstev ložiska a jejich vlastnostech v místě řezu.

Zatím jsou řezy definovány na základě genetického modelu uhelné sloje s pevně definovanými vrstvami (uhelnými lávkami a proplástky). Hranice těchto vrstev se ale mohou měnit se změnou limitních hodnot hlavních parametrů podmínky využitelnosti, zejména obsahu popela  $A^d$ . Pokud zvětšíme mezní hodnotu obsahu popela, může dojít dokonce ke sloučení některých vrstev v řezu. Tato skutečnost poskytuje prostor pro další rozšiřování funkčnosti aplikace.

Tento článek byl vypracován za finanční podpory Grantové agentury České republiky v rámci projektu č. 105/06/1264.

## Reference

1. Staněk, F. Tvorba modelu ložiska uhlí a způsoby jeho hodnocení v interaktivním programovém systému pro hodnocení uhelných ložisek. *Sb. vědeckých prací VŠB – TU Ostrava, monografie 15*, rok 2005, ročník LI, řada hornicko-geologická
2. Kahoun, P., Cacek, T. *Microsoft Visual Basic 6.0 – Příručka programátora*, Computer Press, 1999., 820 s.
3. *Surfer 8. Countouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers. User's Guide*. Golden Software Inc., Golden, USA, 2002, 640 s.
4. Šajgalík, J., Čabalová, D., Schütznerová, V., Šamalíková, M., Zeman, O. *Geológia*. Bratislava, ALFA, 1986, 563 s.
5. Halvorson M. *Microsoft Visual Basic 6.0 Professional - Krok za Krokem*. Computer Press, Brno, 1999, 545 s.